ISSN 1999-6837 (Print)
ISSN 2077-9089 (Online)

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК

FAR EASTERN AGRARIAN BULLETIN

Том 17
Номер 4
2023

- *Общее земледелие и растениеводство*
- *Селекция, семеноводство и биотехнология растений*
- *Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений*
- *Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология*
- *Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства*
- *Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса*
- *Пищевые системы*

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Дальневосточный государственный аграрный университет

ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК

Научно-практический журнал
Издается с 2007 года. Выходит один раз в три месяца

Том 17. № 4
Октябрь – Декабрь 2023 г.

Учредитель и издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ)

Адрес учредителя и издателя – 675005, Амурская обл., г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Запись о регистрации ПИ № ФС 77-78057 27.03.2020

Подписной индекс в Объединенном каталоге «ПРЕССА РОССИИ»
94054 (полугодовая);
Онлайн подписка:
https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/

Журнал представлен в системе Российского индекса научного цитирования (**РИНЦ**)

Распоряжением Высшей аттестационной комиссии (ВАК) при Министерстве образования и науки Российской Федерации от 1 декабря 2015 года журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (письмо ВАК №13-6518 от 01.12.2015 г.)
(в Перечне ВАК под № 1037 по состоянию на 24.10.2023)

Адрес редакции:
675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86, уч. корп. 1, каб. 301
Тел. (4162) 995147
Тел./факс (4162) 995127
www.vestnik.dalgau.ru
e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

Формат 60х90/8. Уч.-изд. л. 16,13. Тираж 600 экз. Заказ 62. Подписано к печати 20.12.2023. Дата выхода в свет 29.12.2023. Цена свободная.
Дальневосточный государственный аграрный университет: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д. 86.
Адрес типографии: 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, д.86, уч. корп. 2, каб. 2.

ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online)

Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University

FAR EASTERN AGRARIAN BULLETIN

Scientific and Practical Journal
Issued since 2007. Issued quarterly

Vol. 17. No. 4
October – December 2023

Founder and Publisher –
Far Eastern State
Agrarian University

Founder and Publisher Address:
675005, g. Blagoveshchensk,
Amur Region,
street Polytechnik, 86.

Registered by
Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskomnadzor)
Registration record
ПИ № ФС 77-78057
dated March 27, 2020

Subscription Indices
in the Catalogue
"PRESS OF RUSSIA"
94054 (semi-annual);
Online subscription:
https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/

The Journal is presented in the system of Russian Science Citation Index (RSCI) and on the platform of Scientific Electronic Library www.elibrary.ru

By order of the Higher Attestation Commission (HAC) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated December 01, 2015: The Journal has been included in the List of Reviewed Scientific Editions, which shall publish the main findings of theses: Ph.D. thesis; doctoral thesis (HAC's Letter № 13-6518 from 01.12.2015) (In the HAC List № 1037 for October 24, 2023)

Editorial office address:
86, Politekhnicheskaya Str.,
Bldg. 1, Rm. 301
Blagoveshchesk,
Amur Region, 675005
Tel. (4162) 995147
Tel./fax (4162) 995127
www.vestnik.dalgau.ru
e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru

Format 60x90/8. Edition 600 copies. Order 62. Signing date 20.12.2023. Publication date 29.12.2023. Free price.
Far Eastern State Agrarian University: 86, Politekhnicheskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005
Printing house address: 86, Politekhnicheskaya str., Bldg. 2, Rm. 2, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005

ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online)

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья
УДК 633.11:631.8
EDN VGRANN

Качество зерна и урожайность яровой мягкой пшеницы при выращивании с использованием биопрепаратов «Азофит N» и «Азофит P»

Владимир Иванович Беляев[1], Роман Евгеньевич Прокопчук[2], Ольга Васильевна Черепанова[3], Людмила Валерьевна Соколова[4]
[1, 2, 3] Алтайский государственный аграрный университет, Алтайский край, Барнаул, Россия
[4] Алтайский государственный университет, Алтайский край, Барнаул, Россия
[1] prof-Belyaev@yandex.ru, [2] roman.prokopchuk.2015@mail.ru,
[3] cherepanova_olga22@mail.ru, [4] l.v.sokol@mail.ru

Аннотация. Целью работы является анализ урожайности и качества зерна яровой пшеницы при выращивании с использованием биопрепаратов «Азофит N» и «Азофит P» на фоне снижения доз внесения минеральных удобрений по различным зонам почвенного плодородия полей по сравнению с базовым вариантом их применения. «Азофит» является микробиологическим удобрением с фунгицидными и стимулирующими свойствами. Место проведения опытов – СПК «Колос» Романовского района Алтайского края, расположенное в Восточно-Кулундинской засушливой степной зоне. Для данной зоны характерна недостаточная увлажненность вегетационного периода с большим количеством тепла и света. Рельеф равнинный. Климат континентальный. Средняя температура января составляет минус 18,0 °С, июля 19,0 °С. Годовое количество атмосферных осадков 340 мм. Почвы – южные черноземы. Выбор поля проводился на основе карт почвенного плодородия онлайн-платформы «Cropio». На каждой из трех зон продуктивности опытного поля реализовано четыре варианта сочетаний доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений с подкормками. Высевалась яровая пшеница сорта «Буран» (предшественник яровая пшеница). Результаты показали, что при снижении дозы внесения минеральных удобрений от контроля (100 %) до 85 % и применении биопрепаратов, средняя величина урожайности пшеницы увеличивалась на 1,7 ц/га (с 39,0 до 40,7 ц/га). А при дальнейшем снижении дозы удобрений до 70 и 50 % от контроля средний урожай снижался до 37,5 и 34,9 ц/га соответственно. Различия статистически значимы. Таким образом, сравниваемые варианты доз внесения удобрений и применения биопрепаратов по зонам плодородия почвы оказали значимое совместное влияние на развитие растений, а также существенно повлияли на содержание клейковины в зерне и урожайность пшеницы.

Ключевые слова: яровая пшеница, урожайность, качество зерна, минеральные удобрения, биопрепараты, микробиологические удобрения

Для цитирования: Беляев В. И., Прокопчук Р. Е., Черепанова О. В., Соколова Л. В. Качество зерна и урожайность яровой мягкой пшеницы при выращивании с использованием биопрепаратов «Азофит N» и «Азофит P» // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 7–13.

Original article

Grain quality and spring soft wheat yield when grown using biologicals "Azofit N" and "Azofit P"

Vladimir I. Belyaev[1], Roman E. Prokopchuk[2], Olga V. Cherepanova[3], Liudmila V. Sokolova[4]
[1, 2, 3] Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russia

[4] Altai State University, Altai krai, Barnaul, Russia
[1] prof-Belyaev@yandex.ru, [2] roman.prokopchuk.2015@mail.ru,
[3] cherepanova_olga22@mail.ru, [4] l.v.sokol@mail.ru

Abstract. The purpose of this work is to analyze the spring wheat yield and grain quality when grown using agricultural biologicals "Azofit N" and "Azofit P" against the background of reducing doses of mineral fertilizers in various soil fertility zones of fields compared to the basic option of their use. "Azofit" is a microbiological fertilizer with fungicidal and stimulating properties. The place where the experiments were carried out was APC "Kolos", located in East Kulunda arid steppe zone. This zone is characterized by insufficient moisture during the growing season with a large amount of heat and light. The relief is flat. The climate is continental. The average temperature in January is minus 18.0 °C, in July 19.0 °C. Annual precipitation is 340 mm. Soils are southern chernozems. Field selection was based on soil fertility maps of "Cropio" online-platform. In each of three fertility zones of the experimental field, 4 variants of combinations of doses of granular and liquid mineral fertilizers with dosage compensation were implemented. Spring wheat variety "Buran" was sown, forecrop was spring wheat. The results showed that when the dose of mineral fertilizers was reduced from control (100%) to 85% and biologicals were used, the average wheat yield increased by 1.7 c/ha (from 39.0 to 40.7 c/ha). And with a further reduction of fertilizer dose to 70 and 50% of control, the average yield decreased to 37.5 and 34.9 c/ha, respectively. The differences are statistically significant. Thus, the compared variants of fertilizer doses and the use of biologicals in soil fertility zones had a significant joint effect on plant development, and significantly affected the gluten content in grain and wheat yield.

Keywords: spring wheat, yield, grain quality, mineral fertilizers, agricultural biologicals, microbiological fertilizers

For citation: Belyaev V. I., Prokopchuk R. E., Cherepanova O. V., Sokolova L. V. Grain quality and spring soft wheat yield when grown using biologicals "Azofit N" and "Azofit P". *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:7–13 (in Russ.).

Введение. В сельскохозяйственном производстве России, как и во всем мире, в настоящее время возрастает доля применения биопрепаратов [1–3]. Необходимо научное обоснование использования различных сочетаний доз внесения минеральных удобрений и биопрепаратов в меняющихся климатических условиях, совершенствование технологий возделывания зерновых культур [4–6]. Исследованиями, проведенными в Алтайском крае, установлено, что как минеральные, так и бактериальные удобрения оказывают положительное влияние на урожайность пшеницы [7, 8].

Цель работы – *анализ урожайности и качества зерна яровой пшеницы при выращивании с использованием биопрепаратов «Азофит N» и «Азофит P» на фоне снижения доз внесения минеральных удобрений по различным зонам почвенного плодородия полей по сравнению с базовым вариантом их применения в СПК «Колос» Романовского района Алтайского края.*

Материалы и методы исследований. Азофит – микробиологическое удобрение с фунгицидными и стимулирующими свойствами (производитель ООО «Сиббиофарм» (https://www.sibbio.ru)).

Место проведения опытов – сельскохозяйственный производственный кооператив «Колос» Романовского района Алтайского края, расположенный в Восточно-Кулундинской засушливой степной зоне. Для данного местоположения характерна недостаточная увлажненность вегетационного периода с большим количеством тепла и света. Рельеф равнинный. Климат континентальный. Средняя температура января минус 18,0 °C, июля 19,0 °C. Годовое количество атмосферных осадков 340 мм. Почвы – южные черноземы [9].

Выбор поля проводился на основе карт почвенного плодородия онлайн-платформы «Cropio». На каждой из трех зон продуктивности опытного поля реализовано четыре варианта сочетаний доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений с подкормками. Варианты опыта даны в таблице 1.

Осенняя обработка почвы на поле проводилась культиватором КПШ-9. Предшественник – яровая пшеница.

Таблица 1 – Схема закладки полевого опыта
Table 1 – Scheme of setting up a field experiment

Вариант (доза внесения удобрений от базового уровня, принятого в хозяйстве)	Схемы обработки	
	обработка семян перед посевом	припосевное внесение
1. 100 % (контроль)	обработка семян по схеме хозяйства (Оплот трио 0,5 л/т + + Табу 0,8 л/т)	схема минерального питания, принятая в хозяйстве: жидкое удобрение – 175 л/га (сульфат аммония 20 кг/га + карбамид 60 кг/га + аммиачная селитра 40 кг/га) + + диаммофоска $N_{10}P_{26}K_{26}$ – 100 кг/га (в физическом весе)
2. 85 %	обработка семян по схеме хозяйства + Азофит N (1л/т) + + Азофит P (1 л/т)	схема минерального питания, принятая в хозяйстве минус 15 % (жидкое удобрение 148,75 л/га + диаммофоска 85 кг/га) + + Азофит N (1 л/га) + Азофит P (1 л/га)
3. 70 %	обработка семян по схеме хозяйства + Азофит N (1л/т) + + Азофит P (1 л/т)	схема минерального питания, принятая в хозяйстве минус 30 % (жидкое удобрение 122,5 л/га + диаммофоска 70 кг/га) + + Азофит N (1 л/га) + Азофит P (1 л/га)
4. 50 %	обработка семян по схеме хозяйства + Азофит N (1л/т) + + Азофит P (1 л/т)	схема минерального питания, принятая в хозяйстве минус 50 % (жидкое удобрение 87,5 л/га + диаммофоска 50 кг/га) + + Азофит N (1л/га) + Азофит P (1 л/га)

Яровая пшеница сорта «Буран» была посеяна 26 мая 2023 г. Норма высева составила 5 млн. всхожих зерен на гектар. Внесение удобрений в почву проводили одновременно с посевом.

Результаты исследований и их обсуждение. СПК «Колос» Романовского района Алтайского края расположен на расстоянии 20 км от ближайшей метеостанции с. Мамонтово. В 2023 г. распределения осадков и температур в сравнении с их многолетними значениями были следующими (табл. 2, 3). За май – август количество осадков в условиях года было выше среднего многолетнего на 43 мм (22,1 %), а средняя температура выше на 0,7 °C (4,3 %). Причем, если в мае выпало осадков всего 42 % от нормы, то в августе 235 %. Наибольшее отклонение температуры от многолетней наблюдали в июле

Таблица 2 – Количество осадков за вегетационный период в 2023 г. (метеостанция с. Мамонтово)
Table 2 – Amount of precipitation during the growing season in 2023 (weather station in Mamontovo village)

Месяц	Сумма осадков по декадам, мм			Всего, мм	Средние многолетние, мм	В процентах от средних многолетних, мм
	I	II	III			
Май	1	14	0,4	15	37	42
Июнь	16	2	26	44	48	92
Июль	27	14	34	75	66	115
Август	12	85	7	104	44	235
Всего	–	–	–	238	195	122

Таблица 3 – Средние температуры за вегетационный период в 2023 г. (метеостанция с. Мамонтово)

Table 3 – Average temperatures during the growing season in 2023 (weather station in Mamontovo village)

Месяц	Средние температуры по декадам, °С			В среднем, °С	Средние многолетние, °С	В процентах от средних многолетних
	I	II	III			
Май	11,1	11,3	14,6	12,4	13,0	95
Июнь	24,0	19,1	15,8	19,6	18,4	107
Июль	19,7	23,4	21,5	21,5	19,9	108
Август	20,9	15,6	18,9	18,5	17,7	105
Среднее	–	–	–	18,0	17,3	104

(108 % от нормы), а минимальное – в мае и августе (95 % от нормы).

Показатели качества зерна и урожайность яровой пшеницы по вариантам опыта приведены в таблице 4.

Анализ показывает, что средняя приведенная (к влажности зерна 14,0 %) величина урожая пшеницы по вариантам опыта составила 38,0 ц/га при вариации 7,9 % и стандартной ошибке 0,9 ц/га. Наименьшую вариацию при уборке имели величины натуры и ИДК зерна (1,4 и 2,8 %). Влажность зерна и содержание белка имели вариацию 3,9 %, а клейковины – 7,3 %.

Установлена значимая линейная связь между влажностью зерна и натурой (коэффициент корреляции 0,65), а также обратная связь между содержанием клейковины и натурой (коэффициент корреляции минус 0,70).

В условиях года получено зерно невысокого качества по содержанию протеина и клейковины, значения которых составили 11,6–13,4 % и 20,0–25,3 % соответственно.

Минимальная средняя урожайность пшеницы получена в зоне низкого плодородия (36,1 ц/га), а максимальная – в зоне высокого (39,9 ц/га) (рис. 1, 2). Различия 3,8 ц/га высоко значимы. В тоже время по содержанию протеина и клейковины преимущество имела зона среднего плодородия (13,0 и 24,7 % соответственно).

Как показывает анализ, при снижении дозы внесения минеральных удобрений от контроля (100 %) до 85 % и применении биопрепаратов средняя величина урожайности пшеницы увеличивалась на 1,7 ц/га (с 39,0 до 40,7 ц/га). При дальнейшем снижении дозы удобрений до 70 % и 50 % от контроля средний урожай снижался до 37,5 и 34,9 ц/га соответственно. Различия статистически значимы.

При этом средние значения натуры зерна и ИДК отличались незначительно. Величина содержания клейковины в зерне

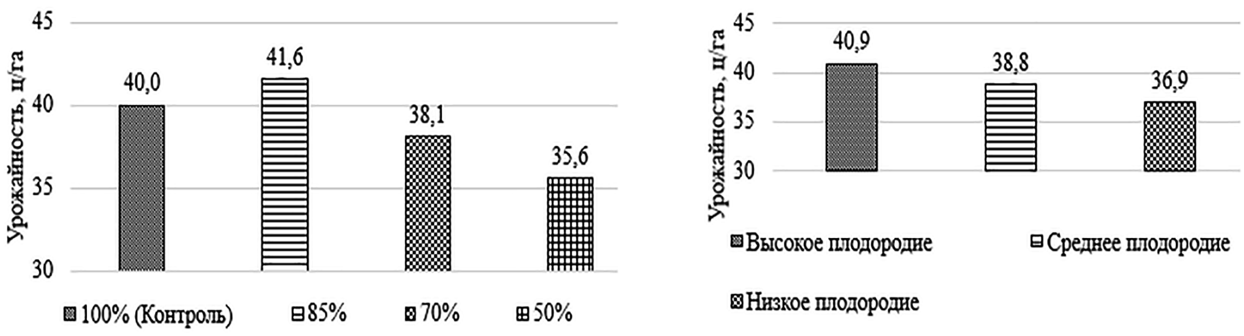


Рисунок 1 – Средняя урожайность яровой пшеницы в зависимости от дозы внесения удобрений (слева) и в зависимости от зоны плодородия поля (справа) (2023 г.)

Figure 1 – Average spring wheat yeld depending on the dose of fertilization (left) and depending on field fertility zone (right) (2023)

Таблица 4 – Качество зерна и приведенная урожайность яровой пшеницы сорта «Буран» (2023 г.)

Table 4 – Grain quality and given yield of spring wheat variety "Buran" (2023)

Вариант	Зона почвенного плодородия	Даты замеров и фазы развития растений					
		Wз, %	Сп, %	Ск, %	ИДК	Натура, г/л	Уб (14 %), ц/га
1.1	Высокое	13,8	12,5	24,5	85,7	899,4	42,7
1.2	Среднее	14,3	13,4	25,3	86,2	919,7	40,0
1.3	Низкое	14,3	12,8	24,3	85,3	905,8	37,1
2.1	Высокое	14,6	12,6	20,0	92,5	887,6	45,0
2.2	Среднее	13,1	12,2	22,8	85,0	878,4	40,8
2.3	Низкое	13,6	12,9	24,9	82,4	888,0	39,2
3.1	Высокое	13,3	12,8	25,3	86,1	890,1	40,0
3.2	Среднее	13,3	11,6	21,2	85,7	885,5	39,5
3.3	Низкое	13,8	12,7	23,1	85,9	894,2	35,6
4.1	Высокое	14,7	13,4	21,9	88,7	874,9	35,5
4.2	Среднее	13,5	13,0	23,4	85,3	883,0	35,5
4.3	Низкое	13,4	12,8	24,7	85,1	892,8	36,0
В среднем по дозам удобрений							
100 % (контроль)		14,2	12,9	24,7	85,7	908,3	40,0
85 %		13,8	12,6	22,5	86,6	884,6	41,6
70 %		13,5	12,4	23,2	85,9	889,9	38,1
50 %		13,9	13,1	23,3	86,3	883,6	35,6
В среднем по зонам плодородия поля							
Высокое		14,0	12,7	23,0	87,2	895,1	40,9
Среднее		13,7	13,0	24,7	85,0	895,2	38,8
Низкое		13,7	12,4	22,6	86,2	884,5	36,9
Статистики показателей							
Среднее		13,8	12,7	23,5	86,2	891,6	38,8
–95 %		13,5	12,4	22,4	84,6	883,8	36,9
+95 %		14,2	13,0	24,5	87,7	899,4	40,8
Стандартное отклонение		0,5	0,5	1,7	2,4	12,3	3,1
Коэффициент вариации		3,9	3,9	7,3	2,8	1,4	8,0
Стандартная ошибка		0,2	0,1	0,5	0,7	3,5	0,9

Примечание: Уб (14 %) – средняя биологическая урожайность, приведенная к влажности 14 %, ц/га; Wз – влажность зерна,%; Сп – содержание протеина в зерне, %; Ск – содержание клейковины в зерне, %.

была максимальна на контроле (24,7 %), а минимальна в варианте 85 % от контроля при максимальной средней урожайности (22,5 %).

Полученные различия являются статистически достоверными.

Заключение. *Таким образом, сравниваемые варианты доз внесения удобрений и применения биопрепаратов «Азофит N» и «Азофит Р» по зонам плодородия почвы оказали значимое совместное влияние на развитие растений и существенно повлияли на содержание клейковины в зерне, а также урожайность пшеницы.*

Данные выводы подтверждают целесообразность применения микробиологических удобрений «Азофит» с фунгицидными и стимулирующими свойствами при возделывании яровой пшеницы.

Список источников

1. Тихонович И. А., Круглов Ю. В. Биопрепараты в сельском хозяйстве. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, 2005. 154 с.

2. Minchenko Z., Bashkatov A. Agrotechnological assessment of the application of biological preparations and micronutrient fertilizers in spring wheat // BIO Web of Conferences. EDP Sciences, 2021. P. 01005.

3. Radzikowska-Kujawska D., John P., Piechota T., Nowicki M., Kowalczewski P. Ł. Response of winter wheat to selected biostimulants under drought conditions // Agriculture. 2023. No. 13. P. 121.

4. Кожемяков А. П., Хотянович А. В. Перспективы применения препаратов азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии. 1997. № 110. С. 4–5. EDN: WHCDTO.

5. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии, 2005. 302 с.

6. Нугманова Т. А. Биопрепараты – продукты микробиологического синтеза для производства экологически безопасных продуктов питания: технология, преимущества, перспективы // Экологические аспекты жизнедеятельности человека, животных и растений. Белгород : Издательский дом «Белгород», 2017. С. 45–76.

7. Шотт П. Р. Фиксация атмосферного азота в однолетних агроценозах. Барнаул : Азбука, 2007. 170 с.

8. Нечаева А. В., Жаркова С. В. Влияние применения биологических препаратов на формирование качественных показателей зерна яровой пшеницы // Овощи России. 2023. № 3. С. 93–97.

9. Сарыкин В. Н., Даммер В. А., Симакова С. А., Дымова Л. В., Мельников А. И. Мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственных угодий Алтайского края (1965–2016 годы) : справочник. Барнаул : Параграф, 2017. 382 с.

References

1. Tihonovich I. A., Kruglov Yu. V. *Biological products in agriculture,* Moscow, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut sel'skohozyajstvennoj mikrobiologii, 2005, 154 p. (in Russ.).

2. Minchenko Z., Bashkatov A. Agrotechnological assessment of the application of biological preparations and micronutrient fertilizers in spring wheat. Proceedings from BIO Web of Conferences. (PP. 01005). EDP Sciences, 2021.

3. Radzikowska-Kujawska D., John P., Piechota T., Nowicki M., Kowalczewski P. Ł. Response of winter wheat to selected biostimulants under drought conditions. Agriculture, 2023; 13:121.

4. Kozhemyakov A. P., Hotyanovich A. V. Prospects for the use of biological products of associative nitrogen-fixing microorganisms in agriculture. *Byulleten' Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta agrohimii,* 1997;110:4–5 (in Russ.). EDN: WHCDTO.

5. Zavalin A. A. *Biological products, fertilizers and crops,* Moscow, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut agrohimii, 2005, 302 p. (in Russ.).

6. Nugmanova T. A. Biological products – products of microbiological synthesis for the production of environmentally friendly food products: technology, advantages, prospects. In.: *Ecological aspects of human, animal and plant life,* Belgorod, Izdatel'skij dom "Belgorod", 2017, P. 45–76. (in Russ.).

7. Shott P. R. *Fixation of atmospheric nitrogen in annual agrocenoses,* Barnaul, Azbuka, 2007, 170 p. (in Russ.).

8. Nechaeva A. V., Zharkova S. V. The influence of the use of biological preparations on the formation of quality indicators of spring wheat grain. *Ovoshchi Rossii,* 2023;3:93–97 (in Russ.).

9. Sarykin V. N., Dammer V. A., Simakova S. A., Dymova L. V., Mel'nikov A. I. *Monitoring of soil fertility of agricultural lands in Altai krai (1965–2016): reference book,* Barnaul, Paragraf, 2017, 382 p. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 02.11.2023; одобрена после рецензирования 30.11.2023; принята к публикации 11.12.2023.

The article was submitted 02.11.2023; approved after reviewing 30.11.2023; accepted for publication 11.12.2023.

Информация об авторах

Беляев Владимир Иванович, *доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет, prof-Belyaev@yandex.ru;*

Прокопчук Роман Евгеньевич, *кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры сельскохозяйственной техники и технологий, Алтайский государственный аграрный университет, roman.prokopchuk.2015@mail.ru;*

Черепанова Ольга Васильевна, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общего земледелия, растениеводства и защиты растений, Алтайский государственный аграрный университет, cherepanova_olga22@mail.ru;*

Соколова Людмила Валерьевна, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники, Алтайский государственный университет, l.v.sokol@mail.ru*

Information about the authors

Vladimir I. Belyaev, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Machinery and Technology, Altai State Agrarian University, prof-belyaev@yandex.ru;*

Roman E. Prokopchuk, *Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agricultural Machinery and Technology, Altai State Agrarian University, roman.prokopchuk.2015@mail.ru;*

Olga V. Cherepanova, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of General Agriculture, Crop Production and Plant Protection, Altai State Agrarian University, cherepanova_olga22@mail.ru;*

Liudmila V. Sokolova, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Botany Department, Altai State University, l.v.sokol@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 633:606:581.331.2
EDN YEQTYF

Исследование влияния селективных сред с цинком *in vitro* на жизнеспособность и фертильность регенерантов гречихи посевной

Светлана Александровна Боровая[1], Алексей Григорьевич Клыков[2], Наталья Геннадьевна Богинская[3]
[1, 2, 3] Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, Приморский край, Тимирязевский, Россия
[1] borovayasveta@mail.ru, [2] alex.klykov@mail.ru, [3] boginskaia98@gmail.com

Аннотация. Целью работы является исследование влияния селективных сред с высокими концентрациями ионов цинка на жизнеспособность и фертильность пыльцевых зерен гречихи посевной. Объекты исследования – регенеранты гречихи посевной сорта Изумруд, толерантные к $CuSO_4 \times 5H_2O$ в концентрации 161 и 184 мг/л, созданные в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки. Их культивировали на селективных средах с $ZnSO_4 \times 7H_2O$ в дозе 808–1 313 мг/л и субкультивировали на питательных средах по Мурасиге и Скуга без токсиканта. Изолированные *in vitro* объекты культивировались в пробирках с ватно-марлевыми пробками при освещенности 4 тыс. люкс, температуре 22–25 °С; фотопериоде, составившем 16 часов, в условиях культуральной комнаты. Перевод пробирочных растений в горшечную культуру осуществляли в контролируемых условиях в световой комнате. Фертильность пыльцы регенерантов проводили по методике З. П. Паушевой с использованием йодного раствора по рецепту Грамма. Было выявлено, что генотипы гречихи, полученные в результате поэтапного использования селективных сред с медью и цинком, показали высокий уровень стрессоустойчивости и жизнеспособности. Продемонстрированы быстрые темпы регенерационной способности растений после токсичного воздействия высоких доз цинка. Процент фертильных пыльцевых зерен по всем изучаемым вариантам высок и варьировал в пределах 92,6–100 %. Фертильность растений, полученных с использованием соли меди в концентрации 161 мг/л, на селективных средах с цинком составила 98,6 %, что выше, чем после цинка и меди (184 мг/л и 95,0 %). В результате принудительного опыления растений внутри каждого варианта получены щуплые семена вследствие иллегитимного опыления, поскольку изучаемые *in vivo* растения оказались короткостолбчатыми. В целом, гречиха продемонстрировала высокий уровень толерантности к тяжелым металлам, что подтверждается высоким уровнем фертильности пыльцевых зерен.

Ключевые слова: гречиха посевная, селективные среды, тяжелые металлы, жизнеспособность, фертильность, *in vitro*

Для цитирования: Боровая С. А., Клыков А. Г., Богинская Н. Г. Исследование влияния селективных сред с цинком *in vitro* на жизнеспособность и фертильность регенерантов гречихи посевной // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 14–24.

Original article

Study on impact of selective media with zinc *in vitro* on survivability and fertility of regenerated common buckwheat plants

Svetlana A. Borovaya[1], Alexey G. Klykov[2], Natalia G. Boginskaya[3]
[1, 2, 3] Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East

named after A. K. Chaika, Primorsky krai, Timiryazevsky, Russia
[1] borovayasveta@mail.ru, [2] alex.klykov@mail.ru, [3] boginskaia98@gmail.com

Abstract. The research goal was to study how selective media with zinc at high concentrations influenced the survival rate and fertility of pollen grains in common buckwheat. The research object was the regenerated plants (common buckwheat variety Izumrud) created at the Laboratory of Agricultural Biotechnology of the Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika and tolerant to $CuSO_4 \times 5H_2O$ at concentrations of 161 and 184 mg/l. The plants were cultivated on selective media with $ZnSO_4 \times 7H_2O$ at concentrations of 808–1 313 mg/l and subcultured on MS nutrient media without the toxicant. The isolated in vitro objects were cultivated in test tubes with cotton gauze plugs at 4,000 lx, 22–25 °C, and 16-h photoperiod under culture room condition. The test-tube plants were transferred into pots under controlled conditions in a light room. The fertility of the pollen in the regenerated plants was tested according to the methodology of Z. P. Pausheva using Gram's iodine solution. The buckwheat genotypes obtained by sequentially using selective media with copper and zinc showed high stress resistance and survivability. The studied plants demonstrated a high rate of regeneration after exposure to high doses of zinc. The percentage of fertile pollen grains ranged from 92.6 to 100.0% among the experimental variants. The fertility of the plants obtained using the copper salt at a concentration of 161 mg/l was 98.6% on the selective media with zinc, which was higher than in the variant with the use of zinc and copper (184 mg/l, 95.0%). The artificial pollination among plants in the experimental variants allowed us to obtain underdeveloped seeds due to illegitimate pollination because the obtained *in vivo* plants were short-columnar. In general, buckwheat demonstrated high tolerance to heavy metals as evidenced by the high fertility of its pollen grains.

Keywords: common buckwheat, selective media, heavy metals, fertility, *in vitro*

For citation: Borovaya S. A., Klykov A. G., Boginskaya N. G. Study on impact of selective media with zinc *in vitro* on survivability and fertility of regenerated common buckwheat plants. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:14–24 (in Russ.).

Введение. Гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum* Moench, 1794) – важнейшая крупяная и медоносная культура, обладающая ценными пищевыми и лекарственными свойствами. Зерно гречихи характеризуется уникальным химическим составом, что обусловливает ее широкое использование в производстве полезных продуктов питания во многих странах мира [1].

Гречневую муку используют для приготовления хлебобулочных, кондитерских и макаронных изделий. Из гречневой крупы получают такие полезные функциональные продукты питания, как каша, лапша (Китай, Корея), собу (Япония); также это популярный ингредиент блинных смесей и маффинов в Северной Америке и Канаде [2]. Биологическая ценность протеинов гречихи значительно выше, чем у других злаков, риса и сои [3]. Существует мнение, что *F. esculentum* является суперкультурой для решения продовольственной безопасности [4]. Однако при этом гречиха считается малоурожайной культурой, которая не всегда окупает вложения [5], поэтому вопросы повышения продуктивности и качества ее зерна остаются актуальными.

В последнее время культура ткани гречихи *in vitro* широко используется для решения многих фундаментальных вопросов клеточной биологии, генетики и селекции растений. Использование экстремальных факторов и мутагенов позволяет значительно расширить спектр генетической изменчивости и повысить эффективность тканевой селекции. К группе особо опасных химических токсикантов относятся тяжелые металлы. Они могут увеличивать число мутаций в молекулах нуклеиновых кислот, вызывая обширные патологические изменения в растительных организмах. Цинк и медь являются потенциально токсичными элементами, вызывающими дестабилизацию биосинтетических процессов в растительной клетке. Повышенные их концентрации индуцируют развитие окислительного стресса вследствие взаимодействия с системой антиоксидантной защиты, нарушения электронно-транспортной цепи или индукции перекисного окисления липидов. Наиболее значимыми показателями токсичности тяжелых металлов являются задержка роста растений, снижение выхода биомассы, хлороз, связанные преимущественно с нарушениями работы фотосинтетического аппарата [6].

Сообщается, что цинк, наряду с другими тяжелыми металлами, вызывает значительное снижение уровней содержания каротиноидов и хлорофилла, сопровождающееся снижением фотохимической эффективности фотосистемы II [7]. С помощью селективных факторов – меди и цинка в концентрациях, составляющих до 230 и до 606 мг/л соответственно, *in vitro* получены мутантные регенерантные линии гречихи, которые использовали в гибридизации при создании сорта гречихи Уссурочка с повышенными урожайностью и содержанием рутина [8].

Известно, что тяжелые металлы негативно сказываются на репродуктивной системе растений, нарушая нормальные процессы развития генеративных органов. В результате снижается жизнеспособность и качество пыльцы [9, 10]. Критерием устойчивости вида к воздействию стрессовых факторов среды является наличие полового процесса, обеспечивающего фертильность пыльцы не менее 85–90 % [11]. Также подчеркивается, что реакция генеративной сферы на тяжелые металлы видоспецифична [12].

В связи с вышесказанным, исследование фертильности пыльцы, полученной *in vitro* с использованием высокотоксичных доз тяжелых металлов, позволит оценить их способность к завязыванию плодов, то есть определить уровень жизнеспособности вида в целом.

Цель работы – *исследование влияния селективных сред с высокими концентрациями ионов цинка на жизнеспособность и фертильность пыльцевых зерен гречихи посевной, толерантной к меди.*

Материалы и методы исследований. Объектами исследования являлись регенеранты гречихи посевной сорта Изумруд, толерантные к $CuSO_4 \times 5H_2O$ в концентрации 161 и 184 мг/л, созданные в лаборатории сельскохозяйственной биотехнологии Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки.

Их культивировали на селективных средах с $ZnSO_4 \times 7H_2O$ в дозе равной 808–1 313 мг/л и субкультивировали на питательных средах Мурасиге и Скуга без токсиканта. Регенерацию проводили из асептических одноузловых черенков длиной 0,7–1,5 мм, полученных в результате деления стебля пробирочных растений. Выжившие генотипы субкультивировали и микроклонально размножали на питательной среде МС. Изолированные *in vitro* объекты культивировались в пробирках с ватно-марлевыми пробками при освещенности 4 тыс. люкс, температуре 22–25 °С, фотопериоде 16 часов в условиях культуральной комнаты. Приготовление и стерилизация бокса, посуды, инструментов проводились по общепринятым методикам.

Для создания селективных условий использовали соль цинка ($ZnSO_4 \times 7H_2O$). В основную среду МС, содержащую сахарозу (20 г/л) и агар (6 г/л), вносили соли цинка в следующих количествах по вариантам опыта: 808; 909; 1 010; 1 111; 1 212 и 1 313 мг/л. Контрольным вариантом являлась среда МС с сахарозой и агаром и со стандартным содержанием сульфата цинка 8,6 мг/л. Число пробирок по каждому варианту составило 20.

Перевод пробирочных растений в горшечную культуру осуществляли в контролируемых условиях в световой комнате: фотопериод 16 часов – день, температура 23 °С.

Определение фертильности пыльцевых зерен в пыльнике регенерантов проводили по методике З. П. Паушевой (1965). Методика основана на различном прокрашивании спермиев и цитоплазмы клеток пыльцевых зерен.

С целью определения фертильности пыльцы отбирали по пять цветков в период начала цветения с разных растений; отделяли пыльники и фиксировали их в уксусном алкоголе (1:3). Пыльники потрошили препаровальными иглами на предметном стекле, извлекая пыльцу; удаляли ткани пыльника и смачивали пыльцевые зерна йодным раствором по рецепту Грамма. Выдерживали препарат в таком виде в течение нескольких минут, после чего накрывали каплю покровным стеклом и рассматривали препарат под микроскопом при различном увеличении.

В десяти полях зрения микроскопа подсчитывали количество нормальных (фертильных) и абортивных пыльцевых зерен по каждому цветку, взятому для анализа (использовали не менее 100 пыльцевых зерен). Препарат микроскопировали с помощью светового микроскопа Levenhuck DT 750.

Статистическую обработку результатов проводили с помощью пакета программ Microsoft Excel и PAST 4.03.

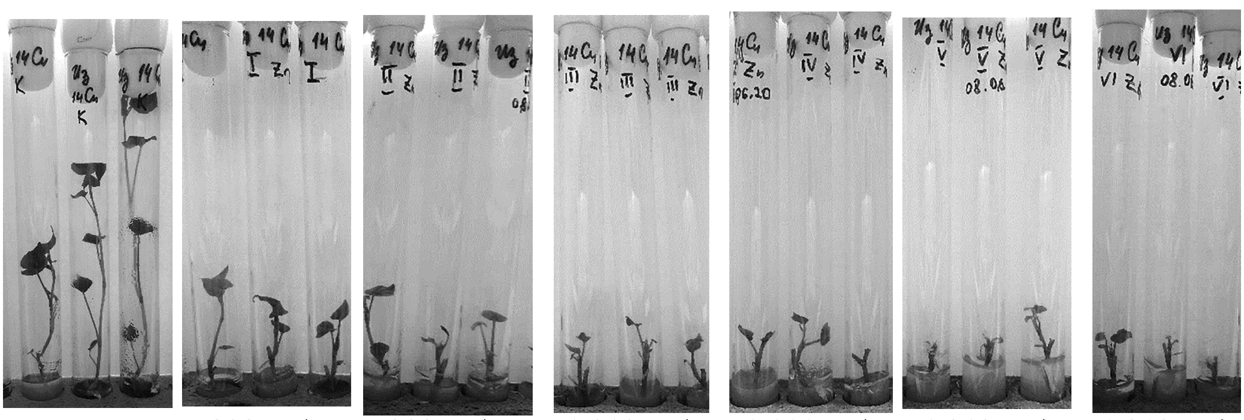
Результаты исследований и их обсуждение. Гречиха, полученная с использованием меди и культивируемая *in vitro* на селективных средах с цинком, проявила высокую степень устойчивости к токсиканту, что обусловило большой процент выживаемости микрорастений в токсичных условиях (97,5–100 %) (рис. 1).

Высота микроклонов на 21-е сутки культивирования варьировала в пределах 0,4–2,0 см. На них образовывались молодые листовые пластинки зеленого либо желто-зеленого цвета.

Для микрорастений были характерны высокие темпы восстановления после воздействия высоких доз соли цинка. Данные образцы показали хорошую регенерационную способность во время первого (рис. 2) и последующих субкультивирований на МС даже после максимальных доз тяжелого металла. На 33-и сутки первого субкультивирования растения характеризовались значительными показателями высоты (4,2–16,5 см), большим количеством листьев зеленого цвета, что свидетельствует о хорошем протекании процессов фотосинтеза, а также является признаком пластичности исследуемых генотипов *Fagopyrum esculentum.*

Второе субкультивирование микроклонов показало, что темпы роста и развития испытуемых образцов гречихи весьма высоки (табл. 1).

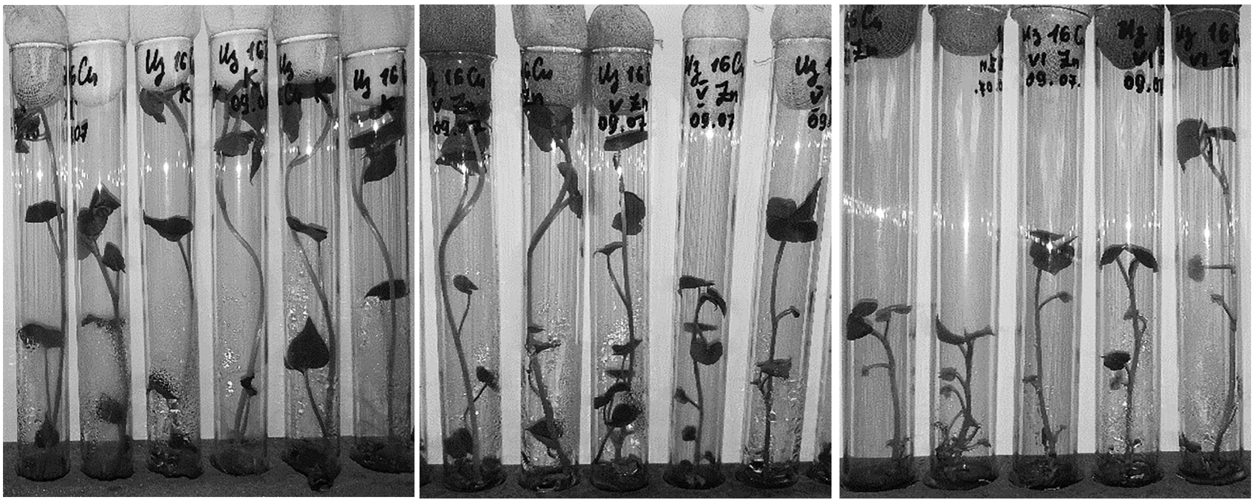
Морфометрические показатели растений были близки к характеристикам контрольных образцов. Так, высота растений по всем вариантам обоих испытуемых групп регенерантов, полученных с использованием 161 и 184 мг/л соли меди (первая и вторая группы), варьировала в пределах 10,3–16,8 см, что является индикатором



контроль 808 мг/л 909 мг/л 1 010 мг/л 1 111 мг/л 1 212 мг/л 1 313 мг/л

Рисунок 1 – Микроклоны, толерантные к $CuSO_4 \times 5H_2O$ (161 мг/л), на селективных средах с цинком (808–909 мг/л) на 21-е сутки культивирования *in vitro*

Figure 1 – Microclones tolerant to $CuSO_4 \times 5H_2O$ (161 mg/L) in selective media with zinc (808–909 mg/L) on the 21st day of cultivation *in vitro*



контроль 1 212 мг/л 1 313 мг/л

Рисунок 2 – Микрорастения, толерантные к $CuSO_4 \times 5H_2O$ (184 мг/л), на 30-е сутки первого субкультивирования на МС

Figure 2 – Plantlets tolerant to $CuSO_4 \times 5H_2O$ (184 mg/L) on the 30th day of the 1st subculturing on the MS

Таблица 1 – Регенерационная способность толерантной к $CuSO_4 \times 5H_2O$ *F. esculentum* на 33-и сутки второго субкультивирования

Table 1 – Regenerative ability of *F. esculentum* plants tolerant to $CuSO_4 \times 5H_2O$ on the 33rd day of the 2nd subculturing

Вариант опыта	Высота растения, см	Число междоузлий, шт.	Число листьев, шт.	Длина листовой пластинки, мм
161 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$				
Контроль	17,1±1,8	6,3±0,7	7,3±0,8	13,8±0,6
808 мг/л	16,8±1,7	5,6±0,8	6,6±1,1	13,7±0,7
909 мг/л	12,9±4,7	5,3±1,1	6,6±1,6	12,8±1,7
1 010 мг/л	9,2±6,5	4,8±1,9	6,1±1,7	12,0±2,1
1 111 мг/л	15,4±3,2	6,0±0,8	6,9±0,7	13,0±0,8
1 212 мг/л	11,0±6,0	5,0±1,7	6,2±1,6	12,1±1,8
1 313 мг/л	10,4±4,3	5,0±0,8	6,6±1,4	13,1±1,9
$НСР_{0,05}$	4,0	1,1	1,2	1,3
184 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$				
Контроль	16,3±2,6	5,6±1,1	6,5±1,3	13,8±1,8
808 мг/л	15,0±3,0	6,3±0,8	6,7±0,9	13,6±1,6
909 мг/л	16,3±3,3	6,4±1,2	7,5±1,2	14,2±1,1
1 010 мг/л	13,5±3,8	6,7±1,2	7,8±1,0	14,3±0,9
1 111 мг/л	14,0±3,9	5,8±0,8	6,9±1,2	14,5±1,4
1 212 мг/л	14,6±3,3	5,8±0,6	6,7±0,7	14,8±1,5
1 313 мг/л	10,3±5,5	4,9±0,9	5,8±1,3	13,8±2,2
$НСР_{0,05}$	3,28	0,84	0,97	1,44

хорошей жизнеспособности и адаптивности исследуемых генотипов.

Достоверная разница с контролем в первой группе отмечена по высоте растений и количеству междоузлий на вариантах последействия 1 010; 1 212 и 1 313 мг/л $ZnSO_4 \times 7H_2O$, а также 1 010 и 1 212 мг/л – по длине листовой пластинки. Вторая группа растений продемонстрировала большую стрессоустойчивость, где существенное отставание от контроля отмечено только по высоте растения на варианте с максимальной дозой цинка (1 313 мг/л) – 10,3 см. На всех вариантах в обеих группах отмечена зеленая окраска листовых пластинок, а также наличие корней.

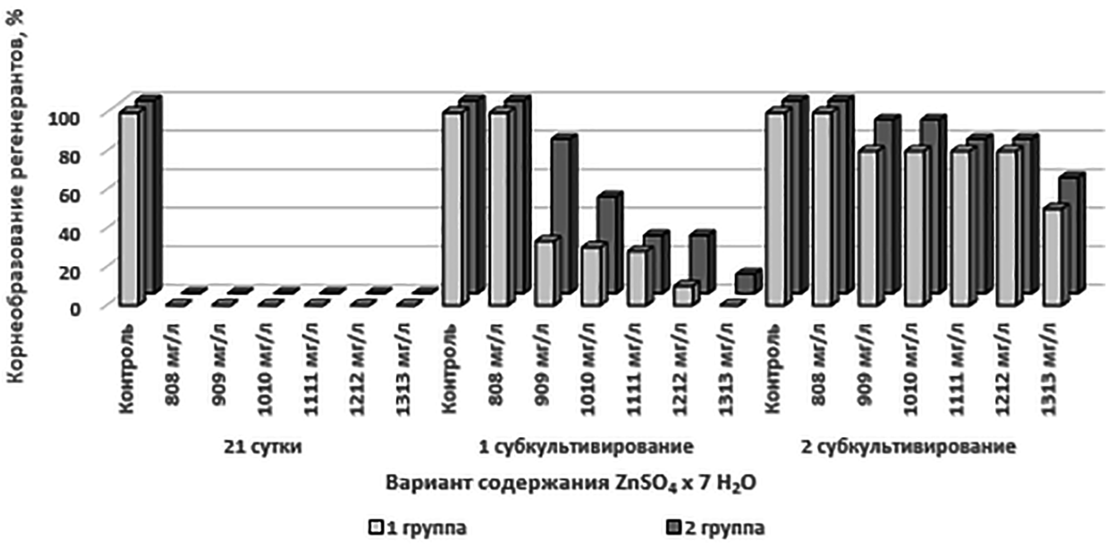
Ризогенез – важнейший показатель растений, культивируемых *in vitro*, характеризующий их адаптивные возможности и жизнеспособность. В наших опытах сильная токсическая нагрузка повлияла на корнеобразование: на 21-е сутки культивирования на всех исследуемых вариантах селективных сред (808–1 313 мг/л соли цинка) корнеобразование отсутствовало (рис. 3).

При первом субкультивировании на МС корнеобразование в первой группе появилось на вариантах после цинка (808–1 212 мг/л) у 10–100 % растений. Все растения, полученные с использованием 808 мг/л соли цинка, характеризовались, как и на контроле, наличием корней. На варианте цинка (909 мг/л) только у 33,3 % образцов обнаружен ризогенез. С повышением дозы цинка отмечено снижение процессов корнеобразования с полным его отсутствием на варианте с использованием 1 313 мг/л соли цинка.

Более адаптированные растения из второй группы продемонстрировали повышенный уровень корнеобразования – на всех вариантах наблюдался ризогенез с максимумом на вариантах после цинка (808 и 909 мг/л) – 80–100 %, снижаясь в зависимости от дозы цинка до 10–30 % на вариантах после цинка (1 111–1 313 мг/л).

При повторном втором субкультивировании в обеих группах корни образовывались на всех вариантах, варьируя в пределах 80–100 %. Только на варианте с наибольшей дозой цинка корни формировались у 50–60 % регенерантов.

Нужно отметить, что часть растений во время первого и второго субкультивирований образовывали листовые розетки



1 группа – растения, полученные на средах с 161 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$;
2 группа – растения, полученные на средах с 184 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$

Рисунок 3 – Характеристика ризогенеза *F. esculentum*, %

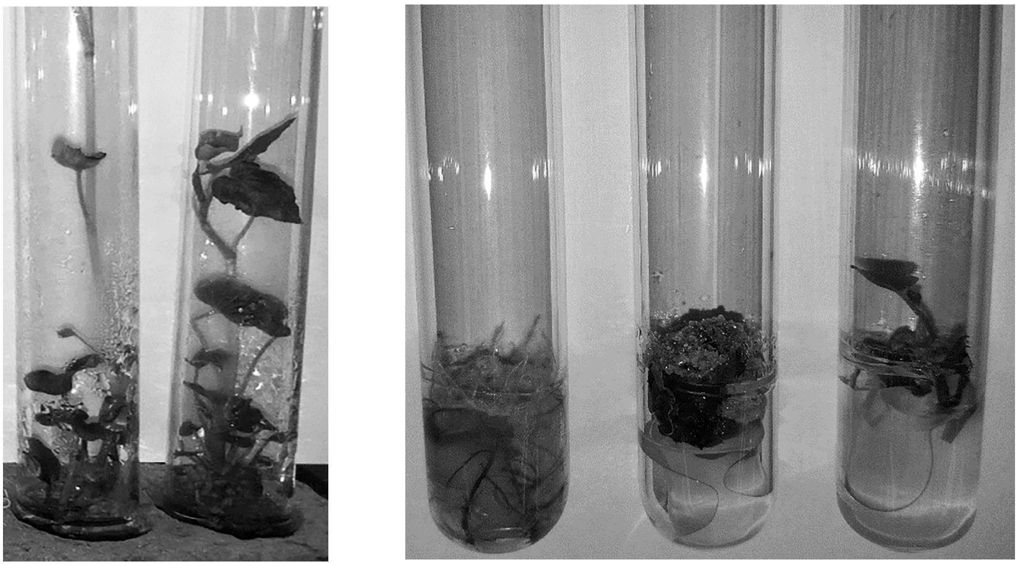
Figure 3 – Characteristics of rhizogenesis in *F. esculentum* plants, %

с укороченными междоузлиями в нижней части побега, а также морфогенный плотноглобулярный каллус (рис. 4). Образовавшиеся побеги на каллусных структурах достигали 2,3–4,4 см в высоту. Они формировали листовые пластинки различной длины и были пригодны для микроклонирования.

Переведенные в горшечную культуру пробирочные растения-регенеранты сорта Изумруд, полученные после воздействия селективных факторов (цинка и меди), нормально росли и развивались. Фаза начала цветения растений наступила на 28–30-е сутки и массового цветения – на 38–40 сутки культивирования в лабораторных условиях.

Результаты исследования фертильности пыльцы растений-регенерантов, полученных после воздействия комплексного стресса (Cu^{2+} и Zn^{2+}) представлены в таблице 2. Фертильными считали пыльцевые зерна, полностью окрашенные в темно-фиолетовый цвет, стерильными – окрашенные частично (рис. 5).

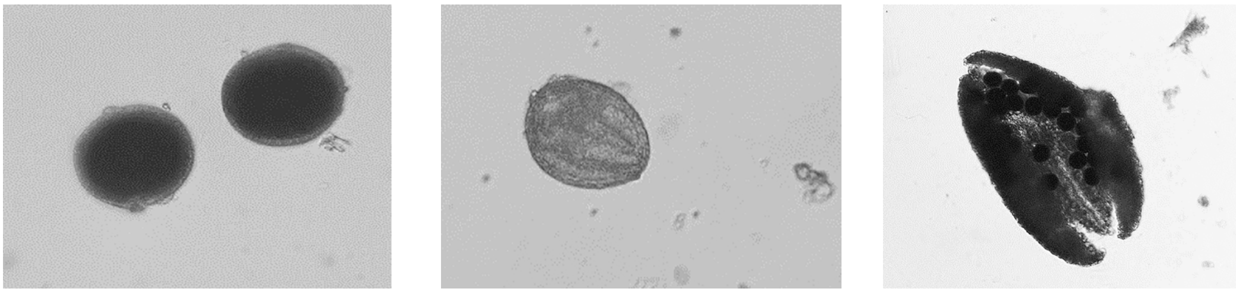
Как свидетельствуют полученные данные, процент фертильных пыльцевых зерен по всем изучаемым вариантам высок (92,6–100 %). Токсичные дозы цинка не влияли на появление стерильных пыль-



а) б)

Рисунок 4 – Листовые розетки (а) и каллусная ткань (б) растений гречихи, полученных на средах с цинком, по окончании первого субкультивирования

Figure 4 – Leaf rosette (a) and callus tissue (б) of the buckwheat plants obtained in media with zinc at the end of the 1st subculturing



а) б) в)

а) фертильные; б) стерильные, в) пыльцевой мешок с пыльцевыми зернами

Рисунок 5 – Окрашенные пыльцевые зерна регенерантов гречихи (161 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$ + 808 мг/л $ZnSO_4 \times 7H_2O$)

Figure 5 – Colored pollen grains of regenerated buckwheat plants (161 mg/L $CuSO_4 \times 5H_2O$ + 808 mg/L $ZnSO_4 \times 7H_2O$)

Таблица 2 – Характеристика пыльцевых зерен линий гречихи, полученных после воздействия комплексного стресса (Cu^{2+} и Zn^{2+})

Table 2 – Characteristics of pollen grains of buckwheat lines obtained after exposure to complex stress (Cu^{2+} and Zn^{2+})

Вариант Zn^{2+}	Пыльцевые зерна, шт.				
	всего, шт.	фертильные		стерильные	
		шт.	%	шт.	%
Изумруд 161 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$					
Контроль	186	182	97,8	4	2,2
808 мг/л	227	222	97,8	5	2,2
909 мг/л	180	178	98,9	2	1,1
1 010 мг/л	123	123	100,0	0	0
1 111 мг/л	146	143	97,9	3	2,1
1 212 мг/л	297	291	98,0	6	2,0
1 313 мг/л	249	248	99,6	1	0,4
Mean±sd	–	–	98,6±0,9	–	1,4±0,9
$НСР_{0,05}$	–	–	2,3	–	–
Изумруд 184 мг/л $CuSO_4 \times 5H_2O$					
Контроль	111	105	94,6	6	5,4
808 мг/л	186	178	95,7	8	4,3
909 мг/л	158	152	96,2	6	3,8
1 010 мг/л	108	100	92,6	8	7,4
1 111 мг/л	120	110	91,7	10	8,3
1 212 мг/л	132	129	97,7	3	2,3
1 313 мг/л	164	158	96,3	6	3,7
Mean±sd	–	–	95,0±2,1	–	5,0±2,1
$НСР_{0,05}$	–	–	2,9	–	–

цевых зерен у регенерантов гречихи, поскольку достоверных различий с контролем не выявлено.

При этом сравнение средних значений показало, что фертильность растений-регенерантов после воздействия цинка и меди (161 мг/л) (98,6 %) оказалась выше, чем после цинка и меди (184 мг/л) (95,0 %). Устойчивость гречихи к неблагоприятным факторам среды и ее высокая пластичность подчеркивается многими исследователями [13, 14].

Поскольку гречиха является перекрестно опыляемой культурой, то для получения семян регенерантов (R_0) проводилось принудительное опыление растений внутри каждого варианта. Следует отметить, что все изучаемые *in vivo* растения оказались короткостолбчатыми, в связи с чем проводимое опыление являлось иллегитимным, что, естественно, сказалось на проценте завязывания семян.

В результате удалось получить плоды с девяти растений по восьми разным вариантам. Полученные в лабораторных условиях плоды гречихи оказались мелкими и щуплыми, как показано на рисунке 6.

Заключение. *Гречиха посевная продемонстрировала высокий уровень толерантности к тяжелым металлам и жизнеспособности вида в целом, что нашло отражение в быстрых темпах роста и*

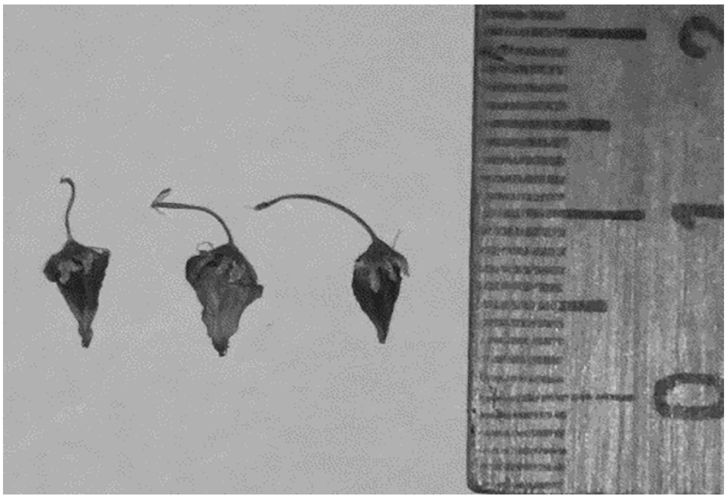


Рисунок 6 – Плоды растений-регенерантов гречихи, полученные в результате иллегитимного опыления

Figure 6 – Fruits of regenerated buckwheat plants obtained as result of illegitimate pollination

развития регенерантов при субкультивированиях, а также в сохранении фертильности пыльцы в условиях токсической нагрузки, обусловленной тяжелыми металлами.

В целом, оплодотворяющая способность пыльцевых зерен растений F. esculentum, культивируемых in vitro при последовательном воздействии селективных сред, содержащих высокие дозы меди и цинка, достаточно высокая.

Полученные стрессоустойчивые регенеранты могут быть использованы в дальнейшем в селекционных программах гречихи.

Список источников

1. Luthar Z. Buckwheat genetic resources in Central Europe // Buck-wheat Germplasm in the World. London : Academic Press, 2018. P. 127–143. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811006-5.00014-8.

2. Lee D.-G., Woo S. H., Choi J.-S. Biochemical properties of common and tartary buckwheat: centered with buckwheat proteomics // Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat. London : Elsevier, Academic Press, 2016. P. 239–259. doi: https://doi.org/10.1016 /B978-0-12-803692-1.00019-5.

3. Zhang L., Li Z. Functional characteristics of traditional buckwheat product // Chinese Cereals and Oils. 2009. Vol. 24. No. 3. P. 53–57.

4. Chrungoo N. K., Chettry U. Buckwheat: A critical approach towards assessment of its potential as a super crop // Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. 2021. No. 81. P. 1–23. doi: https://doi.org/10.31742/IJGPB.81.1.1.

5. Timoshenko E. V. Development of varietal technology elements for cultivation of buckwheat variety Devyatka in the zone of the Middle Priamurye // INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference. Springer : Springer, 2023. P. 233–243. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_24.

6. Kaznina N. M., Titov A. F. Effect of zinc deficiency and excess on the growth and photosynthesis of winter wheat // Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 2017. Vol. 13 (4). P. 88–94.

7. Maleva M. G., Nekrasova G. F., Borisova G. G., Chukina N. Effect of heavy metal on photosynthetic apparatus and antioxidant status of elodea // Russian Journal of Plant Physiology. 2012. Vol. 59. P. 190–197. doi: https://doi.org/10.1134/S1021443712020069.

8. Клыков А. Г., Парская Н. С., Барсукова Е. Н. Селекция гречихи на повышенное содержание рутина // Аграрный вестник Приморья. 2017. № 4 (8). С. 24–29. EDN: ZWNULX.

9. Садакова К. А., Колясникова Н. Л. Фертильность пыльцевых зерен и содержание тяжелых металлов в пыльце сосны обыкновенной, произрастающей в местах с разной антропогенной нагрузкой // Научное обозрение. Биологические науки. 2015. № 1. С. 138–139.

10. Харитонцев Б. С., Чемагин А. А., Попова Е. И. Влияние накопления тяжелых металлов на содержание пигментов фотосинтеза и фертильность пыльцевых зерен // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 506. EDN: XIBMHX.

11. Нечкина М. А., Куприянов П. Г. Способ определения интегрального эффекта воздействия неблагоприятных факторов внешней среды // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. 1992. № 4. С. 14.

12. Жуйкова Т. В., Коваленко А. А., Мезина А. В. Изменчивость признаков мужского гаметофита морфологических форм *Taraxacum officinale* Wigg. s. l. в условиях техногенной трансформации почвы // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10. № 2. С. 31–39. doi: https://doi.org/10.17816/snv2021102104.

13. Chrungoo N. K., Dohtdong L., Chettry U. Phenotypic plasticity in buckwheat // Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat. London : Elsevier, Academic Press, 2016. P. 137–149. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00010-9.

14. Барсукова Е. Н., Клыков А. Г., Чайкина Е. Л. Использование метода культуры ткани для создания новых форм *Fagopyrum esculentum* Moench // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 5. С. 3–6. doi: https://doi.org/10.31857/S2500-2627201953-6.

References

1. Luthar Z. Buckwheat genetic resources in Central Europe. In.: Buck-wheat Germplasm in the World, London, Academic Press, 2018, P. 127–143. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811006-5.00014-8.

2. Lee D.-G., Woo S. H., Choi J.-S. Biochemical properties of common and tartary buckwheat: centered with buckwheat proteomics. In.: Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat, London, Elsevier, Academic Press, 2016, P. 239–259. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00019-5.

3. Zhang L., Li Z. Functional characteristics of traditional buckwheat product. Chinese Cereals and Oils, 2009;24;3:53–57.

4. Chrungoo N. K., Chettry U. Buckwheat: A critical approach towards assessment of its potential as a super crop. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding, 2021;81:1–23. doi: https://doi.org/10.31742/IJGPB.81.1.1.

5. Timoshenko E. V. Development of varietal technology elements for cultivation of buckwheat variety Devyatka in the zone of the Middle Priamurye. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 233–243), Springer, Springer, 2023. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-21432-5_24.

6. Kaznina N. M., Titov A. F. Effect of zinc deficiency and excess on the growth and photosynthesis of winter wheat. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 2017;13(4):88–94.

7. Maleva M. G., Nekrasova G. F., Borisova G. G., Chukina N. Effect of heavy metal on photosynthetic apparatus and antioxidant status of elodea. Russian Journal of Plant Physiology, 2012;59:190–197. doi: https://doi.org/10.1134/S1021443712020069.

8. Klykov A. G., Parskaya N. S., Barsukova E. N. Selection of buckwheat to increase routine content. *Agrarnyj vestnik Primor'ja,* 2017;4(8):24–29 (in Russ.). EDN: ZWNULX.

9. Sadakova K. A., Kolyasnikova N. L. Fertility of pollen grains and content of heavy metals in pine pollen growing in places with different anthropogenic load. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki,* 2015;1:138–139 (in Russ.).

10. Haritontsev B. S., Chemagin A. A., Popova E. I. Influence accumulation of heavy metals at the content of photosynthetic pigments and fertility pollen grains. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya,* 2016;6:506 (in Russ.). EDN: XIBMHX.

11. Nechkina M. A., Kupriyanov P. G. Method for determining the integrated effect of unfavorable environmental conditions. *Otkrytiya. Izobreteniya. Promyshlennye obrazcy. Tovarnye znaki,* 1992;4:14 (in Russ.).

12. Zhuykova T. V., Kovalenko A. A., Mezina A. V. Variability of male gametophyte traits in morphological forms of *Taraxacum officinale* Wigg. S. l. under conditions of technogenic soil transformation. *Samarskij nauchnyj vestnik,* 2021;10(2):31–39 (in Russ.). doi: https://doi.org/10.17816/snv2021102104.

13. Chrungoo N. K., Dohtdong L., Chettry U. Phenotypic plasticity in buckwheat In.: Molecular breeding and nutritional aspects of buckwheat, London, Elsevier, Academic Press, 2016, P. 137–149. doi: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803692-1.00010-9.

14. Barsukova E. N., Klykov A. G., Chaykina E. L. Usage of the tissue culture method for the development of new forms of *Fagopyrum esculentum* Moench. *Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka,* 2019;5:3–6 (in Russ.). doi: https://doi.org/10.31857/S2500-2627201953-6.

Статья поступила в редакцию 07.11.2023; одобрена после рецензирования 30.11.2023; принята к публикации 06.12.2023.

The article was submitted 07.11.2023; approved after reviewing 30.11.2023; accepted for publication 06.12.2023.

Информация об авторах

Боровая Светлана Александровна, *аспирант, научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7440-5129, Author ID: 508428, borovayasveta@mail.ru;*

Клыков Алексей Григорьевич, *доктор биологических наук, академик Российской академии наук, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2390-3486, Author ID: 96183, alex.klykov@mail.ru;*

Богинская Наталья Геннадьевна, *младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8844-8616, Author ID: 1039484, boginskaia98@gmail.com*

Information about the authors

Svetlana A. Borovaya, *Postgraduate Student, Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7440-5129, Author ID: 508428, borovayasveta@mail.ru;*

Alexey G. Klykov, *Doctor of Biological Sciences, Academician of Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2390-3486, Author ID: 96183, alex.klykov@mail.ru;*

Natalia G. Boginskaya, *Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8844-8616, Author ID: 1039484, boginskaia98@gmail.com*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 631.452
EDN TPEKPN

Влияние эффективных микроорганизмов на снижение патогенности почв в разных почвенно-климатических условиях

Екатерина Александровна Евсеева[1], Владимир Иванович Голов[2], Елена Борисовна Захарова[3], Александр Николаевич Панасюк[4]
[1, 2] Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Дальневосточное отделение РАН, Приморский край, Владивосток, Россия
[3, 4] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] eka-evseeva@yandex.ru, [2] gvishm@mail.ru

Аннотация. Экологическое равновесие почв заключается в их способности самовосстанавливаться и очищаться, что могут обеспечить жизнеспособные микробиологические сообщества, населяющие почвенные слои. Увеличение видового разнообразия микроорганизмов свидетельствует об устойчивости экосистемы и обеспеченности растений необходимыми питательными веществами, а также о способности почвы самоочищаться и поддерживать экологическое равновесие. Эффективные микроорганизмы препарата «ЕМ·1 микробиологическое удобрение «Восток ЭМ-1» способны повысить общую биогенность почвы, за счет повышения полезной микробиоты. В результате происходит естественное угнетение возбудителей болезней и увеличение иммунитета растений (патогенной и условно-патогенной микрофлоры), что способствует повышению урожайности и качества выращенной продукции (даже за один сезон применения препарата). Исследования, проведенные в разных почвенно-климатических условиях в краткосрочных и долгосрочных временных периодах, подтверждают результативность препарата «ЕМ·1 микробиологическое удобрение «Восток ЭМ-1», в состав которого входит более 80 штаммов микроорганизмов и грибов, основные из которых представлены молочнокислыми, фотосинтезирующими и дрожжевыми. Но помимо них, в состав входят азотфиксирующие бактерии, дрожжи, регуляторы роста растений, регуляторы кислотности почв, аммонификаторы, нефтеокисляющие, нитрификаторы, регуляторы роста бактерий, фосформобилизующие, целлюлозоразлогающие бактерии, актиномицеты и грибы. Таким образом, принцип действия консорциума заключается не только в пополнении почвенной микрофлоры, но и в усилении и направлении имеющихся микроорганизмов к поддержанию экологического равновесия в почве. То есть путем повышения и стимуляции активности почвенной микробиоты ускоряются и усиливаются процессы формирования гумуса как важнейшего фактора оптимизации экологического состояния почвы; тем самым повышается не только стабильность биологического разнообразия почвы, но и оказывается положительное влияние на урожайность выращиваемых культур.

Ключевые слова: биогенность почвы, экологическое равновесие почв, эффективные микроорганизмы, урожайность, угнетение возбудителей болезней, снижение патогенов, очищение почвы

Для цитирования: Евсеева Е. А., Голов В. И., Захарова Е. Б., Панасюк А. Н. Влияние эффективных микроорганизмов на снижение патогенности почв в разных почвенно-климатических условиях // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 25–38.

Original article

Impact of effective microorganisms on reduction of soil pathogenicity in different soil and climatic conditions

**Ekaterina A. Evseeva[1], Vladimir I. Golov[2],
Elena B. Zakharova[3], Alexander N. Panasyuk[4]**
[1, 2] Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Primorsky krai, Vladivostok, Russia
[3, 4] Far Eastern State Agrarian University, Amur Region, Blagoveshchensk, Russia
[1] eka-evseeva@yandex.ru, [2] gvishm@mail.ru

Abstract. Ecological balance of soils lies in the ability of self-repairing and purifying. These properties can be provided by viable microbiological communities inhabiting the soil layers. An increase in microorganism species diversity indicates the stability of the ecosystem and the provision of plants with necessary nutrients, as well as the soil ability to cleanse itself and maintain ecological balance. The effective microorganisms of the preparation "EM·1 microbiological fertilizer "Vostok EM-1" are able to increase the overall soil biogenicity by increasing the beneficial microbiota. As a result, there is a natural inhibition of pathogens and a decrease in plant immunity (pathogenic and opportunistic pathogenic microflora). It helps to increase the yield and quality of grown products even in one season of using the preparation. Research studies in different soil and climatic conditions in short-term and long-term periods confirm the effectiveness of the preparation "EM·1 microbiological fertilizer "Vostok EM-1". This preparation contains more than 80 strains of microorganisms and fungi, the main ones of which are lactic acid, photosynthetic and yeast. In addition, the composition includes nitrogen-fixing bacteria, yeast, plant growth regulators, soil acidity regulators, ammonifiers, oil-oxidizers, nitrifiers, bacterial growth regulators, phosphorus-mobilizing, cellulose-decomposing bacteria, actinomycetes and fungi. Thus, the principle of consortium is not only to replenish soil microflora, but also to strengthen and direct microorganisms present in the soil to maintain ecological balance in the soil. When increasing and stimulating the activity of soil microbiota, the processes of humus formation are accelerated and intensified as the most important factor in optimization of soil ecological state. Due to this, not only does the stability of soil biological diversity increase, but it also has a positive effect on the yield of cultivated crops.

Keywords: soil biogenicity, ecological balance of soils, effective microorganisms, productivity, inhibition of pathogens, pathogen reduction, soil purification

For citation: Evseeva E. A., Golov V. I., Zakharova E. B., Panasyuk A. N. Impact of effective microorganisms on reduction of soil pathogenicity in different soil and climatic conditions. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:25–38 (in Russ.).

Введение. Почвы населены бесчисленным множеством микроскопических организмов, которые обладают огромной биохимической активностью. Их деятельность имеет большое значение в формировании не только почвенного плодородия, но и способности почвы самоочищаться, в том числе угнетая патогенные и условно-патогенные микроорганизмы, а значит, уменьшая болезни растений, что в результате является значимым фактором повышения урожайности в целом [1].

Основная роль микроорганизмов в почвообразовательном процессе и питании растений определяется тем, что они обладают колоссальным ферментативным действием, участвуя в метаболизме органических и неорганических веществ.

Ю. М. Возняковская предложила ввести новый показатель – «общая биогенность», который представляет собой общее число учтенных микроорганизмов, отражающее суммарное влияние активнодействующей почвенной микрофлоры на почвенно-микробиологические условия роста растений, и может характеризовать биологическую активность почвы [2, 3]. Увеличение видового разнообразия микроорганизмов свидетельствует об устойчивости экосистемы и обеспеченности растений необходимыми питательными веществами, а также о способности почвы самоочищаться и поддерживать экологическое равновесие.

Биологическая активность почвы – это совокупность биологических и биохимических процессов, протекающих в почве и связанных с жизнедеятельностью почвенной фауны, микрофлоры почвы и корней растений. Это важный показатель ее плодородия и важнейший фактор экологического равновесия почвенной экосистемы. Она выражается различной интенсивностью и направленностью микробиологических процессов в пахотном слое (0–30 см) и зависит от множества факторов, к которым относятся погодные условия, технология земледелия, а также виды возделываемых культур.

Так, успешное ведение экологического земледелия требует высокой биологической активности почвы. Только тогда органические вещества, попадающие в почву, могут действительно использоваться. Микробная активность почвы подвержена влиянию различных факторов, к которым относятся содержание органических веществ, показатель кислотности, физические свойства почвы и т. д. На многие из этих факторов (за исключением природных) можно повлиять в ходе проведения агротехнических мероприятий.

В почвах всегда имеется избыточный пул (запас) микробов, не обеспеченных органическим веществом и другими элементами питания. Величина пула в меньшей степени зависит от случайных колебаний температуры, влажности, поступления растительных остатков, а более обусловлена типом почвы с присущими ему физическими и химическими свойствами.

Основные группы почвенных микроорганизмов представлены актиномицетами, микромицетами (микроскопические грибы) и бактериями. Экологическая роль *актиномицетов* заключается чаще всего в разложении сложных устойчивых органических субстратов (хитина, целлюлозы и др.), а также их участии в синтезе и накоплении гумусовых веществ, ответственных за плодородие.

Почвенные грибы представляют экологическую группу организмов, участвующих в минерализации органических остатков растений и животных, в образовании гумуса. Грибы имеют мощный ферментативный аппарат и в аэробных условиях активно участвуют в превращениях соединений азота, способствуют улучшению структуры почвы. В процессе жизнедеятельности грибы выделяют различные физиологически активные вещества – ферменты, органические кислоты, витамины, антибиотики, токсины, влияющие на развитие других микроорганизмов и высших растений.

Бактерии представляют значительную часть микробного ценоза почвы. Их численность составляет несколько миллионов на один грамм почвы. Эта группа почвенных микроорганизмов принимает активное участие в трансформации органического вещества почвы вслед за микромицетами, на более поздних этапах.

В почве происходит непрерывная смена и обновление всей живой массы. Вся микробная масса, по самым скромным подсчетам, регенерируется за лето в 14–18 раз. Таким образом, общая микробная продукция пахотного горизонта почвы за вегетационный период определяется десятками тонн живой массы на единицу площади.

Целью исследований *явилось определение влияния препарата «ЕМ·1 микробиологическое удобрение «Восток ЭМ-1» на биогенность почвы.*

Методы и условия исследований. С целью определения влияния указанного препарата на биогенность почвы на протяжении трех лет (2018–2020 гг.) в КФХ «Орловка» Самарской области проводились исследования, которые были обусловлены тем, что существует сложная форма связи между отдельными элементами технологий, их сочетаниями и деятельностью разных групп микроорганизмов, осуществляющих трансформацию различных органических веществ почвы.

Исследуемое «ЕМ·1 микробиологическое удобрение «Восток ЭМ-1» является оригинальным препаратом с эффективными микроорганизмами, произведенным по японской технологии профессора Теруо Хига. Единственным авторизованным в России производителем является ООО «Приморский ЭМ-Центр». В состав консорциума препарата входят более 80 видов микроорганизмов, часть из которых, а также способ объединения их в единый консорциум составляют коммерческую тайну (ноу-хау).

Основные группы микроорганизмов: *молочнокислые, фотосинтезирующие и дрожжевые.* Кроме них, в состав входят *азотфиксирующие бактерии, дрожжи, регуляторы роста растений, регуляторы кислотности почв, аммонификаторы, нефтеокисляющие, нитрификаторы, регуляторы роста бактерий, фосформобилизующие, целлюлозоразлагающие бактерии, актиномицеты и грибы.* Таким образом, принцип действия консорциума заключается не только в пополнении почвенной микрофлоры, но и в усилении и направлении имеющихся в почве микроорганизмов к поддержанию экологического равновесия в почве.

Опыты проводились на поле, которое расположено на территории землепользования КФХ «Орловка», где преобладает чернозем обыкновенный среднегумусный среднемощный тяжелосуглинистый.

Содержание гумуса в пахотном горизонте 6,1 %. Структурное состояние – хорошее; содержание водопрочных агрегатов (0,25–10 мм) – 66–75 %. Плотность почвы – оптимальная для культурной почвы и для большинства возделываемых в этой зоне культур – 1,01–1,19 г/см^3. Капиллярная влагоемкость оптимальна и составляет 40 %, полная – 48 %.

Для характеристики температурного режима и влажности почв использовались данные близко расположенной к опытным полям Усть-Кинельской метеостанции. Погодные условия 2018 г. в связи с острой засушливостью сложились малоблагоприятными для возделывания сельскохозяйственных культур. Среднемесячная температура в апреле и мае превышала среднемноголетнюю. Малое количество выпавших осадков в мае и высокие температуры неблагоприятно сказались на всходах культур.

Погодные условия в 2019–2020 гг. сложились более благоприятными по сравнению с 2018 г. В эти годы выпало больше осадков, а также держалась умеренная температура, что способствовало запуску восстановительных и очистительных процессов в почве при внесении исследуемого препарата.

Для проведения опыта было выбрано одно поле площадью 100 га, на котором ежегодно менялась опытная культура и предшественник (табл. 1).

Дозировки внесения препарата в первый год составили по вариантам опыта 3 и 6 л/га (при расходе рабочего раствора 300 л/га). В 2019 и 2020 гг. они были увеличены соответственно до 6 и 20 л/га.

Математическую обработку данных проводили с применением программ Statistica и Microsoft Excel. Уровень значимости полученных результатов (Р) не превышал 0,05.

Результаты исследований. По результатам анализов в 2018 г. выявлена за-

Таблица 1 – Схема опыта применения «Восток ЭМ-1» в четырехкратной повторности на протяжении периода 2018–2020 гг. в Самарской области

Table 1 – Experience scheme of "Vostok EM-1" applying in 4 repetitions over 2018–2020 in Samara region

Показатели опыта	2018 год			2019 год			2020 год		
	опыт № 1	опыт № 2	опыт № 3	опыт № 1	опыт № 2	опыт № 3	опыт № 1	опыт № 2	опыт № 3
Предшественник	яровая пшеница	соя	чечевица	чечевица	кукуруза	соя	озимая пшеница	соя	яровая пшеница
Культура текущего года	чечевица	кукуруза	соя	озимая пшеница	соя	яровая пшеница	соя	яровая пшеница	подсолнечник
Контроль	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Вариант 1, л/га	3	3	3	6	6	6	6	6	6
Вариант 2, л/га	6	6	6	20	20	20	20	20	20

висимость повышения биогенности почвы от вида выращиваемой на участке культуры, что объясняется различиями в способе питания растений, а, следовательно, в особенностях их ризосферы, а также влиянии и взаимодействии почвенной микробиоты с прикорневой. Так, в целом отмечалось значительное увеличение общей биогенности при дозе 6 л/га, которая по сое достигла наибольшего показателя повышения (на 75 %) (табл. 2).

Определение численности микроорганизмов после внесения препарата весной 2019 г. (табл. 3) показало, что повышение температуры почвы способствовало активизации аборигенной микрофлоры, численность которой увеличилась примерно на 10 % в посевах озимой пшеницы; в посевах сои и яровой пшеницы увеличение составило 30 и 80 % соответственно.

Следует отметить, что второй год применения «Восток ЭМ-1» также способствовал увеличению биогенности почвы. Однако на посевах сои эффективность показала только доза 20 л/га, где прибавка составила 60 % по сравнению с контролем. На посевах яровой пшеницы внесение препарата в дозе 6 и 20 л/га увеличило биогенность почвы соответственно на 20 и 50 %. В то же время, при внесении «Восток ЭМ-1» отмечено в некоторой степени снижение численности микромицетов, особенно в варианте 6 л/га. Это, по всей видимости, объясняется тем, что в основе препарата содержится в основном бактериальная микрофлора, активность которой способствовала снижению численности плесневых грибов.

Результаты определения численности микроорганизмов во второй срок определения (табл. 4) показали, что стимулирующее действие препарата, отмеченное в первый срок, сохранилось. Особенно ярко это проявилось на культуре сои.

Общая биогенность почвы под посевами сои при внесении препарата в дозе равной 6 л/га была почти в 2 раза выше в сравнении с контрольным вариантом; при внесении 20 л/га – в 4 раза. Причем наиболее активно реагировали актиномицеты: их численность увеличилась почти в 8 раз по сравнению с контрольным вариантом.

Таблица 2 – Влияние препарата «Восток ЭМ-1» на общую биогенность почвы в зависимости от доз внесения и выращиваемой культуры

Table 2 – Impact of "Vostok EM-1" on the total soil biogenicity depending on application dose and cultivated crop

В млн. КОЕ/г абсолютно сухой почвы (in millions CFU/g of absolutely dry soil)

Дозы внесения препарата	Численность микроорганизмов в слое почвы 0–30 см (первый срок определения)			
	бактерии	актиномицеты	микромицеты	общая биогенность
Соя				
Контроль	35,25	3,97	0,00132	39,22
3 л/га	36,94	3,44	0,00086	42,64
6 л/га	**63,11**	**5,61**	**–**	**68,72**
Чечевица				
Контроль	29,39	1,84	–	31,23
3 л/га	38,64	2,22	0,00178	41,04
6 л/га	36,91	4,39	0,00088	41,39
Кукуруза				
Контроль	41,77	3,75	–	45,52
3 л/га	47,47	1,34	0,00045	42,81
6 л/га	47,86	1,84	–	49,70

Таблица 3 – Численность микроорганизмов в слое почвы 0–30 см, первый срок определения (15.05.2019 г.)

Table 3 – Number of microorganisms in soil layer 0–30 cm, first determination period (15 May 2019)

В тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы (in thousands CFU/g of absolutely dry soil)

Доза препарата	Численность бактерий	Численность актиномицетов	Численность микромицетов	Общая биогенность
Соя				
Контроль	5 178	1 430	28	6 635
6 л/га	4 335	2 023	26	6 385
20 л/га	4 815	3 413	21	8 249
Яровая пшеница				
Контроль	4 962	2 932	29	7 923
6 л/га	6 677	3 986	19	10 682
20 л/га	7 043	3 570	23	10 635
Озимая пшеница				
Контроль	5 197	3 042	24	8 263
6 л/га	4 997	2 984	20	8 001
20 л/га	5 584	3 278	19	8 881

Таблица 4 – Численность микроорганизмов в слое почвы 0–30 см, второй срок определения (12.05.2020 г.)

Table 4 – Number of microorganisms in soil layer 0–30 cm, second determination period (12 May 2020)

В тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы (in thousands CFU/g of absolutely dry soil)

Доза препарата	Численность бактерий	Численность актиномицетов	Численность микромицетов	Общая биогенность
Соя				
Контроль	2 071	2 318	18	4 406
6 л/га	2 746	4 913	21	7 690
20 л/га	**5 002**	**13 558**	**14**	**18 575**
Яровая пшеница				
Контроль	2 123	1 592	39	3 753
6 л/га	2 481	1 894	30	4 406
20 л/га	2 591	3 687	10	6 288
Озимая пшеница				
Контроль	1 920	1 278	24	3 222
6 л/га	2 347	2 098	17	4 462
20 л/га	2 680	5 035	21	7 736

Именно этой группе микроорганизмов отводится основная роль в процессах гумусообразования.

На посевах яровой пшеницы эффект от внесения препарата был значительно меньше. Доза внесения препарата 6 л/га показала небольшое усиление биологической активности почвы – на 17 % в сравнении с контрольным вариантом. Применение «Восток ЭМ-1» в дозе 20 л/га привело к увеличению численности микроорганизмов на 70 %. Причем, как и в опыте с соей, стимулируется преимущественно рост актиномицетов. Аналогичная закономерность прослеживается также и в посевах озимой пшеницы.

Основные тенденции сохранились и при третьем сроке определения. Так, анализы результатов определения численности микроорганизмов в почве в 2020 г., проведенные в конце вегетационного периода (табл. 5) показали, что общая биологическая активность почвы в посевах яровой пшеницы оставалась высокой при внесении препарата «Восток ЭМ-1», в основном за счет бактериальной микрофлоры (превышение над контролем составляло 2,7–3 раза).

В посевах сои значительное увеличение общей численности микроорганизмов отмечено при внесении препарата дозой 20 л/га, а в посевах подсолнечника различия в вариантах с разными дозами внесения препарата были несущественными, но превышали контроль в среднем на 30 %.

За период вегетации в слое почвы 0–30 см при обработке стерни препаратом «Восток ЭМ-1» наблюдается увеличение численности колониеобразных единиц бактерий, причем в два раза при внесении в дозе 20 л/га по всем культурам (табл. 6).

В этом варианте по численности актиномицетов в посевах яровой пшеницы не отмечено четких закономерностей, а в образцах почвы под соей и подсолнечником также отмечается увеличение численности данной группы микроорганизмов, но в меньшей степени, чем бактериальной популяции. Численность микроскопических грибов в целом изменялась незначительно по вариантам опыта; исключение составили данные в посевах яровой пшеницы, где наблюдается увеличение численности при внесении препарата «Восток ЭМ-1» дозой 6 и 20 л/га – в 1,5 и 1,8 раза, соответственно.

Таблица 5 – Численность микроорганизмов в слое почвы 0–30 см, третий срок определения (05.08.2020 г.)

Table 5 – Number of microorganisms in soil layer 0–30 cm, third determination period (5 August 2020)

В тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы (in thousands CFU/g of absolutely dry soil)

Доза препарата	Численность бактерий	Численность актиномицетов	Численность микромицетов	Общая биогенность
Яровая пшеница				
Контроль	3 676	1 141	19	4 835
6 л/га	10 917	2 495	20	13 432
20 л/га	**11 890**	**2 083**	**44**	**14 016**
Соя				
Контроль	3 994	1 358	41	5 392
6 л/га	4 471	1 357	28	5 857
20 л/га	9 584	3 168	18	12 770
Подсолнечник				
Контроль	4 235	2 055	28	6 318
6 л/га	6 909	1 332	19	8 260
20 л/га	7 270	1 084	29	8 383

Таблица 6 – Численность микроорганизмов в слое почвы 0–30 см в среднем за вегетацию

Table 6 – Number of microorganisms in soil layer 0–30 cm on average for the growing season

В тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы (in thousands CFU/g of absolutely dry soil)

Доза препарата	Численность бактерий	Численность актиномицетов	Численность микромицетов	Общая биогенность
Яровая пшеница				
Контроль	3 701	1 621	16	5 338
6 л/га	6 888	2 393	24	9 306
20 л/га	8 860	1 270	29	10 159
Соя				
Контроль	2 783	1 052	24	3 859
6 л/га	3 399	1 862	22	5 285
20 л/га	5 639	2 383	24	8 046
Подсолнечник				
Контроль	3 579	2 039	26	5 644
6 л/га	5 649	2 053	25	7 727
20 л/га	6 878	2 939	29	9 846

В результате трехлетних опытов в Самарской области установлено положительное влияние обработки почвы препаратом «Восток ЭМ-1» на численность агрономически полезных групп микроорганизмов почвы в течение всего вегетационного периода. На отмеченные показатели биологической активности почвы наибольший эффект оказала обработка препаратом в дозе внесения 20 л/га. Как закономерный результат, на третий год внесения препарата отмечена достоверная прибавка урожая яровой пшеницы, составившая 2,7 ц/га.

Этот результат объясняется не только повышением гумусообразования и питательных веществ в почве, но также снижением фитопатогенов, которые способны снизить иммунитет растений и стать причиной заболеваний, так как жизнедеятельность растений напрямую зависит от состава и количества присутствующих в почвенной среде микроорганизмов. Количественные и качественные показатели состояния почвенной микрофлоры также могут служить ранними индикаторами изменений в почве [5–11].

В связи с этим, трудно недооценить роль вносимой микрофлоры в почву для снижения заболеваний растений и уровня фитопатогенов в почве. Так, опыты, проводимые на протяжении двух лет (2019–2020 гг.) в Красноярском крае, по влиянию препарата «Восток ЭМ-1» против почвенной инфекции конидии – возбудителя гельминтоспориозной (обыкновенной) корневой гнили *Bipolaris sorokiniana* в почве и корневых гнилей яровой пшеницы во время вегетации, показали высокую эффективность относительно повышения самоочищающей способности и поддержания экологического баланса почвы.

В начале эксперимента (2019 г.) фитосанитарное состояние поля по заселению конидиями гриба *Bipolaris sorokiniana* оценивалось как критическое. Общая средняя численность конидий на поле составляла 89 шт./г почвы (опасное состояние), что в 4,5 раза выше порога вредоносности, равного 20 шт./г почвы. При такой заселенности урожайность зерновых культур, восприимчивых к корневой гнили, снижается более чем на 15 %. Здесь нельзя размещать пшеницу или ячмень, особенно при интенсивных технологиях их возделывания.

При этом низкая доля деградированных конидий (19 %) указывала на не-высокую активность антагонистической сапрофитной микрофлоры, численность которой зависит от содержания в почве органики. Деградированные конидии снижают вероятность заражения растений, но не исключают ее. Частично деградированные конидии при благоприятных условиях для развития корневой гнили (глубокая заделка семян, недостаток минеральных и органических удобрений, засуха) могут прорастать и заражать восприимчивые культуры. При этом почва являлась бедной, с содержанием гумуса 3,9 % и, соответственно, имела небольшое количество нитратного азота (N–NO_3) – 18 мг/кг.

В 2019 г. препарат «Восток ЭМ-1» применялся в паровом поле дважды (в июне и в июле). По данным осенних фитопатологических и агрохимических анализов почвы 2019 г. общая численность конидий гриба *Bipolaris sorokiniana* – доминирующего возбудителя гельминтоспориозной (обыкновенной) корневой гнили зерновых культур на контрольном варианте, где «Восток ЭМ-1» не применялся, составляла 120 шт./г почвы (опасное состояние) (табл. 7).

Двукратное внесение в почву парового поля препарата «Восток ЭМ-1» позволило сдержать число инфекции до уровня 69 конидий на 1 грамм почвы (критическое состояние), что почти в 2 раза ниже контрольной численности патогена на участке, где препарат «Восток ЭМ-1» не применялся. Содержание свободного азота (N–NO_3) и гумуса находилось на

Таблица 7 – Влияние препарата «Восток ЭМ-1» на почвенного возбудителя корневых гнилей *Bipolaris sorokiniana*, содержание нитратного азота (N-NO_3) и гумуса в паровом поле (ООО «Емельяновское», Красноярский край, 2019 г.)

Table 7 – Impact of "Vostok EM-1" on soil pathogen of root rot *Bipolaris sorokiniana*, the content of nitrate nitrogen (N-NO_3) and humus in the fallow field (LLC "Emelyanovskoe", Krasnoyarsk krai, 2019)

Показатели	Варианты опыта	
	контроль	внесение препарата в почву в июне и июле в дозе по 5 л/га
Исходное состояние поля (июнь 2019 г.)		
Общая численность конидий *Bipolaris sorokiniana*, шт./1 г почвы	90,0	
N-NO_3, мг/кг	18,0	
Содержание органического вещества (гумуса), %	3,9	
Состояние поля через один месяц после первого внесения препарата (июль 2019 г.)		
Общая численность конидий *Bipolaris sorokiniana*, шт./1 г почвы	90,0	71,0
N-NO_3, мг/кг	11,6	7,0
Состояние поля (август 2019 г.)		
Общая численность конидий *Bipolaris sorokiniana*, шт./1 г почвы	120,0	69,0
N-NO_3, мг/кг	менее 7	менее 7
Содержание органического вещества (гумуса), %	3,6	3,5

уровне контроля – менее 7 мг/кг и 3,1 % соответственно.

Продолжение эксперимента в 2020 г. заключалось в оценке эффективности препарата «Восток ЭМ-1» при внесении в почву на тех же участках в течение двух лет подряд (2019–2020 гг.) против почвенной инфекции конидии *Bipolaris sorokiniana* в почве, а также корневой гнили яровой пшеницы (2020 г.) во время вегетации.

Такой подход обусловлен тем, что на общую зараженность почвы почвенными инфекциями может повлиять и зараженность семян, которые вносятся в почву и могут быть носителями инфекции и микроорганизмов-возбудителей. Соответственно, это может повлиять на результаты по оценке эффективности препарата «Восток ЭМ-1» при внесении его только в почву.

Проведенный предварительный анализ позволил установить, что семенной материал яровой пшеницы сорта Новосибирская-31, использованный в эксперименте, был сортовым, кондиционным по чистоте и всхожести. Общая пораженность фитопатогенами составляла 22,8 %, в том числе корневыми гнилями – 8,5 %, что ниже порога вредоносности. Семена были свободны от твердой головни.

Исследования эффективности внесения препарата «Восток ЭМ-1» в почву в 2020 г. были продолжены. В мае на это же поле в варианте с «Восток ЭМ-1» за 5 дней до посева яровой пшеницы снова внесли препарат с нормой 5 л/га. Полученные результаты отражены в таблице 8.

В сентябре на контрольном варианте (без внесения в почву препарата «Восток ЭМ-1») количество конидий гельминто-

Таблица 8 – Характеристика опытного поля (второй год исследований), ООО «Емельяновское», Красноярский край, 2020 г.

Table 8 – Experimental field characteristics (second year of research), LLC "Emelyanovskoe", Krasnoyarsk krai, 2020

Показатели	Варианты опыта		
	контроль	внесение препарата в почву	отклонение (+, –)
Состояние поля (сентябрь 2019 г.; май 2020 г.)			
Общая численность конидий *Bipolaris sorokiniana*, шт./1 г почвы	120,0 (опасное состояние)	69,0 (критическое состояние)	–51
N-NO_3, мг/кг	менее 7	менее 7	–
Содержание органического вещества (гумус), %	3,4	3,1	–0,3
Состояние поля (сентябрь 2020 г.)			
Общая численность конидий *Bipolaris sorokiniana*, шт./1 г почвы	149,0 (опасное состояние)	100,0 (критическое состояние)	–49 $НСР_{05}$ = 144,8
N-NO_3, мг/кг	11,6	29,2	+17,6
Содержание органического вещества (гумус), %	2,8	3,7	+0,9
Примечание: производилось двукратное внесение в почву парового поля препарата (2019 г.) + внесение за 2-4 дня до посева яровой пшеницы в 2020 г.			

спориозной (обыкновенной) корневой гнили зерновых увеличилось до 149 шт. на 1 грамм почвы (опасное состояние). Содержание свободного азота ($N–NO_3$) за вегетацию выросло до 11,6 мг/кг, а показатель гумуса составлял 2,8 %.

На варианте, в котором препарат «Восток ЭМ-1» был применен в третий раз (перед посевом яровой пшеницы), зараженность почвы фитопатогеном *Bipolaris sorokiniana* также увеличилась и составила 100 конидий на 1 грамм почвы (продолжала оставаться на критическом уровне). Однако общее число конидий патогена в 1,5 раза было ниже, чем на контроле. Биологический эффект составлял 32,9 %. Доступного азота ($N–NO_3$) за сезон сформировалось 29,2 мг/кг, что в 2,5 раза выше контрольного показателя.

Таким образом, внесение препарата «Восток ЭМ-1» в почву, как в паровое поле в 2019 г., так и перед посевом яровой пшеницы, сдерживало количество возбудителя гельминтоспориозной (обыкновенной) корневой гнили зерновых культур. При двукратном его применении в паровом поле численность конидий гриба *Bipolaris sorokiniana* снижается почти в два раза, при этом биологический эффект составляет 42,5 %. Внесение данного препарата в почву за 5 дней перед посевом яровой пшеницы на следующий год дополнительно сдерживает рост численности патогена в 1,5 раза; биологическая эффективность составила 32,9 %.

Как ожидаемый результат, на контрольном варианте, где препарат «Восток ЭМ-1» в течение 2019–2020 гг. не вносился, урожайность яровой пшеницы составила 45 ц/га (табл. 9). Введение данного препарата в систему защиты культуры для внесения в почву (дважды в паровое поле и на следующий год однократно перед посевом культуры) с нормой 5 л/га увеличивает ее продуктивность до 57,3 ц/га, что на 12,3 ц/га выше, чем на контроле (прирост урожайности составил 27,3 %).

Повышение почвенного плодородия, а также фитосанитарная чистота почвы путем регулярного ежегодного внесения препарата «Восток ЭМ-1» в почву отмечены в Приморском крае, где проведенный на протяжении всего одного сезона опыт показал значительное повышение урожайности сои.

Так, при внесении препарата «Восток ЭМ-1» в почву в дозировке 5 л/га в 2019 г., а также обработки сои по вегетации 0,6 л/га отмечено положительное влияние на фитометрические показатели сои сорта Иван Караманов: повысилась площадь листовой поверхности на 8,1 %, чис-

Таблица 9 – Влияние внесения препарата «Восток ЭМ-1» в почву на урожайность яровой пшеницы (второй год) (ООО «Емельяновское», Красноярский край, 2020 г.)

Table 9 – Impact of "Vostok EM-1" applying to the soil on spring wheat yield (second year) (LLC "Emelyanovskoe", Krasnoyarsk krai, 2020)

Показатели	Варианты опыта	
	контроль	внесение препарата в почву
Густота продуктивного стеблестоя, шт/м^2	1 062	1 133
Озерненность, число зерен в колосе	22,2	34,6
Масса 1 000 зерен, г	38,0	58,6
Урожайность, ц/га	45,0	57,3
Прибавка урожая: ц/га процент	 – –	 12,3 ($НСР_{05}$ = 14,01) 27,3
Примечание: производилось двукратное внесение в почву парового поля препарата (2019 г.) + внесение за 2-4 дня до посева яровой пшеницы в 2020 г.		

Таблица 10 – Влияние препарата «Восток ЭМ-1» на рост и развитие корневой системы сои сорта Иван Караманов и деятельность клубеньковых бактерий

Table 10 – Impact of "Vostok EM-1" on growth and development of root system of soybean variety Ivan Karamanov and activity of nodule bacteria

Вариант	Длина главного корня, см	Масса корней одного растения, г	Количество клубеньков на одно растение, шт.	Масса клубеньков на одно растение, г
Контроль (без обработки)	17,1	3,8	7,2	0,034
Обработка «Восток ЭМ-1»	19,5	4,1	12,8	0,063
Прирост, %	14,0	7,9	77,8	85,3

ло листьев на растении – на 9,1 %, масса и урожайность зеленой массы – более чем на 17 %, масса листьев на 1 м^2 – на 13,4 %.

Кроме того, отмечено влияние препарата «Восток ЭМ-1» на рост и развитие корневой системы сои сорта Иван Караманов и деятельность клубеньковых бактерий. Так, длина главного корня увеличилась на 14 %, масса корней – на 7,9 %, количество клубеньков на растении – на 77,8 %, а масса клубеньков на растении – на 85,3 % (табл. 10).

В результате, при стандартной влажности 14 % урожайность зерна составила 2,51 т/га, что на 12,6 % превышает контрольный вариант без обработки растений (табл. 11). Таким образом, можно сделать вывод, что препарат «Восток ЭМ-1» оказал существенное влияние на урожайность растений сои.

Опыты, описанные в статье, позволяют сделать заключение, что препарат «Восток ЭМ-1», в составе которого содержится оригинальный консорциум эффективных микроорганизмов, путем повышения и стимуляции активности почвенной микробиоты ускоряет и усиливает процессы формирования гумуса как важнейшего фактора оптимизации экологического состояния почвы, тем самым повышая не только стабильность биологического разнообразия почвы, но и положительно влияя на урожайность выращиваемых культур.

Таблица 11 – Влияние препарата «Восток ЭМ-1» на урожайность сои сорта Иван Караманов

Table 11 – Impact of "Vostok EM-1" on yield of soybean variety Ivan Karamanov

Вариант	Урожайность при уборочной влажности, т/га	Уборочная влажность зерна, %	Урожайность при стандартной влажности, т/га
Контроль (без обработки)	2,34	18	2,23
Обработка «Восток ЭМ-1»	2,63	18	2,51 $НСР_{05}$ = 0,15

Список источников

1. Азаров Б. Ф., Акулов П. Г., Шелганов И. И. О роли биологического азота в ландшафтном земледелии // Совершенствование методологии агрохимических исследований. М. : Издательство Московского государственного университета, 1997. С. 254–256.

2. Возняковская Ю. М. Микробиологические основы экологической системы земледелия // Агрохимия. 1995. № 5. С. 115–124.

3. Возняковская Ю. М. Регулирование почвенно-микробиологических процессов в севооборотах интенсивного типа как одно из условий повышения эффективности земледелия // Труды Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии. 1988. Т. 58. С. 21–29.

4. Берестецкий О. А. Изменение состава микробных сообществ под влиянием окультуривания почв в условиях прогрессивной системы земледелия // Экология почвенных микроорганизмов и микробиологические аспекты применения пестицидов в сельском хозяйстве. М. : Академия наук СССР, 1975. С. 33–35.

5. Деградация и охрана почв / под ред. Г. В. Добровольского. М. : Издательство Московского университета, 2002. 654 с.

6. Звягинцев Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.

7. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. М. : Издательство Московского университета, 1987. 256 с.

8. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биология почв юга России. Ростов-на-Дону : Издательство ЦВВР, 2004. 350 с.

9. Полянская Л. М., Звягинцев Д. Г. Содержание и структура микробной биомассы как показатели экологического состояния почв // Почвоведение. 2005. № 6. С. 706–714. EDN: HSGAUX.

10. Полянская Л. М., Суханова Н. И., Чакмазян К. В., Звягинцев Д. Г. Особенности изменения структуры микробной биомассы почв в условиях залежи // Почвоведение. 2012. № 7. С. 792–798. EDN: OYINPF.

11. Стахурлова Л. Д., Свистова И. Д., Щеглов Д. И. Биологическая активность как индикатор плодородия черноземов в различных биоценозах // Почвоведение. 2007. № 6. С. 769–774. EDN: IAZVFP.

References

1. Azarov B. F., Akulov P. G., Shelganov I. I. On the role of biological nitrogen in landscape farming. In.: *Improving the methodology of agrochemical research,* Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta, 1997, P. 254–256 (in Russ.).

2. Voznjakovskaya Yu. M. Microbiological foundations of the ecological system of agriculture. *Agrohimiya,* 1995;5:115–124 (in Russ.).

3. Voznjakovskaya Yu. M. Regulation of soil-microbiological processes in intensive crop rotations as one of the conditions for increasing the efficiency of farming. *Trudy Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta sel'skohozyajstvennoj mikrobiologii,* 1988;58:21–29 (in Russ.).

4. Beresteckiy O. A. Changes in the composition of microbial communities under the influence of soil cultivation in the conditions of a progressive farming system. In.: *Ecology of soil microorganisms and microbiological aspects of the use of pesticides in agriculture,* Moscow, Akademiya nauk SSSR, 1975, P. 33–35 (in Russ.).

5. Dobrovolsky G. V. (Eds.). *Soil degradation and conservation,* Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2002, 654 p. (in Russ.).

6. Zvyagintsev D. G. Soil biological activity and scales for assessing some of soil indicators. *Pochvovedenie,* 1978;6:48–54 (in Russ.).

7. Zvyagintsev D. G. *Soil and microorganisms,* Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 1987, 256 p. (in Russ.).

8. Kazeev K. Sh., Kolesnikov S. I., Valkov V. F. *Biology of soils in southern Russia,* Rostov-on-Don, Izdatel'stvo CVVR, 2004, 350 p. (in Russ.).

9. Polyanskaya L. M., Zvyagintsev D. G. The content and structure of microbial biomass as indicators of the ecological state of soils. *Pochvovedenie,* 2005;6:706–714 (in Russ.). EDN: HSGAUX.

10. Polyanskaya L. M., Suhanova N. I., Chakmazyan K. V., Zvyagintsev D. G. Features of changes in the structure of soil microbial biomass under fallow conditions. *Pochvovedenie,* 2012;7:792–798. (in Russ.). EDN: OYINPF.

11. Stahurlova L. D., Svistova I. D., Shcheglov D. I. Biological activity as an indicator of chernozem fertility in different biocenoses. *Pochvovedenie,* 2007;6:769–774. (in Russ.). EDN: IAZVFP.

Статья поступила в редакцию 10.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023; принята к публикации 30.11.2023.

The article was submitted 10.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 30.11.2023.

Информация об авторах

Евсеева Екатерина Александровна, *аспирант, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Дальневосточное отделение РАН, eka-evseeva@yandex.ru;*

Голов Владимир Иванович, *доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии, Дальневосточное отделение РАН, gvishm@mail.ru;*

Захарова Елена Борисовна, *доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет;*

Панасюк Александр Николаевич, *доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет*

Information about the authors

Ekaterina A. Evseeva, *Postgraduate Student, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, eka-evseeva@yandex.ru;*

Vladimir I. Golov, *Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, gvishm@mail.ru;*

Elena B. Zakharova, *Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University;*

Alexander N. Panasyuk, *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 634.11:631.5(571.63)
EDN ULMHQS

Биологические и хозяйственные особенности интродуцированных крупноплодных сортов яблони в условиях юга Приморского края

Александр Иванович Живчиков[1], Раиса Ивановна Живчикова[2]
[1, 2] Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки)
Приморский край, Владивосток, Россия
[1] ginzeng@mail.ru, [2] zhivchikova49@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты выращивания крупноплодных сортов яблони домашней в прибрежной зоне юга Приморского края. Сорта яблони, районированные на Дальнем Востоке, являются полукультурками. Они уступают культурным сортам по урожайности, вкусу и качеству. Испытана группа крупноплодных ранних и поздних интродуцированных сортов в сравнении с лучшими районированными сортами. Дана оценка сортов по урожайности, зимостойкости, устойчивости к болезням, неблагоприятным климатическим эксцессам. По фенологическим наблюдениям выделены сорта разных сроков созревания, способные давать по 10–15 кг крупных плодов с одного дерева. Как лучшие определены сорта Мельба, Зеленка ранняя, Неженка, Уэлси, Апрельское, Слава Приморья. Вес их плодов составил 250–300 г. Отмечена степень периодичности плодоношения сортов.

Ключевые слова: яблоня домашняя, интродукция, крупноплодные сорта, юг Приморского края

Для цитирования: Живчиков А. И., Живчикова Р. И. Биологические и хозяйственные особенности интродуцированных крупноплодных сортов яблони в условиях юга Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 39–48.

Original article

Biological and economic features of introduced large-fruited apple tree varieties in south of Primorsky krai

Aleksandr I. Zhivchikov[1], Raisa I. Zhivchikova[2]
[1, 2] Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station (Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika)
Primorsky krai, Vladivostok, Russia
[1] ginzeng@mail.ru, [2] zhivchikova49@mail.ru

Abstract. The paper presents the results of the cultivation of apple varieties with large fruit size (*Malus domestica*) in the coastal zone of the south of Primorsky krai. The apple varieties released in the Russian Far East are semi-wild and have lower yield, poorer taste and quality compared to cultivars. We studied a number of early and late-maturing introduced apple varieties with large fruit size in comparison to the best released cultivars. The varieties and cultivars were evaluated for the following characteristics: yield and resistance to frost, diseases, and unfavorable climatic conditions. Based on the phenological observations, we selected varieties that were able to produce up to 10–15 kg of large fruits per tree and belonged to different maturity groups. Varieties Melba, Zelenka rannyaya, Nezhenka, Uelsi, Aprelskoe, and Slava Primorya were considered the most promising specimens with a fruit weight of 250–300 g. The frequency of fruiting was noted as well.

Keywords: apple tree (*Malus domestica*), introduction, varieties with large fruit size, south of Primorsky krai

For citation: Zhivchikov A. I., Zhivchikova R. I. Biological and economic features of introduced large-fruited apple tree varieties in south of Primorsky krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:39–48 (in Russ.).

Введение. Яблоня является самой распространенной плодовой культурой. На ее долю приходится большая часть посадочных площадей в садоводстве и валовом производстве продукции [1, 2].

Плоды яблони можно считать полноценным продуктом питания. Яблоки, благодаря гармоничному сочетанию вкусовых и полезных качеств, насыщенности биологически активными веществами, по праву относятся к группе ценных, имеющих профилактическое и лечебное значение [3–5]. Продуктивность и экономическая эффективность садоводства зависят от возможности постоянного обновления сортов, приспособленных к местным условиям выращивания.

Сорт обуславливает количество и качество урожая, продуктов его переработки; определяет возможность и выгоду производства в условиях конкретного места. В каждом случае нужна группа урожайных, устойчивых к болезням и вредителям, ценных по качеству продукции сортов разного назначения и сроков созревания. В Дальневосточном регионе, который по ряду факторов является зоной рискованного земледелия, сортам яблони требуется высокая зимостойкость и морозостойкость, устойчивость к резким перепадам зимних и весенних температур на фоне повышенной инсоляции во влажной среде. Растения должны без ущерба переносить периоды переувлажнения или недостатка влаги в почве, высокую температуру и влажность воздуха. Важно, чтобы на этом фоне сорта были устойчивы к болезням [6, 7].

Цель работы *состояла в подборе местных и интродуцированных крупноплодных сортов яблони с традиционной кроной деревьев, приспособленных для выращивания в условиях Приморья или их использования в создании новых местных сортообразцов.*

Материал и методика исследований. Исследования проводились на экспериментальной базе Приморской плодово-ягодной опытной станции (филиале Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в 2017–2023 гг. База находится в южной части прибрежной зоны Приморья (пригород Владивостока) с типично муссонным климатом.

Участок коллекционного сада расположен на возвышенной местности со слабым западным уклоном. Сад с юга, запада и севера имеет неплотную защиту широколиственного леса. Почва участков буроподзолистая, тяжелосуглинистая с мощностью гумусового горизонта, составляющей 18–22 см, который подстилается глиной. Почва промерзает на глубину до 1,8 м, чему способствует маломощный и неустойчивый снеговой покров. Муссонная циркуляция воздуха и зимой, и летом создает более низкие температуры воздуха и почвы, чем на тех же широтах европейской территории страны.

В работе использованы общепринятые методические руководства по закладке полевых опытов, испытанию и сортоизучению плодовых культур [8–10]. Основой агротехнической схемы стала общепринятая в Приморском крае технология садоводства. Основными ее элементами являются: выбор места и тщательная подготовка почвы; ямная посадка с расстояниями между рядами 4–5, в ряду – 3 м; уход за посадками (своевременные обрезки, подкормки, химические обработки).

Для испытания подобраны 18 сортов крупноплодной (150–200 г) яблони домашней (*Malus domestica*). Выбор сортов основывался на результатах предварительного изучения местных условий, информации научных изданий, опытах любительского садоводства. Многолетними наблюдениями установлено, что наиболее удачными были результаты выращивания сортов Дальнего Востока, Алтая, Урала, центра европейской части России, Северной Америки [11, 12].

В качестве основного контроля взят хабаровский сорт Абориген (в районировании с 1974 г.). Для сравнения использованы также распространенные местные сорта Атлантка и Слава Приморья. Посадка выполнена в 2017 г. двулетними саженцами собственного производства. Черенковый материал получен от оригинаторов и питомниководческих хозяйств. Прививка проводилась методом улучшенной копулировки на однолетние сеянцы ранетки пурпуровой.

Изучение биологических особенностей и хозяйственно-ценных признаков проводилось по следующим критериям:

1) общее состояние каждого дерева весной (0–5 баллов);

2) наступление основных фенологических фаз;

3) устойчивость к переувлажнению или засухе (0–5 баллов);

4) устойчивость к основным болезням и вредителям в баллах;

5) возраст начала плодоношения;

6) урожай с каждого дерева в килограммах;

7) средняя масса плода в граммах;

8) величина однолетнего прироста побегов (сильный, умеренный, слабый).

Результаты исследований и их обсуждение.

Общее состояние деревьев. За время проведения исследований складывались разные погодные условия, которые позволили оценить жизнеспособность сортов в местном климате.

В конце ноября 2020 г. отмечался экстремальный период для деревьев, закончивших вегетацию, когда выпал «ледяной дождь», и все ветки были постепенно покрыты слоем замерзшей воды толщиной 1–1,5 см (рис. 1).

Пострадали деревья с густой тонковетвистой кроной под тяжестью ледяной массы. Ущерб для яблони от поломки веток оказался минимальным, чему способствовали разреженность кроны, крепость и сохраненная еще гибкость побегов. Такой ледяной панцирь стал на некоторое время защитой от последовавших сильных морозов. С наступлением весны ветви и кроны деревьев яблони выровнялись.

В 2023 г. посадки прошли испытание сначала в условиях сильного переувлажнения почвы из-за осадков более 1 000 мм за июнь – август, затем в условиях засухи с осадками 18 мм за сентябрь – октябрь.

В этих условиях все деревья сохраняли не только жизнеспособность, но и показывали сильный прирост побегов – от 40 до 160 см.

Зимостойкость и устойчивость к подмерзанию. Превалируюшим свойством сортов плодовых культур, интродуцируемых в Приморье, является высокая зимостойкость. Все сорта, представленные в опыте, показали себя как зимостойкие

Рисунок 1 – Ветви яблони после «ледяного дождя»
Figure 1 – Apple tree branches after "icy rain"

и в настоящее время находятся в стадии взрослых 7-летних деревьев; дают хороший прирост и урожай. Предшествующие предварительные испытания показали, что незимостойкие сорта выпадают из посадок в молодом возрасте через 1–2 перезимовки.

В посадках проводились учеты подмерзания однолетних побегов и плодовых почек, коры на стволах и ветвях. После зимы в отдельные годы отмечалось незначительное иссушение верхней части молодых побегов сортов Апрельское, Уралец, Мантет, Горнист (степень повреждения составила один балл). Другие сорта, в числе которых, в первую очередь, дальневосточные и инорайонные, перезимовывали без повреждений.

Хорошую приспособленность к условиям Приморья показывают североамериканские сорта, например, сорта Гислоп, Джон Доуни. В предварительном изучении выделялись крупноплодные сорта Уэлси, Мельба. Не прошел пока проверку на зимостойкость канадский сорт Спартан, который успешно акклиматизировался и районирован во многих регионах центральной России. Молодые деревца пришлось жестко обрезать по причине повреждения в четыре балла.

Опытные посадки прошли проверку на засухоустойчивость. Соответствующий фон сложился летом 2020 г. и осенью 2023 г. В 2020 г. острый недостаток влаги отмечался в течение 1,5 месяцев, когда за июль, при среднемноголетних осадках в 140 мм, выпало всего 10 мм. Наблюдалось сбрасывание завязей и мельчание плодов, пожелтение и опадание листьев. В большей степени это было отмечено у сорта Абориген. За сентябрь и октябрь 2023 г. отмечено 10 дней с количеством осадков 15 мм (при максимальном за сутки 3 мм).

В таких условиях общее развитие в годы испытания проходило с высокой ростовой активностью и хорошей облиственностью побегов.

Фенологические наблюдения. Весной все сорта начинали вегетацию (набухание почек) в третьей декаде апреля с разницей между сортами до 15 дней (табл. 1). Заметно отличался только позднеспелый зимний сорт Апрельское из Воронежской области, который начинал вегетацию позднее.

Все сорта отмечены как скороплодные и начали плодоношение уже с третьего и четвертого года. На третьем году единичные плоды появились у сортов Слава Приморья, Апрельское, Мельба, Уэлси, Горнист. Сроки съемной спелости плодов (появление здоровой падалицы без помощи ветра) различались по годам. Так, у сорта Зеленка ранняя в 2020 г. она наступила 21 августа, а в 2021 г. – 10 августа, что близко к его характерной многолетней дате, а в 2023 г. – 26 июля.

Сроки спелости зависели от летних погодных условий. Отмечено, что длительный недостаток влаги летом 2020 г. замедлил рост растений, а выпавшие затем осадки помогли восстановлению нормального развития. Это позволило сохранить урожай, но период вегетации этого года у всех сортов был увеличен на 10–13 дней.

Урожайность. Основным критерием оценки достоинства сорта является способность обеспечить в местных условиях качественный урожай в достаточном количестве. Согласно Стратегии развития садоводства и питомниководства РФ, разработанной Минсельхозом РФ совместно с Академией наук РФ, на основе многолетних показателей принята урожайность плодов для семечковых не менее 10 т/га.

Это значит, что для изучаемых сортов, имеющих развитую крону, продуктивность дерева должна быть на уровне 12 кг. Такой урожай в отдельные годы наблюдений показали ранние сорта – Мельба, Зеленка ранняя, Алтайское румяное; поздние – Уэлси, Апрельское. В таблице 2 приводятся лучшие сорта по урожайности и массе плодов.

Максимальный сбор яблок был получен в 2022 г. у всех сортов. Лучшими были Мельба, Уэлси, Апрельское, Зеленка ранняя, у которых было снято от 14,0 до 17,3 кг плодов с дерева. Условия данного периода благоприятствовали не только продуктивности, но и качеству. Плоды наросли крупные, красивого внешнего вида (рис. 2–4).

Минимальный урожай отмечен в 2023 г. Это объясняется тем, что деревья оказались ослабленными после большой плодовой нагрузки предыдущего года. Дополнительным фактором стала периодичность плодоношения, характерная в разной степени для всех сортов.

Таблица 1 – Фенологические фазы лучших сортов, 2019–2023 гг.
Table 1 – Phenological phases of the best varieties, 2019–2023

Название сорта, регион происхождения	Начало вегетации	Цветение		Съемная спелость плодов	Период вегетации до созревания плодов, дни
		начало	окончание		
Ранние и среднеранние сорта					
Абориген, Хабаровский край	27.04 (±3)	16.05 (±3)	28.05 (±5)	18.08 (±7)	111 (±7)
Атлантка, Приморский край	23.04 (±5)	16.05 (±3)	29.05 (±3)	22.08 (±7)	118 (±7)
Зеленка ранняя, Приморский край	20.04 (±5)	14.05 (±3)	25.05 (±3)	15.08 (±9)	113 (±9)
Неженка, Алтайский край	23.04 (±3)	15.05 (±4)	26.05 (±3)	12.08 (±5)	108 (±5)
Алтайское румяное, Алтайский край	25.04 (±3)	16.05 (±3)	28.05 (±3)	24.08 (±8)	119 (±8)
Уральское розовое, Свердловская область	28.04 (±3)	18.05 (±5)	30.05 (±4)	30.08 (±9)	122 (±9)
Горнист, Свердловская область	27.04 (±3)	18.05 (±4)	30.05 (±4)	20.08 (±9)	113 (±9)
Мельба, Канада	27.04 (±4)	20.05 (±4)	01.06 (±4)	26.08 (±5)	119 (±5)
Среднепоздние и поздние сорта					
Слава Приморья, Приморский край	24.04 (±4)	16.05 (±4)	26.05 (±4)	18.09 (±9)	144 (±8)
Зеленка сочная, Приморский край	24.04 (±4)	16.05 (±4)	25.05 (±4)	10.09 (±8)	136 (±9)
Райка, Приморский край	24.04 (±3)	16.05 (±3)	27.05 (±4)	12.09 (±6)	138 (±8)
Заветное, Алтайский край	26.04 (±4)	18.05 (±4)	30.05 (±3)	20.09 (±9)	144 (±10)
Уралец, Свердловская область	27.04 (±4)	20.05 (±5)	30.05 (±4)	15.09 (±8)	138 (±9)
Румянка свердловская, Свердловская область	27.04 (±4)	22.05 (±5)	30.05 (±4)	20.09 (±5)	134 (±6)
Орлик, Орловская область	26.04 (±5)	20.05 (±5)	28.05 (±4)	10.09 (±5)	134 (±6)
Апрельское, Воронежская область	30.04 (±3)	23.05 (±5)	01.06 (±5)	03.10 (±8)	154 (±8)
Уэлси, США	28.04 (±8)	22.05 (±4)	01.06 (±6)	20.09 (±6)	133 (±6)
Примечание: в круглых скобках показано отклонение (плюс, минус) в днях.					

Прогноз урожайности можно делать с весны по силе цветения. В этот год она была ниже обычной на 2–3 балла (шкала от 0 до 5 баллов). Единичное цветение было отмечено у Неженки, Янтаря, Орлика, Горниста, Румянки свердловской. Редкие цветки, слабое развитие привело к опаданию завязей и неурожаю этих сортов яблони.

Дегустационная оценка яблок всех сортов была не ниже четырех баллов (хороший, столовый вкус). Они были не хуже

Таблица 2 – Плодоношение лучших сортов в среднем за 2020–2023 гг.
Table 2 – Fruiting of the best varieties on average for 2020–2023

Название сорта, регион происхождения	Вес плодов			Пораженных плодов, процент
	с дерева, кг	максимум одного плода, г	минимум одного плода, г	
Ранние и среднеранние сорта				
Абориген, Хабаровский край	4,9 (8,1–2,8)	172	91	10 (20)
Атлантка, Приморский край	5,8 (6,7–4,3)	160	108	10 (20)
Зеленка ранняя, Приморский край	8,1 (14,0–3,2)	270	98	10 (15)
Неженка, Алтайский край	5,7 (9,6–2,6)	183	89	10 (30)
Алтайское румяное, Алтайский край	6,4 (12,0–2,1)	125	54	10 (15)
Уральское розовое, Свердловская область	7,6 (13,3–2,3)	293	150	10 (20)
Горнист, Свердловская область	3,9 (6,2–1,9)	190	152	10 (15)
Мельба, Канада	11,1 (17,3–6,4)	305	155	15 (40)
Средние и поздние сорта				
Слава Приморья, Приморский край	5,9 (9,3–3,3)	252	93	10 (15)
Уралец, Свердловская область	6,1 (10,1–2,9)	243	120	15 (70)
Орлик, Орловская область	4,1 (7,2–1,5)	181	139	10 (15)
Апрельское, Воронежская область	9,2 (15,3–5,1)	330	160	10 (60)
Уэлси, США	10,4 (16,8–5,8)	252	130	10 (30)
$НСР_{05}$ для средних показателей	0,3	–	–	–

Примечания: 1. В графе «Вес плодов с дерева» в скобках указаны максимальные и минимальные показатели за период учета.
2. В графе «Пораженных плодов» в скобках указаны максимальные показатели.

завозной продукции, а по качеству (свежести, вкусу, чистоте) превосходили ее. Яблоки уступали только по лежкости плодов. Этот недостаток может быть устранен специальными предварительными обработками и хранением в регулируемых условиях.

Устойчивость к болезням. Этот признак является важным в характеристике адаптационной способности сорта. В течение жизни деревья яблони находятся в постоянных стрессовых условиях. Зимой это низкие и переменчивые температуры, повышенная инсоляция, что влечет за собой повреждение тканей коры, почек, иссушение молодых побегов. В летние месяцы сказывается влияние особенностей муссонного климата: затяжных осадков, высокой относительной влажности воздуха при повышенных температурах. Это

а)

б)

в)

а) Слава Приморья; б) Апрельское; в) Уэлси

Рисунок 2 – Сорта яблок

Figure 2 – Apple varieties

благоприятствует уплотнению инфекционного фона, распространению болезней, вызывающих поражение плодов и самих растений. В условиях Приморья яблоня больше всего страдает от поражения грибом рода *Monilia*, разные формы которого вызывают *монилиальный ожог соцветий и ювенильных побегов, монилиальную гниль плодов.* Болезнь активно распространяется в условиях повышенной влажности, поэтому на юге края ежегодно поражаются все сорта.

Степень поражения испытываемых сортов была различной по годам и зависела от особенностей сорта и насыщенности воздуха влагой. При монилиальном ожоге соцветий отмирают не только цветки, но и все соцветие вместе с почкой. У некоторых деревьев потеря урожая при сильной степени поражения достигает 80 %.

В нашем случае вместо массового цветения на ветках отдельных деревьев оставались одиночные соцветия. Пораженными в разной степени были все деревья. Степень поражения зависела не только от сортовых особенностей, но и от складывающихся погодных условий.

Так, в период наших наблюдений степень поражения соцветий в засушливом 2022 г. была на 10–25 % меньше, чем в предыдущем. Этому способствовали пониженные температура и влажность воздуха. Заметное поражение (2 балла по шкале 0–5 баллов) ежегодно отмечалось у сорта Мантет. Монилиальная гниль плодов наблюдалась в период от начала до полного созревания и зависела от условий среды.

Повсеместно большой вред посадкам яблони наносит гриб *Sphaeropsis malorum*, который вызывает *черный рак*. Болезнь появляется и развивается в развилках скелетных ветвей, в морозобойных трещинах коры стволов и веток. Споры возбудителя имеют очень высокую зимостойкость, поэтому хорошо сохраняются. Развитию болезни способствует влажный и теплый климат, ослабленный иммунитет деревьев из-за возраста и неблагоприятных условий. Наша коллекция представлена еще молодыми деревьями и слабое поражение (0,5 балла) было отмечено единично на ветвях.

Заключение. Приморье, находясь в зоне рискованного земледелия, обладает климатическими ресурсами, которые позволяют заниматься не только любительским, но и промышленным садоводством. Развитие отрасли сдерживается из-за сортимента, бедного по количеству и качеству. Все районированные в настоящее время сорта являются полукультурками. Они приспособлены к местным условиям, но уступают сортам яблони культурной по урожайности и, особенно, по вкусу и качеству.

Результаты исследований периода 2017–2023 гг. в южной зоне Приморского края позволили выделить сорта крупноплодной яблони домашней (культурной) для успешного выращивания в условиях края. В числе перспективных для районирования находятся сорта от ранних до поздних (зимних). В группе ранних такими выступают Мельба, Уральское розовое, Зеленка ранняя, Неженка; в группе поздних – Уэлси, Апрельское, Уралец, Слава Приморья. Они дают возможность получать с одного дерева по 10–12 кг крупных и вкусных плодов.

Список источников

1. Седов Е. Н., Корнеева С. А., Янчук Т. В. Селекционные учреждения России и их вклад в совершенствование сортимента яблони // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 5. С. 42–46. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/42-46.

2. Асеева Т. А., Михайличенко О. А., Тихомирова Е. С. Энциклопедия садоводства Приамурья. Хабаровск : Издательство Тихоокеанского государственного университета, 2015. 243 с. EDN: KDPZUI.

3. Musacchi S., Serra S. Apple fruit quality: overview on pre-harvest factors // Scientia Horticulturae. 2018. Vol. 234. P. 409–430. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057.

4. Li Sh., Yuan X., Xu Y., Li Z., Feng Z., Yue X. [et al.]. Biogenic volatile organic compound emissions from leaves and fruits of apple and peach trees during fruit development // Journal of Environmental Sciences. 2021. Vol. 108. P. 152–163. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.02.013.

5. Obstlagerung W., Fettkenheuer W., Held B. Hofer und andere, federfuhrung A. Osterloh. Berlin : VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1980. 367 p.

6. Царенко В. П., Царенко Н. А. История садоводства на Дальнем Востоке России. Владивосток : Морской государственный университет, 2017. 300 с.

7. Глинщикова Ф. И. История развития садоводства в Приамурье. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2014. 55 с.

8. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2014. 351 с.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1999. 608 с. EDN: YHAPPN.

10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М. : Колос, 1970. 160 с.

11. Макаренко С. А. Приоритетные направления селекции яблони для районов с суровыми климатическими условиями // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 8 (178). С. 28–35. EDN: EYCBQN.

12. Живчиков А. И., Живчикова Р. И. Возможности формирования современного адаптивного сортимента плодовых культур в перспективе развития дальневосточного садоводства // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 37–44. EDN: ZWLBWX.

References

1. Sedov E. N., Korneeva S. A., Yanchuk T. V. Breeding institutions of Russia and their contribution to improving the apple tree assortment. *Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki,* 2023;5:42–46 (in Russ.). DOI: 10.31857/2500-2082/2023/5/42-46.

2. Aseeva T. A., Mikhailichenko O. A., Tikhomirova E. S. *Encyclopedia of the horticulture in the Russian Manchuria (Priamurye),* Khabarovsk, Izdatel'stvo Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2015, 243 p. (in Russ.).

3. Musacchi S., Serra S. Apple fruit quality: overview on pre-harvest factors. Scientia Horticulturae, 2018;234:409–430. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.057.

4. Li Sh., Yuan X., Xu Y., Li Z., Feng Z., Yue X. [et al.]. Biogenic volatile organic compound emissions from leaves and fruits of apple and peach trees during fruit development. Journal of Environmental Sciences, 2021;108:152–163. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jes.2021.02.013.

5. Obstlagerung W., Fettkenheuer W., Held B. Hofer und andere, federfuhrung A. Osterloh, Berlin, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1980, 367 p.

6. Tsarenko V. P., Tsarenko N. A. *History of horticulture in the Russian Far East,* Vladivostok, Morskoj gosudarstvennyj universitet, 2017, 300 p. (in Russ.).

7. Glinshchikova F. I. *History of the development of horticulture in Priamurye,* Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2014, 55 p. (in Russ.).

8. Dospekhov B. A. *Methodology of field experiment (with the basics of the processing of research results),* Moscow, Al'yans, 2014, 351 p. (in Russ.).

9. *Program and methodology for studying varieties of fruit, berry and nut crops,* Orel, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut selekcii plodovyh kul'tur, 1999, 608 p. EDN: YHAPPN. (in Russ.).

10. *Methodology of the state variety testing for agricultural crops,* Moscow, Kolos, 1970, 160 p. (in Russ.).

11. Makarenko S. A. The priority apple breeding directions for the areas with severe climatic conditions. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2019;8(178):28–35 EDN: EYCBQN. (in Russ.).

12. Zhivchikov A. I., Zhivchikova R. I. Possibilities of creating contemporary adaptive assortment of fruit plants in view of the development of the Far East gardening. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2017;3(43):37–44 EDN: ZWLBWX. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 01.11.2023; одобрена после рецензирования 28.11.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 01.11.2023; approved after reviewing 28.11.2023; accepted for publication 05.12.2023.

Информация об авторах

Живчиков Александр Иванович, *кандидат сельскохозяйственных наук, Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки), ginzeng@mail.ru;*

Живчикова Раиса Ивановна, *кандидат сельскохозяйственных наук, Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки), zhivchikova49@mail.ru*

.

Information about the authors

Aleksandr I. Zhivchikov, *Candidat of Agricultural Sciences, Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station (Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ginzeng@mail.ru;*

Raisa I. Zhivchikova, *Candidat of Agricultural Sciences, Primorskaya Fruit and Berry Experimental Station (Branch of Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, zhivchikova49@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 633.853.52:631.824
EDN OBTCPS

Влияние применения магниевых удобрений на биохимический состав семян сои

Ирина Викторовна Куркова[1], Сергей Алексеевич Фокин[2], Павел Викторович Тихончук[3], Ольга Викторовна Щегорец[4]
[1, 2, 3, 4] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] kurkova10@inbox.ru, [2] fok.s.a@mail.ru

Аннотация. Рассмотрены результаты исследований, проведенных в 2021–2022 гг. в условиях южной сельскохозяйственной зоны Амурской области (опытное поле Дальневосточного государственного аграрного университета) по изучению влияния магниевых удобрений на динамику содержания незаменимых и заменимых аминокислот белка в семенах сои. Выявлено, что внесение магниевых удобрений влияет на содержание данных аминокислот в семенах сои. Полевые опыты по эффективности применения магниевых удобрений «АгроМаг Гранулированный» и «АгроМагАктимакс» при возделывании сои были проведены на луговой черноземовидной почве. В качестве объекта исследований были взяты сорт сои Умка и магниевые удобрения производства ООО «Русское горно-химическое общество». Применение «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 90 кг/га и «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 5 л/га повлияло на повышение содержания лизина – 6,8 %. На повышение содержания аргинина и изолейцина оказало влияние применение «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 3 л/га – 8,4 и 3,1 % соответственно. Применение по вегетации «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 5 л/га способствовало изменению содержания гистидина, лейцина и треонина в составе белка – 15,6, 10,1 и 4,5 % соответственно. На повышение содержания в белке фенилаланина оказало применение «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 30 кг/га – 4,9 %.

Ключевые слова: соя, магниевые удобрения, динамика, заменимые и незаменимые аминокислоты, кальций, магний, белок, жир

Для цитирования: Куркова И. В., Фокин С. А., Тихончук П. В., Щегорец О. В. Влияние применения магниевых удобрений на биохимический состав семян сои // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 49–56.

Original article

Effect of the use of magnesium fertilizers on biochemical composition of soybean seeds

Irina V. Kurkova[1], Sergey A. Fokin[2], Pavel V. Tikhonchuk[3], Olga V. Shchegorets[4]
[1, 2, 3, 4] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] kurkova10@inbox.ru, [2] fok.s.a@mail.ru

Abstract. Considers the results of research conducted in 2021–2022 in the conditions of the southern agricultural zone of the Amur region (experimental field of the Far Eastern State Agrarian University) to study the effect of magnesium fertilizers on the dynamics of the content of essential and interchangeable amino acids of protein in soybean seeds. It was revealed that the application of magnesium fertilizers affects the content of these amino acids in soybean seeds. Field experiments on the effectiveness of the use of magnesium fertilizers "AgroMag Granulated" and "AgroMagActimax" in the cultivation of soybeans were held on meadow chernozem soil. The soybean variety of Umka, and magnesium fertilizers produced by LLC "Russian Mining and Chemical Society" were taken as the object of research. The use of "AgroMag Granulated" before sowing at a dose of 90 kg/ha and "AgroMagActimax" in the form of top dressing on a leaf at a dose of 5 l/ha affected the increase in lysine content – 6.8%. The increase in arginine and isoleucine content was influenced by the use of "AgroMagActimax" in the form of leaf dressing at a dose of 3 l/ha – 8.4 and 3.1%, respectively. The use of "AgroMagActimax" in the form of leaf dressing at a dose of 5 l/ha during vegetation contributed to a change in the content of histidine, leucine and threonine in the protein composition – 15.6, 10.1 and 4.5% respectively. The increase in the content of phenylalanine in the protein was influenced by the use of "AgroMag Granulated" before sowing at a dose of 30 kg/ha – 4.9%.

Keywords: soybean, magnesium fertilizers, dynamics, interchangeable and essential amino acids, calcium, magnesium, protein, fat

For citation: Kurkova I. V., Fokin S. A., Tikhonchuk P. V., Shchegorets O. V. The effect of the use of magnesium fertilizers on the biochemical composition of soybean seeds. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:49–56 (in Russ.).

Введение. Соя выступает одной из наиболее распространенных белково-масличных культур на планете. Для России соя – стратегически важная культура, необходимая для экономики страны. Белок сои характеризуется высокой усвояемостью и хорошей растворимостью в воде; содержание в нем незаменимых кислот значительно выше, чем в белке других зернобобовых [1].

В России с каждым годом растет интерес к возделыванию сои. Эту культуру выращивают не только на Дальнем Востоке, в Центрально-Черноземном районе (так называемых традиционных регионах соесеяния), но и в северных областях Нечерноземья, а также на Северном Кавказе и в Поволжье. Площадь сои в России на данный момент равна около 3 млн. га. Но с увеличением посевных площадей культуры возникает много вопросов к технологии возделывания, особенно к подбору минеральных удобрений [2–4].

Растения для нормального роста и развития нуждаются во многих элементах питания. Основными макроэлементами являются азот, фосфор и калий, но не менее важны мезоэлементы: кальций, магний и сера. Магний – важнейший элемент для нормальной жизнедеятельности растений. Входя в состав молекулы хлорофилла, он принимает непосредственное участие в фотосинтезе. Магний обнаружен в составе пектиновых веществ и в составе фитина, который накапливается преимущественно в семенах.

Отмечено преобладающее накопление магния в наиболее жизнедеятельных органах и тканях с повышенным делением и обновлением клеток. В отличие от кальция, магний более подвижен и может повторно использоваться в растениях, передвигаясь из старых листьев в молодые, а после цветения – из листьев в семена, где он концентрируется в зародыше. Резкое увеличение транспорта магния из вегетативных органов к генеративным обычно наблюдают при его недостатке в питательной среде. При высоком содержании магния, когда в растение поступает достаточное или избыточное количество элемента, преимущественное накопление его в генеративных органах часто можно отметить лишь увеличением соотношения величин содержания магния и кальция. Это различие наблюдают как на ранних стадиях развития растений, так и в их генеративной фазе [5–8].

Недостаток магния в питании растений может быть вызван не только низким содержанием элемента в почве, но и проявлением антагонизма с ионами калия и кальция. Данные обстоятельства вызывают активизацию исследований в области изучения режима магния в почве в условиях агрогенеза [9–11].

Семена сои – источники белка, витаминов группы В, макро- и микроэлементов, олигосахаридов, а также фосфолипидов, токоферолов, комплекса полиненасыщенных жирных кислот, фитоэстрогенов. Соя отличается тем, что в составе ее белка незаменимые аминокислоты находятся в большинстве случаев в избытке в сравнении с идеальным белком и только метионин в дефиците [12].

Целью исследований *явилось изучение эффективности магниевых удобрений; определение содержания белка и жира в семенах сои и их аминокислотного состава.*

Материалы и методы исследований. Полевые опыты по эффективности применения магниевых удобрений «АгроМаг Гранулированный» и «АгроМагАктимакс» при возделывании сои на луговой черноземовидной почве закладывались в 2021–2022 гг. на опытном поле Дальневосточного государственного аграрного университета (с. Грибское).

В качестве объекта исследований взяты сорт сои Всероссийского НИИ сои Умка и магниевые удобрения производства ООО «Русское горно-химическое общество». Магниевые удобрения производят под маркой АгроМаг в следующих препаративных формах: гранулы для внесения в почву – «АгроМаг Гранулированный» и жидкая водная суспензия для некорневых подкормок растений – «АгроМагАктимакс».

Закладка полевого опыта осуществлялась по общепринятым методикам. Посев проводился сеялкой СС-11 «Альфа», норма высева 550 тыс. всх. семян на 1 га.

Схема опыта включала семь вариантов в трехкратной повторности:

1. Контроль – без применения удобрений.

2. N_7P_{30} (фон).

3. Фон + «АгроМаг Гранулированный», 15 кг MgO/га.

4. Фон + «АгроМаг Гранулированный», 30 кг MgO/га.

5. Фон + «АгроМаг Гранулированный», 90 кг MgO/га.

6. Фон + «АгромагАктиМакс», подкормка по листу в дозе 3 л/га.

7. Фон + «АгромагАктиМакс», подкормка по листу в дозе 5 л/га.

Внесение аммофоса и «АгроМаг Гранулированный» проводилось весной до посева – вручную, «АгромагАктиМакс» – ранцевым опрыскивателем «Patriot PT 565WF-15» по вегетирующим растениям в фазы четвертого тройчатого листа и начала налива семян. Расход рабочей жидкости – 200 л/га, учетная площадь делянки – 16 м^2.

Биохимический состав соевого зерна определяли с использованием инфракрасного сканера «FOSS NIRSystem 5000» методом спектроскопии в ближней инфракрасной области (800–2 500 нм) на базе Всероссийского научно-исследовательского института сои.

Результаты исследований и их обсуждение. Белок в составе сои варьируется от 32 до 42 %, что зависит от разнообразия и состояния развития растения. Для того чтобы увеличить производство белка сои, нужно повысить урожайность культуры. Высокая урожайность семян сои и их биохимический состав напрямую зависят от процессов обмена веществ, что обусловлено питанием растений [13, 14].

В таблице 1 приведены некоторые показатели биохимического состава семян, таких как белок и жир.

Содержание белка в семенах сои изменялось от 37,1 % на контроле без применения удобрений до 40,0 % при применении «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 15 кг/га. На вариантах с применением «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу отмечено снижение данного показателя по сравнению с контрольным и фоновым вариантом. По содержанию жира максимальное значение отмечено на варианте с применением «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 90 кг/га – 22,0 %, что выше относительно контрольного варианта на 3,6 % и фона на 3,4 %.

Особо важное значение имеет содержание в белке незаменимых аминокислот, которые не вырабатываются в организме человека и животных, и должны поступать в организм с продуктами питания и кормами. Их дефицит в пище приводит к задержке роста и развития, возникновению ряда других нарушений функционирования организма [11, 15].

Таблица 1 – Содержание белка в семенах сои в зависимости от применения магниевых удобрений (среднее за 2021–2022 гг.)

Table 1 – Protein content in soybean seeds depending on the use of magnesium fertilizers (average for 2021–2022)

В процентах (in percent)

Вариант	Белок	Жир
Контроль без применения удобрений	37,1	18,4
N_7P_{30} (фон)	38,2*	18,6
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 15 кг MgO/га	40,0*	19,0*
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 30 кг MgO/га	39,6*	19,7*
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 90 кг MgO/га	39,0*	22,0*
Фон + «АгроМагАктимакс», подкормка по листу в дозе 3 л/га	37,3	21,3*
Фон + «АгроМагАктимакс», подкормка по листу в дозе 5 л/га	37,4	20,4*
$НСР_{05}$	0,4	0,5

* Достоверные отклонения от контрольного варианта.

Таблица 2 – Аминокислотный состав семян сои в зависимости от применения магниевых удобрений, среднее за 2021–2022 гг.

Table 2 – Amino acid composition of soybean seeds depending on the use of magnesium fertilizers, average for 2021–2022

Вариант	Незаменимые аминокислоты, процентов от общего содержания протеина									Сумма
	лизо	арг	гист	фен	лей	изо	вал	тре	мет	
Контроль без применения удобрений	6,7	7,6	12,0	4,7	9,6	2,7	9,7	4,4	1,3	58,7
N_7P_{30} (фон)	6,6	7,5	13,4	4,8*	9,6	2,5	9,1	4,2	1,2	58,9
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 15 кг MgO/га	6,5	7,2	12,8	4,8*	9,4	2,4	8,6	4,1	1,3	56,9
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 30 кг MgO/га	6,6	7,7	12,4	4,9*	9,1	3,0	7,8	4,0	1,2	56,7
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 90 кг MgO/га	6,8	8,0	12,8	4,8*	9,7	2,9	8,6	4,4	1,2	59,2
Фон + «АгроМаг Актимакс», подкормка по листу в дозе 3 л/га	6,7	8,4*	14,9*	4,8*	10,0	3,1	8,8	4,4	1,2	62,2
Фон + «АгроМаг Актимакс», подкормка по листу в дозе 5 л/га	6,8	8,1	15,6*	4,8*	10,1	2,9	8,7	4,5	1,2	62,5
$НСР_{05}$	0,3	0,6	2,4	0,1	0,9	0,9	1,6	0,3	0,1	–

Примечания: лизо – лизин; арг – аргинин; гист – гистидин; фен – фенилаланин; лей – лейцин; изо – изолейцин; вал – валин; тре – треонин; мет – метионин.

* Достоверные отклонения от контрольного варианта.

Применение «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 90 кг/га и «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 5 л/га повлияло на повышение содержания лизина – 6,8 % (табл. 2).

На повышение содержания аргинина и изолейцина оказало влияние применение «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 3 л/га – 8,4 и 3,1 % соответственно.

Применение «АгроМагАктимакс» по вегетации в виде подкормки по листу в дозе 5 л/га способствовало изменению содержания гистидина, лейцина и треонина в составе белка – 15,6; 10,1 и 4,5 % соответственно.

На повышение содержания в белке фенилаланина оказало применение «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 30 кг/га – 4,9 %. На содержание аминокислот валина и метионина не одно из изучаемых удобрений не повлияло.

В состав белка сои входит шесть заменимых кислот: аланин, пролин, глютамин, аспарагин, серин и тирозин. При оценке состава заменимых аминокислот установлено, что магниевые удобрения незначительно повлияли на их содержание (табл. 3).

На содержание заменимых аминокислот белка аланина и глютамина повлияло применение магниевого удобрения «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 30 кг/га – 8,7 и 12,8 % соответственно.

Применение «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозах равных 3 и 5 л/га максимально повлияло на содержание пролина – 6,4 %. На изменение аспарагина и тирозина повлияло применение «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу вегетирующих растений сои в дозе 5 л/га – 13,5 и 6,3 %. На содержание серина повлияло применение до посева «АгроМаг Гранулированный» (15 кг/га) – 5,2 %.

Таким образом, применение магниевых удобрений «АгроМаг Гранулированный» до посева и «АгроМагАктимакс» по

Таблица 3 – Содержание заменимых аминокислот в семенах сои после применения магниевых удобрений, среднее за 2021–2022 гг.

Table 3 – Content of interchangeable amino acids in soybean seeds after the use of magnesium fertilizers, average for 2021–2022

Вариант	Заменимые аминокислоты, процентов от общего содержания протеина						Сумма
	ала	про	глю	асп	сер	тир	
Контроль без применения удобрений	8,5	6,3	11,8	13,2	5,0	6,0	50,8
N_7P_{30} (фон)	8,6	6,3	12,3*	13,1	5,1	5,9	51,2
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 15 кг MgO/га	8,6	6,2	12,5*	13,0	5,2	5,7	51,2
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 30 кг MgO/га	8,7*	6,2	12,8*	12,6	5,0	5,3	50,4
Фон + «АгроМаг Гранулированный», 90 кг MgO/га	8,6	6,3	12,2*	13,0	5,0	5,9	51,1
Фон + «АгроМаг Актимакс», подкормка по листу в дозе 3 л/га	8,5	6,4	11,5	13,4	5,0	6,2	51,0
фон + «АгроМаг Актимакс», подкормка по листу в дозе 5 л/га	8,5	6,4	11,7	13,5	5,1	6,3	51,5
$НСР_{05}$	0,2	0,2	0,3	0,8	1,0	1,0	–

Примечания: ала – аланин; про – пролин; глю – глютамин; асп – аспарагин; сер – серин; тир – тирозин.
* Достоверные отклонения от контрольного варианта.

листу способствовали изменению содержания заменимых и незаменимых аминокислот белка сои.

Заключение. Семена сои имеют богатый и качественный состав. Особенности их биохимического состава определяют качество урожая. В результате проведенных исследований установлено влияние магниевых удобрений на содержание в семенах белка и жира, незаменимых и заменимых аминокислот белка сои.

Максимальное содержание белка в семенах отмечено на варианте с применением «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 15 кг/га – 40,0 %, а по содержанию жира с применением «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 90 кг/га – 22,0 %.

Применение «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 90 кг/га и «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 5 л/га совместно повлияло на повышение содержания лизина. На повышение содержания аргинина и изолейцина оказало влияние применение «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 3 л/га. Применение по вегетации «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу в дозе 5 л/га способствовало изменению содержания гистидина, лейцина, аспарагина, треонина и тирозина в составе белка. На повышение содержания в белке фенилаланина, глютамина и аланина оказало применение «АгроМаг Гранулированный» до посева в дозе 30 кг/га.

Применение «АгроМагАктимакс» в виде подкормки по листу (3 и 5 л/га) максимально повлияло на содержание пролина. На содержание серина повлияло применение до посева «АгроМаг Гранулированный» в дозе 15 кг/га. Ни одно из изучаемых удобрений не повлияло на содержание аминокислот белка сои валина и метионина.

Список источников

1. Куликова Е. Г., Корягин Ю. В., Бурцева Е. А., Маслов А. А. Формирование продуктивности сои под влиянием микробиологических удобрений // Сурский вестник. 2022. № 1 (17). С. 22–25. DOI: 10.36461/2619-1202_2022_01_005.

2. Юркова Р. Е., Докучаева Л. М. Влияние минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность сои на лугово-черноземных почвах Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 206–220. DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-206-220.

3. Ёрматова Д. Е., Рахимова Х. М., Ибрагимова С. У. Рост и развитие сои при совместном внесении азотных удобрений с инокуляцией // Молодой ученый. 2018. № 17 (203). С. 148–150.

4. Муравьев А. А., Демидова А. Г. Урожай и качество семян сортов сои в лесостепи ЦЧР на разноудобренных фонах // Земледелие. 2018. № 3. С. 22–25. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10304.

5. Тихомирова В. Я. Влияние свойств почв, удобрений, извести и погодных условий на обеспеченность магнием сельскохозяйственных растений // Агрохимия. 2011. № 5. С. 84–89.

6. Аканова Н. И., Козлова А. В., Фокин С. А., Солнцев П. И. Изучение эффективности магниевых удобрений на основе молотого брусита при возделывании сои // Агрохимический вестник. 2022. № 5. С. 12–15. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-5-003.

7. Аканова Н. И., Козлова А. В., Фокин С. А., Солнцев П. И. Эффективность применения магниевых удобрений при возделывании сои на различных типах почв // Плодородие. 2022. № 5 (128). С. 55–60. DOI 10.25680/S19948603.2022.128.14.

8. Фокин С. А. Влияние применения некорневых подкормок магниевым удобрением «АгроМагАктимакс» на продуктивность сои // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 311–318. DOI: 10.22450/9785964205456_1_40.

9. Шеуджен А. Х., Бондарева Т. Н., Онищенко Л. Н. Содержание и формы соединений магния в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 112. С. 1722–1732.

10. Давиденко Е. К., Быкова С. Ф. Особенности биохимического состава семян высокобелковых сортов сои // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института жиров. 2017. № 1–2. С. 12–14. doi: 10.25812/VNIIG.2017.2017.19516.

11. Кобозева Т. П., Делаев У. А., Зузиев У. Г., Шишхаев И. Я., Салманов М. М. Фракционный и аминокислотный состав белка семян сортов сои разных экотипов // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 280–286. EDN ZYHEEZ.

12. Дыжина А. А., Жужукин В. И. Оценка биохимического состава семян сои в Нижнем Поволжье // Вавиловские чтения-2022 : материалы междунар. науч.-практ. конф. Саратов : Амирит, 2022. С. 84–86. EDN DJWNTP.

13. Биймырсаева А. К., Содомбеков И. С. История возделывания сои (*Glycine max.*) в Кыргызстане // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. 2022. № 8. С. 70–73. DOI: 10.26104/NNTIK.2022.70.71.016.

14. Биймырсаева А. К., Содомбеков И. С. Некоторые показатели биохимического состава семян сои (*Glycinemax.*), выращенной в условиях Чуйской долины // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2023. № 3. С. 16–19. DOI: 10.17513/mjpfi.13515.

15. Петибская В. С. Соя: химический состав и использование. Майкоп : Полиграф-Юг, 2012. 432 с.

References

1. Kulikova E. G., Koryagin Yu. V., Burtseva E. A., Maslov A. A. Formation of soybean productivity under the influence of microbiological fertilizers. *Surskiy vestnik,* 2022;1:22–25 (in Russ.). DOI: 10.36461/2619-1202_2022_01_005.

2. Yurkova R. E., Dokuchaeva L. M. Influence of mineral fertilizers on the growth, development and productivity of soybeans on meadow-chernozem soils of the Rostov region. *Melioratsiya i gidrotekhnika = Land Reclamation and Hydraulic Engineering,* 2021;(13):206–220 (in Russ.). DOI: 10.31774/2712-9357-2021-11-3-206–220.

3. Yormatova D. E., Rakhimova H. M., Ibragimova S. U. Growth and development of soybean with the joint application of nitrogen fertilizers with inoculation. *Molodoi uchenyi,* 2018;17(203):148–150 (in Russ.).

4. Muravyov A. A., Demidova A. G. Yield and quality of seeds of soybean varieties in the forest-steppe of the Central Chernozem Region on mixed-fertilized backgrounds. *Zemledelie,* 2018;3:22–25 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10304.

5. Tikhomirova V. Ya. Influence of soilproperties, fertilizers, lime and weather conditions on magnesium supply of agricultural plants. *Agrokhimiya,* 2011;5:84–89 (in Russ.).

6. Akanova N. I., Kozlova A. V., Fokin S. A., Solntsev P. I. Study of the effectiveness of magnesium fertilizers based on ground brucite in soybean cultivation. *Agrokhimicheskii vestnik,* 2022;5:12–15 (in Russ.). DOI: 10.24412/1029-2551-2022-5-003.

7. Akanova N. I., Kozlova A. V., Fokin S. A., Solntsev P. I. The effectiveness of the use of magnesium fertilizers in the cultivation of soybeans on various types of soil. *Plodorodiye,* 2022;5:55–60 (in Russ.). DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.14.

8. Fokin S. A. Influence of the use of foliar fertilizing with magnesium fertilizer "AgroMagAktimax" on soybean productivity. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and development prospects: *Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya.* (PP. 311–318), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022 (in Russ.). DOI: 10.22450/9785964205456_1_40.

9. Sheudzhen A. Kh., Bondareva T. N., Onishchenko L. N. The content and forms of magnesium compounds in the leached chernozem of the Western Ciscaucasia under conditions of agrogenesis. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2015;112:2 (in Russ.).

10. Davidenko E. K., Bykova S. F. Features of the biochemical composition of seeds of high-protein soybean varieties. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo institute zhirov,* 2017;1–2:12–14 (in Russ.). DOI: 10.25812/VNIIG.2017.2017.19516.

11. Kobozeva T. P., Delayev U. A., Zuziyev U. G., Shishkhayev I. Ya., Salmanov M. M. Fractional and amino acid composition of protein in seeds of soybean varieties of different ecotypes. *Problemy razvitiya APK regiona,* 2019;2:280–286. EDN ZYHEEZ (in Russ.).

12. Dyzhina A. A., Zhuzhukin V. I. Assessment of the biochemical composition of soybean seeds in the Lower Volga region. Proceedings from Vavilov Readings-2022: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya.* (PP. 84–86), Saratov, Amirit, 2022 (in Russ.). EDN DJWNTP.

13. Biymyrsayeva A. K., Sodombekov I. S. History of soybean (*Glycine max.*) cultivation in Kyrgyzstan. *Nauka, novye tekhnologii i innovatsii Kyrgyzstana,* 2022;8:70–73 (in Russ.). DOI: 10.26104/NNTIK.2022.70.71.016.

14. Biymyrsayeva A. K., Sodombekov I. S. Some indicators of the biochemical composition of soybean seeds (Glycine max.) grown in the conditions of the Chui Valley. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nyk hissledovaniy,* 2023;3:16–19 (in Russ.). DOI: 10.17513/mjpfi.13515.

15. Petibskaya V. S. *Soybean: chemical composition and use,* Maykop, Poligraf-Yug, 2012, 432 p. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 19.09.2023; одобрена после рецензирования 31.10.2023; принята к публикации 20.11.2023.

The article was submitted 19.09.2023; approved after reviewing 31.10.2023; accepted for publication 20.11.2023.

Информация об авторах

Куркова Ирина Викторовна, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, kurkova10@inbox.ru;*

Фокин Сергей Алексеевич, *кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, fok.s.a@mail.ru;*

Тихончук Павел Викторович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет;*

Щегорец Ольга Викторовна, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет*

Information about authors

Irina V. Kurkova, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, kurkova10@inbox.ru;*

Sergey A. Fokin, *Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, fok.s.a@mail.ru;*

Pavel V. Tikhonchuk, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University;*

Olga V. Shchegorets, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 633.853.52:631.5:631.559(571.63)
EDN ODYDYC

Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян сои сорта Бриз в условиях Приморского края

Роман Витальевич Тимошинов[1], Елена Жоржевна Кушаева[2], Александр Алексеевич Дубков[3], Оксана Анатольевна Тимошинова[4], Алексей Григорьевич Клыков[5]
[1, 2, 3, 4, 5] Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, Приморский край, Тимирязевский, Россия, fe.smc_rf@mail.ru

Аннотация. Совершенствование элементов технологии выращивания сои для получения высокой и устойчивой урожайности является актуальной задачей АПК России. Приведены результаты исследований за 2021–2022 гг. по влиянию отдельных элементов возделывания на урожайность сои в условиях муссонного климата Приморского края. Цель исследований – установить влияние норм высева и способов посева на формирование урожайности сорта сои Бриз. Объектом исследований являлся новый районированный среднеспелый сорт сои Бриз селекции Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки. Схема двухфакторного опыта включала варианты: контроль; фактор А – способы посева сои на 15 и 30 см; фактор В – нормы высева 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 650 и 700 тыс. всхожих семян на гектар. В результате исследований установлено, что в условиях Приморского края высокая урожайность сорта сои Бриз (3,0–3,2 т/га) получена как при рядовом способе посева на 15 см, так и при черезрядном способе посева с междурядьем 30 см с нормой высева 350 тыс. всхожих семян на гектар.

Ключевые слова: соя, сорт, урожайность, масса 1 000 семян, норма высева, способ посева, белок, жир, хлорофилл

Для цитирования: Тимошинов Р. В., Кушаева Е. Ж., Дубков А. А., Тимошинова О. А., Клыков А. Г. Влияние норм высева и способов посева на урожайность и качество семян сои сорта Бриз в условиях Приморского края // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 57–67.

Original article

Influence of the seeding rate and seeding methods on the yield and quality of soybean variety Briz under conditions of Primorsky krai

Roman V. Timoshinov[1], Elena Zh. Kushaeva[2], Aleksandr A. Dubkov[3], Oksana A. Timoshinova[4], Aleksei G. Klykov[5]
[1, 2, 3, 4, 5] Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Primorsky krai, Timiryazevsky, Russia, fe.smc_rf@mail.ru

Abstract. Improving technologies of soybean cultivation for the achievement of high and stable yield is a topical issue for the agro-industrial complex of Russia. The paper presents the results of a study on the influence of certain cultivation aspects on soybean yield under the monsoon conditions of Primorsky kray. The research goal was to determine the influence of the seeding rate and seeding methods on the yield of soybean variety Briz. The research object was new released mid-season soybean variety Briz created by Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika. The plan of our two-factor experiment included the following variants: control; factor A (seeding method) – planting in rows at 15 or 30 cm spacing; factor B (seeding rate) – planting 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600; 650 and 700 thousand seeds per hectare. The research established that the highest yield of soybean variety Briz (3.0–3.2 t/ha) was achieved by row planting with 15 cm spacing and by skip row planting with 30 cm spacing and a seeding rate of 350 thousand seeds per hectare.

Keywords: soybean, variety, yield, weight of 1,000 seeds, seeding rate, seeding method, protein, oil, chlorophyll

For citation: Timoshinov R. V., Kushaeva E. Zh., Dubkov A. A., Timoshinova O. A., Klykov A. G. Influence of the seeding rate and seeding methods on the yield and quality of soybean variety Briz under the conditions of Primorsky krai. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:57–67 (in Russ.).

Введение. Соя является одной из важнейших белково-масличных культур в мире [1, 2]. За период 2012–2022 гг. посевные площади под соей в России увеличились в 1,6 раза. В Дальневосточном и Центральном федеральных округах находится наибольшая их часть – 44 и 36 % площадей посева соответственно [3, 4]. Однако, из-за биологических особенностей сои, отмечаются существенные колебания урожайности по годам [5]. Она остается на относительно низком уровне (1,6 т/га) [6].

Получение высоких и стабильных показателей урожайности обеспечивается правильным подбором сортов [7], оптимизацией условий выращивания (и прежде всего нормы высева семян и эффективного ухода за посевами культуры конкретного региона) [8, 9]. При этом правильный подбор норм высева оказывает более существенное влияние на урожайность сои по сравнению с посевом различным способом [10]. В то же время ряд исследователей рекомендуют применять широкорядный посев сои для получения максимальной продуктивности [11]. Другие считают наиболее эффективным рядовой способ посева сои [12, 13].

Оптимальное распределение растений сои на площади позволяет снизить конкуренцию, обеспечивает равный доступ к питанию, влаге, солнечному свету и влияет на формирование показателей элементов структуры урожая [14, 15]. А качество зерна в значительной степени зависит от погодных условий, особенно в фазу формирования бобов и созревания семян сои [16].

В Приморском крае отмечается неравномерное выпадение осадков в вегетационный период сои, кратковременное понижение температуры воздуха в конце мая – начале июня, которое способствует затягиванию появления всходов, обуславливая их неравномерность. Негативно отражается на урожайности избыточное переувлажнение почвы в период цветения и налива бобов растений, которые не формируют полноценную продуктивную завязь бобов. Тем не менее, в целом почвенно-климатические условия региона делают возможным получение стабильного урожая зерна сои высокого качества. В связи с этим исследования, направленные на совершенствование элементов технологии производства сои, являются весьма актуальными.

Цель работы – *определить влияние норм высева и способа посева на формирование элементов структуры урожая и качество зерна сои сорта Бриз в условиях Приморского края.*

Материалы и методы исследований. Исследования проведены в 2021–2022 гг. на опытных полях Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки. Почва опытного участка лугово-бурая отбеленная (агротемногумусовый подбел типичный) [17].

Реакция почвенной среды слабокислая (pH_{KCl} 5,3). При этом отмечена повышенная обеспеченность почвы подвижным фосфором (37 мг/кг) и обменным калием (127 мг/кг). Содержание органического вещества (гумус) низкое и составляет 3,0 %. Однако почва по коэффициенту оптимальности (равен 0,80) является сбалансированной по важнейшим агрохимическим свойствам.

Предшественник – яровая мягкая пшеница. Опыт заложен в трехкратной повторности, учетная площадь делянки равна 20 м^2, расположение делянок – систематическое.

Схема опыта включала следующие варианты:

контроль;

фактор А – способ посева на 15 см и черезрядный посев на 30 см;

фактор В – нормы высева: 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650 и 700 тыс. шт. всхожих семян на гектар.

Посев проводили в III декаде мая навесной сеялкой СН-16. Подготовка почвы и уход за посевами осуществлялись в соответствии с общепринятой системой земледелия в Приморском крае.

Объект исследования – районированный среднеспелый сорт сои Бриз, масса одной тысячи семян – 185–195 г. Высота растений – 82–86 см, высота прикрепления нижнего боба – 14,0–17,1 см. Содержание белка в семенах достигает 39,6–42,9 %, жира – 18,4–21,4 %.

Закладка опыта, проведение наблюдений и обработка полученных данных статистического анализа были выполнены согласно методическим указаниям [18]. Уборка урожая осуществлялась комбайном и сопровождалась отбором пробных снопов с последующим обмолотом во второй декаде октября комбайном Сампо-130 с перерасчетом на стандартную влажность (14 %) и 100-процентную чистоту.

В период начала бобообразования сои в листьях определяли общее содержание хлорофилла с помощью прибора afLEAF CHL PLUS chlorophyll meter производства США с дальнейшим преобразованием в единицы SPAD.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ сложившихся погодных условий за период проведения исследований показал, что по температурному режиму не выявлено значительных различий со среднемноголетними значениями, а по влагообеспеченности они существенно отличались. Так, в 2021 г. среднемесячная температура воздуха была выше среднемноголетней (в июне на 11,3 %, июле на 18,4 %, августе на 6,2 %), а количество осадков оказалось почти в полтора раза меньше среднемноголетних значений.

В 2022 г. среднемесячная температура воздуха была на уровне среднемноголетних значений. При этом вторая декада июля характеризовалась избыточными осадками, превышающими среднемноголетние показатели в 4,3 раза. В июне и июле их выпало 117,7 и 214,0 мм, что на 36,7 и 124,0 мм выше среднемноголетних значений. Количество осадков в августе, сентябре и октябре также было выше среднемноголетних показателей на 15,7, 4,8 и 11,1 мм.

Регулирование формирования структуры урожая возможно путем изменения густоты стояния растений в посевах сои. В наших опытах при изменении плотности посева в среднем за два года исследований высота растений сои сорта Бриз варьировала от 40 до 65 см. Максимальной она была при черезрядном способе посева на 30–65 см с нормой высева, составляющей 350 и 450 тыс. шт. всхожих семян на 1 га.

Важное значение для сои имеет высота прикрепления нижних бобов, как показатель технологичности сорта. Чем ниже закладываются бобы на растении от поверхности почвы, тем выше потери зерна при уборке, которые могут достигать 20 % от биологической продуктивности. По вариантам опыта не выявлено существенных различий по данному показателю. В среднем высота прикрепления нижнего боба сои составила 10–13 см (табл. 1).

Количество бобов на растении и семян в бобе является одним из основных признаков, влияющих на продуктивность сои. Изменением площади питания растений возможно регулировать данный показатель. Наибольшее количество бобов у сорта сои Бриз (38 шт.) отмечено при густоте стояния растений 450 тыс. шт./га с междурядьями шириной 15 и 30 см. Выявлено, что независимо от способа посева сои, увеличение густоты стояния растений более 450 тыс. шт./га приводит к снижению данного показателя. Наибольшая продуктивность одного растения и соответственно число семян с одного растения (122 шт.) получены при черезрядном способе посева на 30 см с нормой высева равной 450 тыс. шт. всхожих семян на 1 га.

Известно, что выполненность семян характеризует масса 1 000 семян. Наиболее высокая масса 1 000 семян получена при черезрядном способе посева на 30 см с нормой высева 350 тыс. шт. всхожих семян на 1 га – 184 г, а при посеве рядовым способом на 15 см с нормой высева 350–400 тыс. шт. всхожих семян на 1 га – 180 г.

Хлорофилл является главным компонентом в фотосинтетическом комплексе. Это зеленый пигмент растений, который играет ведущую роль в процессе фотосинтеза и служит важным фактором

Таблица 1 – Влияние способов посева и нормы высева на элементы структуры урожая сои сорта Бриз, среднее за 2021–2022 гг.

Table 1 – The influence of sowing methods and seeding rates on the elements of the structure of the soybean crop of the Breeze variety, average for 2021–2022

Норма высева, тыс. шт. всхожих семян на 1 га (*фактор А*)	Высота, см		Количество бобов на 1 растение, шт.	Количество семян с 1 растения, шт.	Масса 1 000 семян, г
	растения	прикрепления нижнего боба			
Рядовой посев с междурядьем 15 см					
300	43	11	26	70	154
350	52	13	33	86	180
400	54	13	31	97	180
450	54	13	38	96	174
500 (контроль)	46	12	27	72	152
550	45	12	26	65	168
600	43	10	22	54	170
650	40	10	18	41	157
700	46	11	20	50	165
Черезрядный посев с междурядьем 30 см					
300	54	12	29	76	169
350	65	13	32	104	184
400	63	13	35	104	181
450	65	13	38	122	178
500 (контроль)	49	12	25	80	171
550	48	11	27	90	169
600	51	12	26	72	169
650	51	11	26	73	172
700	50	12	22	70	174
Фактор А $НСР_{05}$	4,0	0,6	2,0	11,0	4,0
Фактор В $НСР_{05}$	6,8	0,8	2,4	12,8	6,0
Фактор АВ $НСР_{05}$	10,8	1,4	4,4	23,8	10,0

метаболизма растительного организма в целом [19].

Содержание хлорофилла является важным показателем фотосинтетической продуктивности растений, характеризующей размеры ассимиляционного аппарата. Размер и продолжительность работы ассимиляционного аппарата играют важную роль в формировании урожая, при этом существенное значение имеет активность фотосинтетических процессов [20, 21].

Установлено, что общее содержание хлорофилла варьировало в пределах от 0,0266 до 0,0296 мг/см². Исследования показали, что максимальное содержание хлорофилла наблюдалось в вариантах с густотой стояния 350-450 тыс. шт. растений как при посеве рядовым способом на 15 см, так и при увеличении междурядий до 30 см – 0,0267–0,0310 мг/см² (табл. 2).

Для увеличения урожайности сортов сои главное значение имеет не только подбор наиболее устойчивой адаптивности к изменяющимся условиям произрастания, но и применение специфических приемов возделывания с учетом биологических особенностей растений [22].

Урожайность – важнейший показатель оценки приемов возделывания растений. Среди технических приемов, вли-

Таблица 2 – Общее содержание хлорофилла в листьях сои сорта Бриз, 2021–2022 гг.

Table 2 – Total chlorophyll content in the leaves of soybean of the Breeze variety, for 2021–2022

Норма высева, тыс. шт. всхожих семян на 1 га	Содержание хлорофилла		
	AtLeaf+	SPAD	абсолютное содержание, мг/см^2
Рядовой посев с междурядьем 15 см			
300	39,3	28,8	0,0233
350	44,3	33,1	0,0296
400	42,4	31,8	0,0266
450	45,2	32,7	0,0287
500 (контроль)	38,0	27,6	0,0219
550	40,7	30,2	0,0252
600	37,6	27,2	0,0214
650	32,3	31,8	0,0229
700	38,6	28,1	0,0225
В среднем по опыту	39,8	30,1	0,0247
Черезрядный посев с междурядьем 30 см			
300	41,3	30,8	0,0258
350	45,4	34,8	0,0310
400	42,0	31,5	0,0267
450	42,0	31,5	0,0267
500 (контроль)	41,5	30,9	0,0261
550	41,3	30,8	0,0260
600	39,3	28,8	0,0234
650	38,8	28,3	0,0228
700	40,6	30,0	0,0249
В среднем по опыту	41,4	30,8	0,0259

яющих на формирование урожайности, основными являются оптимальная плотность стеблестоя и способ посева [10].

В результате проведенных исследований выявлены существенные изменения урожайности в зависимости от плотности стеблестоя. Высокая урожайность сои сорта Бриз отмечена при рядовом посеве на 15 см с нормой высева 350 и 450 тыс. шт. всхожих семян на 1 га – 3,0 т/га (что выше контроля на 25 %).

При черезрядном посеве на 30 см наилучшая урожайность отмечена при норме высева 350 тыс. всхожих семян на 1 га – 3,2 т/га (табл. 3).

Важным показателем качества зерна сои является содержание белка и масла (табл. 4).

В 2021 г. наибольшее содержание белка отмечено при рядовом способе посева на 15 см с густотой стояния растений 600 тыс. шт. и черезрядном посеве (550–600 тыс. шт.). При этом в среднем по опыту количество белка было достаточно высоким 40,3–40,5 %.

Однако в сложившихся условиях 2022 г. в среднем по опыту наблюдалось снижение белка на 0,7–1,3 %, а максимальная величина этого признака зафиксирована при посеве на 15 см с нормой высева 600 тыс. шт./га (38,6 %) и черезрядном на 30 см при норме высева 450 тыс. шт./га.

Выявлено, что черезрядный посев на 30 см способствовал повышению белка, по сравнению с рядовым посевом, в среднем на 1,1 %. Обнаружена обратная пропорциональная зависимость по жиру – при увеличении ширины междурядья происходит снижение жира на 0,3 %.

Заключение. *В ходе проведенного эксперимента установлено, что в условиях Приморского края среднеспелый сорт*

Таблица 3 – Влияние способа посева и норм высева на урожайность сои сорта Бриз, 2021–2022 гг.

Table 3 – The effect of the sowing method and seeding rates on the yield of soybeans of the Breeze variety, 2021–2022

Норма высева, тыс. шт. всхожих семян на 1 га	Урожайность, т/га			Прибавка к контролю	
	2021 г.	2022 г.	средняя	т/га	%
Рядовой посев с междурядьем 15 см					
300	2,6	2,4	2,5	0,1	104
350	3,0	3,0	3,0	0,6	125
400	2,9	2,7	2,8	0,4	117
450	3,2	2,8	3,0	0,6	125
500 (контроль)	2,5	2,3	2,4	–	–
550	2,2	2,2	2,2	–0,2	92
600	2,4	2,0	2,2	–0,2	92
650	2,5	2,5	2,5	0,1	104
700	2,5	2,0	2,2	–0,2	92
В среднем по опыту	2,6	2,4	–	–	–
Фактор А $НСР_{05}$	0,2	0,4	–	–	–
Фактор В $НСР_{05}$	0,4	0,3	–	–	–
Фактор АВ $НСР_{05}$	0,6	0,5	–	–	–
Черезрядный посев с междурядьем 30 см					
300	2,5	2,6	2,5	0,1	104
350	3,0	3,4	3,2	0,8	133
400	3,0	2,7	2,8	0,4	117
450	3,3	2,8	3,0	0,6	125
500 (контроль)	2,5	2,3	2,4	–	–
550	2,6	2,7	2,6	0,2	108
600	2,6	2,5	2,5	0,1	104
650	2,6	2,4	2,5	0,1	104
700	2,5	2,6	2,5	0,1	104
В среднем по опыту	2,7	2,7	–	–	–
Фактор А $НСР_{05}$	0,2	0,4	–	–	–
Фактор В $НСР_{05}$	0,5	0,3	–	–	–
Фактор АВ $НСР_{05}$	0,5	0,7	–	–	–

сои Бриз рекомендуется высевать как рядовым способом посева на 15 см, так и черезрядным на 30 см с нормой высева 350–450 тыс. всхожих семян на 1 га.

При этом черезрядный посев способствовал увеличению белка по сравнению с рядовым посевом в среднем на 1,1 %.

Наибольшее содержание хлорофилла 0,0266-0,0296 мг/см^2 наблюдалось в вариантах с нормой высева, составляющей 350–450 тыс. всхожих семян, как при посеве рядовым способом на 15 см, так и при увеличении междурядий до 30 см – 0,0267–0,0310 мг/см^2.

Таблица 4 – Содержание белка и жира в зерне сои, 2021–2022 гг.
Table 4 – Protein and fat content in soy grain, 2021–2022

В процентах (in percent)

Норма высева, тыс. всхожих семян на 1 га	Белок			Жир		
	2021 г.	2022 г.	среднее	2021 г.	2022 г.	среднее
Рядовой посев с междурядьем 15 см						
300	40,1	38,4	39,2	22,2	22,4	22,3
350	40,5	37,3	38,9	22,2	22,8	22,5
400	40,1	37,4	38,7	22,4	22,9	22,6
450	40,4	36,7	38,5	22,3	23,0	22,6
500 (контроль)	39,8	37,1	38,4	22,3	22,9	22,6
550	40,4	38,3	39,3	22,1	22,6	22,3
600	41,0	38,6	39,8	21,9	22,5	22,2
650	39,4	38,3	38,8	22,4	22,5	22,4
700	40,3	38,5	39,4	22,3	22,4	22,3
В среднем по опыту	40,3	37,8	39,0	22,2	22,7	22,4
Черезрядный посев с междурядьем 30 см						
300	40,1	39,5	39,8	22,4	22,0	22,2
350	40,3	39,9	40,1	22,5	22,2	22,3
400	40,3	39,4	39,8	22,4	22,2	22,3
450	40,3	40,6	40,4	22,0	22,2	22,1
500 (контроль)	40,4	39,8	40,1	22,0	22,2	22,1
550	41,5	39,9	40,7	21,7	22,2	21,9
600	41,3	40,2	40,7	21,6	21,8	21,7
650	40,7	39,8	40,2	22,1	22,0	22,0
700	40,1	39,2	39,6	22,5	22,2	22,3
В среднем по опыту	40,5	39,8	40,1	22,1	22,1	22,1

Список источников

1. Балакай Г. Т., Бабичев А. Н., Селицкий С. А. Особенности роста и развития сортов сои при возделывании на орошаемых землях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 3. С. 158–175. DOI: https://doi.org/10.31774/ 2712-9357-2022-12-3-158-175.

2. Толоконников В. В., Медведева Л. Н., Кошкарова Т. С., Оноприенко Ю. Г. Селекция отзывчивых на орошение сортов сои с обоснованием экономической значимости для национальной экономики // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 68–79. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-06.

3. Коледа К. В., Дудук А. А., Брукиш Д. А., Бояр Д. М., Витковский Г. В., Емельянова В. Н. [и др.]. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур : рекомендации. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2010. 340 с.

4. Миленко О. Г. Продуктивность агрофитоценоза сои в зависимости от сорта, норм высева семян и способов ухода за посевами // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 1 (21). С. 50–57.

5. Акулов А. С., Васильчиков А. Г. Адаптивная технология возделывания сои // Зерновые и крупяные культуры. 2014. № 4 (12). С. 108–113.

6. Толоконников В. В., Вронская Л. В., Кошкарова Т. С. Влияние норм посева на продуктивность сои с различными сроками созревания в условиях орошения // Орошаемое земледелие. 2022. № 3 (38). С. 21–24. DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-3.

7. Тимошинов Р. В., Бабинец Л. Е., Кушаева Е. Ж., Дубков А. А., Клыков А. Г. Влияние агротехнических приемов и плодородия почвы на урожайность сои сорта Муссон в условиях Приморского края // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2020. № 4. С. 67–73. DOI: 10.3702/08697698.2020.212.4.011.

8. Марчук Л. Е., Пискунов К. С., Кушаева Е. Ж., Дубков А. А., Тимошинов Р. В. Влияние плодородия почвы на урожайность сои сорта Муссон в условиях Приморского края // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока : материалы IV нац. (всерос.) науч.-практ. конф. Уссурийск, 2020. С. 106–117.

9. Митанова Н. Б., Пешкова А. А., Поморцев А. В., Дорофеев Н. В. Оптимизация нормы высева семян сои для выращивания ее в лесостепи Иркутской области // Масличные культуры. 2014. № 1 (157–158). С. 69–73.

10. Гретченко А. Е., Мезенцева Ю. О., Михайлова М. П., Рафальский С. В. Формирование урожайности сои сорта Китросса в зависимости от густоты посева // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2021. № 7. С. 50–58.

11. Хадарова И. В., Филиппова С. В., Елисеева Л. В. Продуктивность сои в зависимости от способов и норм высева в условиях Чувашской республики // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 13–17.

12. Синеговский М. О., Толмачев М. В. Экономическая оценка агротехнологических приемов возделывания сортов сои в Приамурье // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. № 2 (9).

13. Абитов И. И. Рост и развитие сои сорта Орзу в зависимости от способов сева и норм высева // Аграрная наука. 2017. № 9–10. С. 36–37.

14. Булавинцев Р. А., Головин С. И., Стебаков В. А., Полохин А. М., Волженцев А. В., Козлов А. В. [и др.]. Эффективность возделывания сои в зависимости от способа посева и нормы высева // Вестник аграрной науки. 2023. № 1 (100). С. 56–62. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.1.56.

15. Суховеева Д. А., Жаркова С. В. Элементы структуры урожая сои как результат использования различных агротехнологических приемов // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2022. № 10–2 (73). С. 39–41. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-10-2-39-41.

16. Ващенко А. П., Мудрик Н. В., Фисенко П. П., Дега Л. А., Чайка Н. В., Капустин Ю. С. Соя на Дальнем Востоке. Владивосток : Дальнаука, 2010. 435 с. EDN: QLBIHV.

17. Тимошинов Р. В., Кушаева Е. Ж., Дубков А. А., Марчук Л. Е., Клыков А. К., Тимофеева Я. О. Результаты сверхдлительного стационарного опыта с различными системами удобрения в условиях Приморского края // Международная научная конференция, посвященная 90-летию ВНИИ агрохимии и 80-летию Географической сети опытов с удобрениями. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии, 2022. С. 181–192. EDN: ZDZDCM.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

19. Синеговская В. Т., Низкий С. Е., Науменко Е. Е. Хлорофилл как критерий устойчивости растений сои к длительному затоплению почвы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. № 23 (6). С. 788–795. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222.

20. Лиховидова В. А., Ионова Е. В. Влияние засушливых условий выращивания на водный дефицит и содержание хлорофилла сортов озимой твердой пшеницы, различающихся по продуктивности // Аграрная наука. 2020. № 5. С. 72–75.

21. Калинина А. В., Лящева С. В. Состав и содержание пигментов фотосинтеза в листьях проростков озимой мягкой пшеницы // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 2 (2). С. 286–290.

22. Дожмухамбетова М. М., Шахмедов И. Ш. Влияние нормы высева сои на урожайность при орошении // Аграрный вестник Урала. 2009. № 5 (59). С. 52–53.

References

1. Balakai G. T., Babichev A. N., Selitskii S. A. Soybean varieties growth and development characteristics when cultivated on irrigated lands of Rostov region. M*elioratsiya i gidrotekhnika = Land Reclamation and Hydraulic Engineering,* 2022;12(3):158–175 (in Russ.). DOI: https://doi.org/10.31774/ 2712-9357-2022-12-3-158-175.

2. Tolokonnikov V. V., Medvedeva L. N., Koshkarova T. S., Onoprienko Yu. G. Selection of soybean varieties responsible for irrigation with the justification of economic significance for the national economy. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie,* 2020;4(60):68–79 (in Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2020-04-06.

3. Koleda K. V., Duduk A. A., Brukish D. A., Boyar D. M., Vitkovskii G. V., Emelyanova V. N. [et al.]. *Modern technologies of the production of agricultural crops: guidelines,* Grodno, Grodnenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2010, 340 p. (in Russ.).

4. Milenko O. G. Productivity of soybean agrophytocenosis depending upon variety, seeding rate and methods of crop care. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury,* 2017;1(21):50–57 (in Russ.).

5. Akulov A. S., Vasilchikov A. G. Adaptive technology of soybean production. *Zernovye i krupyanye kul'tury,* 2014;4(12):108–113 (in Russ.).

6. Tolokonnikov V. V., Vronskaya L. V., Koshkarova T. S. Influence of seeding rates on soybean productivity with different maturation times under irrigation. *Oroshaemoe zemledelie,* 2022;3(38):21–24 (in Russ.). DOI: 10.35809/2618-8279-2022-3-3.

7. Timoshinov R. V., Babinets L. E., Kushaeva E. Zh., Dubkov A. A., Klykov A. G. Influence of agrotechnical receptions and fertility soils on the yield of the monsoon variety in the conditions of the Primorsky territory. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk,* 2020;4:67–73 (in Russ.). DOI: 10.3702/08697698.2020.212.4.011.

8. Marchuk L. E., Piskunov K. S., Kushaeva E. Zh., Dubkov A. A., Timoshinov R. V. Influence of agrotechnical receptions and fertility soils on the yield of the monsoon variety in the conditions of the Primorsky territory. Proceedings from The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East: *IV Nacional'naya (vserossijskaya) nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 106–117), Ussuriysk, 2020 (in Russ.).

9. Mitanova N. B., Peshkova A. A., Pomortsev A. V., Dorofeev N. V. Optimizing the seeding rate of soybean for the production in the forest steppe zone of Irkutsk oblast. *Maslichnye kul'tury,* 2014;1(157–158):69–73 (in Russ.).

10. Gretchenko A. E., Mezentseva Yu. O., Mikhailova M. P., Rafalskii S. V. Soybean Kitrossa yield formation depending on seeding density. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2021;7:50–58 (in Russ.).

11. Khadarova I. V., Filippova S. V., Eliseeva L. V. Soybean productivity depending on methods and seeding rates in the conditions of the Chuvash republic. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya,* 2020;5:13-17 (in Russ.).

12. Sinegovskii M. O., Tolmachev M. V. Economic evaluation of agrotechnical methods for growing soybean varieties in the Russian Manchuria (Priamurie). *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal,* 2013;2(9) (in Russ.).

13. Abitov I. I. Growth and development of soybean variety Orzu depending on seeding method and seeding rate. *Agrarnaya nauka,* 2017;(9–10):36–37 (in Russ.).

14. Bulavintsev R. A., Golovin S. I., Stebakov V. A., Polokhin A. M., Volzhentsev A. V., Kozlov A. V. [et al.]. Efficiency of soybean cultivation depending on the method of sowing and

seeding rate. *Vestnik agrarnoi nauki,* 2023;1(100):56–62 (in Russ.). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2023.1.56.

15. Sukhoveeva D. A., Zharkova S. V. Elements of the structure of the soybean crop as a result of the use of various agrotechnological techniques. *International Journal of Humanities and Natural Sciences,* 2022;10–2(73):39–41 (in Russ.). DOI: 10.24412/2500-1000-2022-10-2-39-41.

16. Vashchenko A. P., Mudrik N. V., Fisenko P. P., Dega L. A., Chaika N. V., Kapustin Yu. S. *Soybean in the Russian Far East,* Vladivostok, Dal'nauka, 2010, 435 p. (in Russ.). EDN: QLBIHV.

17. Timoshinov R. V., Kushaeva E. Zh., Dubkov A. A., Marchuk L. E., Klykov A. K., Timofeeva Ya. O. Results of an above long-term stationary experiment with various fertilization systems in the conditions of Primorsky krai. Proceedings from *Mezhdunarodnaya konferentsiya, posvyashchennaya 90-letiyu VNII agrokhimi i 80-letiyu Geograficheskoi seti opytov s udobreniyami.* (PP. 181–192), Moscow, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut agrohimii, 2022 (in Russ.). EDN: ZDZDCM.

18. Dospekhov B. A. *Methods of field experiments,* Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. (in Russ.).

19. Sinegovskaya V. T., Nizkii S. E., Naumenko E. E. The role of chlorophyll in determining the resistance of soybean plants to prolonged soil flooding. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka,* 2022;23(6):788–795 (in Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.212-222.

20. Likhovidova V. A., Ionova E. V. The effect of arid growing conditions on water deficit and chlorophyll content of the winter wheat varieties with various productivity. *Agrarnaya nauka,* 2020;5:72–75 (in Russ.).

21. Kalinina A. V., Lyashcheva S. V. Structure and the maintenance of pigments of photosynthesis in leaves of sprouts of winter soft wheat. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk,* 2018;20(2):286–290 (in Russ.).

22. Dozhmukhambetova M. M., Shakhmedov I. Sh. The influence of the seeding rate on soybean yield under irrigation. *Agrarnyi vestnik Urala,* 2009;5(59):52–53 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 25.11.2023; одобрена после рецензирования 07.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 25.11.2023; approved after reviewing 07.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.

Информация об авторах

Тимошинов Роман Витальевич, *кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, fe.smc_rf@mail.ru;*

Кушаева Елена Жоржевна, *научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки;*

Дубков Александр Алексеевич, *научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки;*

Тимошинова Оксана Анатольевна, *младший научный сотрудник, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-7649-3513;*

Клыков Алексей Григорьевич, *доктор биологических наук, академик Российской академии наук, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2390-3486*

Information about the authors

Roman V. Timoshinov, *Candidate of Agricultural Sciences, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, fe.smc_rf@mail.ru;*

Elena Zh. Kushaeva, *Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika;*

Aleksandr A. Dubkov, *Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika;*

Oksana A. Timoshinova, *Junior Researcher, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-7649-3513;*

Aleksei G. Klykov, *Doctor of Biological Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, ORCID: http://orcid.org/0000-0002-2390-3486*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 634.22(571.63)
EDN NCZJNM

Влияние климатических факторов юга Приморья на формирование урожая сливы

Валентина Викторовна Яковлева
Приморская плодово-ягодная опытная станция (филиал Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки)
Приморский край, Владивосток, Россия, yakovlevavalent1ne@yandex.ru

Аннотация. Отзывчивость сортов сливы на изменение климата изучена недостаточно. Слива – зимостойкая и высокопродуктивная культура. Однако не все ее сорта обладают экологической пластичностью. Объектом исследований служили местные и интродуцированные сорта сливы: Шаровая, Антонина, Надежда Приморья, Приморочка, Ромэн, Щедрая, Варвара-краса, Егоровна, Асалода, Кубанская комета. В статье представлены результаты изучения влияния погодных условий в период цветения, формирования и созревания плодов на урожайность сливы в условиях юга Приморья. Низкая среднесуточная температура воздуха и большое количество выпавших осадков во время цветения оказывают негативное влияние на урожайность сливы. Установлено, что недостаток или переизбыток влаги в период формирования и роста плодов снижают урожайность. Поражение плодов плодовой гнилью зависит от сортовых особенностей сливы и погодных условий года. Урожайность сливы зависела от биологических особенностей сорта и метеоусловий года, с вариацией от 4,8 до 19,3 кг с дерева. Установлено, что дата начала цветения сливы тесно связана с метеоусловиями года. Выделены наиболее адаптивные и урожайные сорта сливы: Приморочка (13,8 кг/дерево), Ромэн (12,5 кг/дерево) селекции Приморской плодово-ягодной опытной станции; Кубанская комета (13,6 кг/дерево) Крымской опытно-селекционной станции; Асалода (9,6 кг/дерево) Белорусского НИИ плодоводства. Исходным материалом для селекции являются перспективные сорта сливы Щедрая и Ромэн.

Ключевые слова: слива, климат, осадки, температура, дата цветения, устойчивость, плодовая гниль, урожайность

Для цитирования: Яковлева В. В. Влияние климатических факторов юга Приморья на формирование урожая сливы // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 68–75.

Original article

The influence of climatic factors in the south of Primorye on plum yield formation

Valentina V. Yakovleva
Primorsky Fruit and Berry Experimental Station (branch of the Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Far East named after A. K. Chaika)
Primorsky krai, Vladivostok, Russia, yakovlevavalent1ne@yandex.ru

Abstract. The responsiveness of plum varieties to climate change has not been sufficiently studied. Plum is a hardy and highly productive crop. However, not all plum varieties have ecological plasticity. The object of research was the zoned and introduced plum varieties: Sharovaya, Antonina, Nadezhda Primorya, Primorochka, Romen, Shchedraya, Varvara-krasa, Egorovna, Asaloda, Kubanskaya kometa. The article presents the results of studying the influence of weather conditions during flowering, fruit formation and ripening on plum yield in the conditions of the south of Primorye. Low average daily air temperature and a large amount of precipitation during flowering have a negative impact on plum yields. It has been established that the lack or excess of moisture during the formation and growth of fruits reduces the yield of plums. Fruit rot damage depends on the varietal characteristics of the plum and the weather conditions of the year. The yield depended on the biological characteristics of the variety and the weather conditions of the year (4.8–19.3 kg/tree). It is established that the date of the beginning of plum blossom is closely related to the weather conditions of the year. The most adaptive and productive plum varieties were identified: Primorochka (13.8 kg/tree), Romen (12.5 kg/tree) of the selection of the Primorsky Fruit and Berry Experimental Station, Kubanskaya kometa (13.6 kg/tree) of the Crimean Experimental Breeding Station, Asaloda (9.6 kg/tree) of the Belarusian Research Institute of Fruit Growing. The promising plum varieties Shchedraya and Romen are the source material for breeding.

Keywords: plum, climate, precipitation, temperature, flowering date, stability, fruit rot, yield

For citation: Yakovleva V. V. The influence of climatic factors in the south of Primorye on plum yield formation. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:68–75 (in Russ.).

Введение. В современных условиях культура сливы занимает важное место в садоводческих насаждениях. Это свидетельствует о ее толерантном отношении к неблагоприятным условиям во время вегетации, что является преимуществом сортов сливы в связи с нестабильными климатическими условиями в России [1–3].

Слива обладает хорошей урожайностью, востребована как в свежем виде, так и для сушки, консервирования [4, 5].

Изменения климата (повышение среднегодовых температур, нестабильность погодных условий) отрицательно сказываются на урожайности сливы. Успешному возделыванию препятствуют недостаточная зимостойкость и нерегулярность плодоношения культуры [6].

Для насаждений сливы наиболее значимыми показателями являются скороплодность и урожайность, которые характеризуют адаптивность сортов [7].

Сортимент сливы в Приморском крае представлен сортами, большинство которых неустойчивы к изменению погодных условий. Наибольший вред сливе на Дальнем Востоке наносят грибные болезни [8]. Поэтому необходимо обновление сортимента культуры на сорта, более адаптированные к климатическим факторам Приморья.

Цель работы – *провести оценку влияния погодных условий на урожайность сливы; выделить сорта, наиболее адаптированные к климату края и использовать их в селекции новых сортов.*

Материалы и методы исследований. Исследования проведены на базе коллекционных посадок Приморской плодово-ягодной опытной станции Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки в 2019–2022 гг. (г. Владивосток).

Опытный участок расположен в 5 км от морского побережья в типичных условиях климата Приморского края. Почва участка буроподзолистая, пахотный горизонт составляет 15–20 см.

Объектами исследований явились сорта сливы селекции Приморской плодово-ягодной опытной станции, Крымской опытно-селекционной станции, Дальневосточного НИИ сельского хозяйства, Белорусского НИИ плодоводства.

Исследования проводились с использованием Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур [9] и Программы и методики селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур [10].

За годы исследования собраны метеоданные в периоды цветения и формирования урожая. Информация о погоде получена с метеорологической станции Владивостока.

Результаты исследований и их обсуждение.

Требования сливы к температуре и влаге. Слива требовательна к температурным условиям. Низкая температура в период вегетации сливы вызывает замедление развития, увеличиваются сроки созревания плодов. Высокая температура воздуха увеличивает опадение плодов.

Для нормального роста и формирования урожая сортам сливы нужна хорошая влагообеспеченность почвы. В наших условиях для хорошего урожая нужно 600–700 мм годовых осадков. Высокую потребность в воде слива проявляет в фазу цветения, активного роста побегов и корней, образования завязи и плодов. Недостаток влаги вызывает осыпание цветков, плодов, прекращение роста побегов. Установлено, что избыточное увлажнение почвы является неблагоприятным фактором для сливы – затягивается окончание роста побегов, вызревание древесины, растрескиваются плоды, появляется хлороз листьев. При длительном переувлажнении деревья погибают.

Характеристика климатических условий Приморья. Географическое положение Приморского края обусловливает влияние на его климат как бассейна Тихого океана, так и азиатских антициклонов. Климат края носит муссонный характер с ярко выраженной континентальностью. Зимой Приморье находится под влиянием азиатского антициклона (области высокого давления). В этот период северные и северо-западные ветры приносят холодный воздух с материка. Летом над океаном устанавливается область высокого давления, и влажные, прохладные ветры дуют с моря. Весной, летом и осенью господствуют южные ветры с океана. Весенние муссоны определяют затяжной характер весны с низкой относительной влажностью воздуха. Концентрация осадков в вегетационный период – характерная особенность Приморского климата. В наиболее влажные месяцы (июль – август) выпадает 80 % всех осадков. Март, апрель и сентябрь представляют самый сухой период. Наибольшее количество солнечных дней в апреле и мае, наименьшее – в июле, августе. Весной перепады температуры воздуха от суток к суткам достигают 10–15 °C.

По притоку солнечной энергии Приморье занимает одно из первых мест в стране. Наибольшее число солнечных дней зимой. Зима короткая, но морозная. Средняя температура января от минус 12–14 °C на побережье до минус 20 °C в материковых районах. Средняя температура воздуха в июне 14–16 °C, в июле и августе 17–20 °C, в сентябре 15–17 °C. Осень во Владивостоке сухая и теплая со среднесуточной температурой воздуха, составляющей 10 °C. Первые заморозки наступают в конце октября.

Погодные условия вегетационного периода в годы исследований. Метеорологические условия в годы проведения исследований различались по тепло- и влагообеспеченности.

В 2019–2022 гг. отмечено влияние погодных стресс-факторов на урожайность сливы. Это холодная затяжная весна с дождями во время цветения; тайфуны, приносящие переувлажнение почвы в летний период во время роста и созревания плодов; высокая температура воздуха, превышающая среднемноголетнюю на 1,1–1,2 °C. Максимальная температура достигала отметки 33 °C в августе 2021 года. Максимальное количество осадков выпало в августе 2019 года – 522 мм.

Одним из важных факторов влияния на урожайность сливы являются метеоусловия во время цветения. Наблюдения показали, что сроки цветения варьировали по годам исследований (табл. 1). Начало цветения сливы совпадает при переходе среднесуточной температуры воздуха через отметку 11 °C.

За время наблюдений отмечены самая ранняя дата начала цветения – 1 мая (2022 г.), самая поздняя – 18 мая (2019 г.). Сорта уссурийской и китайской сливы зацветают рано (1–13 мая) в зависимости от погодных условий года. Интродуцированные сорта более теплолюбивы и цвели с 9 по 18 мая (Егоровна, Асалода, Июльская роза, Кубанская комета).

Во время цветения сливы небольшие дожди сменялись солнечными днями с температурой воздуха, составлявшей от 8,7 до 20,4 °C. Количество осадков составило 5,9 мм (табл. 2). На пять баллов цвели сорта сливы приморской селекции Приморочка, Щедрая, а также белорусский сорт Асалода и крымский – Кубанская комета. В среднем цветение достигало 8–10 дней. Погода была благоприятная для достаточного опыления пчелами цветков. Завязываемость плодов – высокая (4–5 баллов).

Май 2019 года характеризовался теплой погодой и большим количеством осадков после цветения. Среднемесячная температура воздуха составила 11,7 °C, что выше нормы на 1,9 °C. После цветения выпало 166 мм осадков (204 % от нормы).

Фактическая среднемесячная температура июня 13,0 °C, что меньше нормы на 0,6 °C. Норма суммы осадков 110 мм, выпало 79 мм (72 % от нормы). В июле наблюдался дефицит влаги (80 % от нормы). Период конца созревания плодов характеризовался затяжными дождями и редкими

Таблица 1 – Даты начала цветения сортов сливы, 2019–2022 гг.
Table 1 – Dates of the beginning of flowering of plum varieties, 2019–2022

Сорт	Годы			
	2019	2020	2021	2022
Шаровая	10.05	05.05	05.05	01.05
Антонина	9.05	05.05	05.05	01.05
Надежда Приморья	13.05	08.05	08.05	03.05
Приморочка	17.05	12.05	10.05	07.05
Ромэн	15.05	12.05	11.05	08.05
Щедрая	13.05	08.05	07.05	05.05
Егоровна	17.05	12.05	12.05	09.05
Асалода	17.05	15.05	14.05	10.05
Июльская роза	17.05	14.05	13.05	10.05
Кубанская комета	18.05	14.05	14.05	11.05

Таблица 2 – Температура воздуха и осадки (2019–2022 гг.)
Table 2 – Air temperature and precipitation (2019–2022)

Показатели	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
2019 год						
Среднемесячная температура воздуха, °С	6,3	11,7	13,0	17,1	19,6	17,3
Осадки за месяц, мм	11	166	79	131	534	44
2020 год						
Среднемесячная температура воздуха, °С	5,0	10,5	14,7	18,4	20,3	16,0
Осадки за месяц, мм	25,0	72	281	30,0	197	138
2021 год						
Среднемесячная температура воздуха, °С	5,3	10,8	14,9	21,3	21,1	17,7
Осадки за месяц, мм	36	62	102	24	30	120
2022 год						
Среднемесячная температура воздуха, °С	6,3	11,1	14,3	19,1	21,2	16,2
Осадки за месяц, мм	21	67	189	202	99	157

солнечными днями. В августе выпало рекордное количество осадков (534 мм, что в 3,4 раза выше нормы).

Созревание было растянуто во времени. Окраска плодов оказалась недостаточно яркой, а сахаристость понижена. Созревание плодов началось с 10 августа.

Сорта, устойчивые к плодовой гнили, дали высокий урожай, который с одного дерева составил: Приморочка – 10,4 кг, Кубанская комета – 14 кг. Сравнительно хорошим был урожай у сортов Надежда Приморья, Асалода, Щедрая (табл. 3). Он существенно превышал урожай контрольного сорта Шаровая.

Таблица 3 – Урожайность сливы в зависимости от условий года, 2019–2022 гг.
Table 3 – Plum yield depending on the conditions of the year, 2019–2022

В килограммах с одного дерева (in kilograms from one tree)

Сорт	Оригинатор	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Средняя
Шаровая (контроль)	Приморская плодово-ягодная опытная станция	6,0	3,4	4,0	13,5	7,2
Антонина		8,0	4,5	4,5	15,4	8,6
Надежда Приморья		**9,0**	4.0	**6,5**	12,8	9,3
Приморочка		**10,4**	**6,7**	**10,4**	**28,0**	**13,8**
Ромэн		7,5	5,0	**12,5**	**22,3**	**12,5**
Щедрая		**8,6**	5,0	4,6	**22,8**	**10,5**
Варвара-краса		7,5	**5,6**	4,0	**18,0**	8,6
Егоровна	Дальневосточный НИИ сельского хозяйства	7,5	4,0	**10,5**	**18,2**	**10,0**
Июльская роза	Крымская опытно-селекционная станция	6,0	4,5	**7,0**	15,4	**9,7**
Кубанская комета		**14,0**	**5,5**	4,5	**25,5**	**13,6**
Асалода	Белорусский НИИ плодоводства	**8,5**	4,5	4,5	**20,7**	**9,6**
Средняя урожайность	–	8,5	4,8	6,7	19,3	10,3
$НСР_{05}$	–	2,2	1,9	2,3	4,2	2,1
Примечание: жирным начертанием отмечена урожайность сортов с существенной разницей по отношению к контролю.						

Сентябрь был теплым и сухим. Среднемесячная температура воздуха составила 17,3 °С (на 1,3 °С выше нормы). Осадков выпало 44 мм (38 % от нормы).

Начало цветения сливы в 2020 году отмечено 5–13 мая. Осадков в этот период выпало 25,2 мм. Среднесуточная температура воздуха во время цветения составила 5,5–13,3 °С. В такую погоду не летают пчелы-опылители, поэтому завязываемость плодов оказалась низкая (2–3 балла).

Среднемесячная температура воздуха в мае – 10,5 °С (выше нормы на 0,7 °С). Количество осадков составило 72 мм или 89 % от нормы.

Среднемесячная температура июня составила 14,7 °С (на 1,1 °С выше нормы). Отмечено превышение количества осадков – 256 % от нормы (281 мм). Засушливый июль сказался отрицательно на росте и созревании плодов (выпало всего 30 мм осадков). Превышение нормы осадков в августе достигло 126 % от нормы. В такую погоду плоды сливы сильно поражаются плодовой гнилью.

Сложившиеся погодные условия вегетационного периода отрицательно повлияли на урожайность сливы, которая была значительно ниже, чем в предыдущем году (в среднем 4,8 кг с дерева).

2021 год был аномально жарким и сухим. В мае осадков выпало 62 мм (64 % от нормы). Среднемесячная температура воздуха составила 10,8 °С. Цветение сливы началось с 5 по 15 мая. Среднесуточная температура воздуха была низкая (восемь дней ниже 10 °С), что определило низкую завязываемость (2–3 балла).

Летом наблюдался значительный дефицит влаги. Июль и август оказались экстремально жаркими и сухими (осадков выпало 15 % от нормы). Дневные температуры воздуха поднимались до 35 °С и превысили средние многолетние значения на 9 °С. Засушливая погода в июле за последние 40 лет наблюдалась во Владивостоке в 1992 и 2020 годы, но жары в эти годы не отмечалось. Аномальным было и количество осадков, которых выпало лишь 16 % от нормы. Август был жарким и сухим: средняя температура – 21,1 °С, что выше нормы на 0,8 °С; количество осадков отмечено 30 мм (18 % от нормы).

В связи с этим, средняя урожайность сливы была низкая (6,7 кг с дерева). Несколько выше урожай (от 6,5 до 12,5 кг с дерева) отмечался у сортов Надежда Приморья и Ромэн; ниже (4–4,5 кг с дерева) он был у сортов Шаровая, Антонина, Асалода, Щедрая, Варвара-краса.

Весна 2022 года была теплая и сухая. Среднемесячная температура воздуха за апрель, май была соответственно 6,3 и 11,2 °С (выше нормы на 1,1 °С). Осадков выпало 21 мм в апреле и 67 мм в мае (49–69 % от нормы).

Цветение в этом году наступило с 1 по 13 мая. Период цветения проходил в относительно благоприятных погодных условиях, соответственно это способствовало хорошему опылению и завязываемости плодов сливы.

Июнь, июль и август были теплыми (отклонение от нормы среднемесячной температуры на 1–1,2 °С). Июнь – июль были очень дождливыми, так как осадков выпало 189–202 мм (127–181 % от нормы).

После аномально жаркого лета в 2021 году урожай 2022 года был рекордным. Урожайность всех сортов сливы в среднем составила 19,3 кг с дерева.

Сорта, устойчивые к плодовой гнили, дали рекордный урожай. Так, с одного дерева по сорту Приморочка получено 28,0 кг, Кубанская комета – 25,5 кг. Также высокую урожайность с дерева имели сорта: Ромэн (22,3 кг), Щедрая (22,8 кг), Асалода (20,7 кг), Егоровна (18,2 кг).

Самая низкая урожайность плодов сливы была в 2020–2021 годы (4,5–6,6 кг с дерева). Средний урожай за все годы исследования сортов сливы при схеме посадки 5×3 м составил 10,3 кг с дерева. Самую высокую среднюю урожайность за годы исследований имели сорта Ромэн, Приморочка, Кубанская комета, Щедрая, Егоровна (10,5–13,8 кг с дерева).

Заключение. *1. Установлено, что метеорологические условия года влияют на урожайность сортов сливы.*

2. Негативное влияние на урожайность сливы оказывают низкая среднесуточная температура воздуха и большое количество осадков во время цветения.

3. Недостаток или переизбыток влаги в период формирования и роста плодов оказывают негативное влияние на урожайность сливы.

4. На фоне неблагоприятных погодных условий за годы исследований выделились наиболее урожайные сорта сливы в условиях Приморья: Приморочка, Ромэн, Щедрая (Приморская плодово-ягодная опытная станция), Егоровна (Дальневосточный НИИ сельского хозяйства), Асалода (Белорусский НИИ плодоводства), Кубанская комета (Крымская опытно-селекционная станция). В 2022 году сорт сливы Приморочка селекции Приморской плодово-ягодной опытной станции внесен в реестр допущенных к использованию по Приморскому краю.

Список источников

1. Prichko T. G. Biotechnological methods used in the cultivation and storage of fruits // BIO Web of Conferences. 2022. Vol. 46. P. 01005. DOI:10.1051/bioconf/20224601005.

2. Prichko T. G., Droficheva N. V. Assessment of biochemical and technical indicators of the quality of plum fruits grown in the south of Russia // BIO Web of Conferences. 2021. Vol. 36. P. 02001. DOI: https://doi.org/10.1051/bioconf/20213602001.

3. Заремук Р. Ш. Сорта сливы домашней для оптимизации южного сортимента // Субтропическое и декоративное садоводство. 2018. № 66. С. 34–40. DOI: 10.31360/2225-3068-2018-66-34-40.

4. Kaufmane E., Gravite I., Ikase L. Plum research and growing in Latvia // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. 2019. Vol. 73. No. 3. P. 195–206. DOI: 10.2478/prolas-2019-0032.

5. Bilal W., Bhutta M. S., Rehman Kh. Ur., Ahmad N. Physical and chemical attributes of various cultivars of Plum fruit // Pure and Applied Biology. 2021. Vol. 4. No. 3. P. 353–361. DOI: 10.19045/bspab.2015.43011.

6. Симонов В. С. Перспективные сортообразцы сливы домашней для Московской области // Садоводство и виноградарство. 2018. № 4 (214). С. 26–31. DOI: 10.31676/0235-2591-2018-4-26-31.

7. Попова Л. В., Иваненко Е. Н., Суховетченко О. С. Сорта сливы для интенсивного сада в аридных условиях // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 6. С. 44–48.

8. Яковлева В. В. Источники устойчивости к грибным болезням для создания новых сортов сливы в условиях юга Приморья // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 4 (60). С. 65–71. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-65-71.

9. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1999. 606 с.

10. Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орел : Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, 1995. 501 с.

References

1. Prichko T. G. Biotechnological methods used in the cultivation and storage of fruits. BIO Web of Conferences, 2022;46:01005. DOI:10.1051/bioconf/20224601005.

2. Prichko T. G., Droficheva N. V. Assessment of biochemical and technical indicators of the quality of plum fruits grown in the south of Russia. BIO Web of Conferences, 2021;36:02001. DOI: https://doi.org/10.1051/bioconf/20213602001.

3. Zaremuk R. Sh. Domestic plum varieties to optimize the southern assortment. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo,* 2018;66:34–40 (in Russ.) DOI: 10.31360/2225-3068-2018-66-34-40.

4. Kaufmane E., Gravite I., Ikase L. Plum research and growing in Latvia. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, 2019;73;3:195–206. DOI: 10.2478/prolas-2019-0032.

5. Bilal W., Bhutta M. S., Rehman Kh. Ur., Ahmad N. Physical and chemical attributes of various cultivars of Plum fruit. Pure and Applied Biology, 2021;4;3:353–361. DOI: 10.19045/bspab.2015.43011.

6. Simonov V. S. Promising varieties of homemade plum for the Moscow region. *Sadovodstvo i vinogradarstvo,* 2018;4(214):26–31 (in Russ.). DOI: 10.31676/0235-2591-2018-4-26-31.

7. Popova L. V., Ivanenko E. N., Sukhovetchenko O. S. Plum varieties for intensive gardening in arid conditions. *Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii,* 2018;6:44–48 (in Russ.).

8. Yakovleva V. V. Sources of resistance to fungal diseases for the creation of new plum varieties in the conditions of the south of Primorye. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik,* 2021;4 (60):65–71 (in Russ.) DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-65-71.

9. *Program and methodology of variety study of fruit, berry and nut crops,* Orel, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut selekcii plodovyh kul'tur, 1999, 606 p. (in Russ.).

10. *Program and methodology of selection of fruit, berry and nut crops,* Orel, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut selekcii plodovyh kul'tur, 1995, 501 p. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 19.10.2023; одобрена после рецензирования 03.11.2023; принята к публикации 20.11.2023.

The article was submitted 19.10.2023; approved after reviewing 03.11.2023; accepted for publication 20.11.2023.

Информация об авторе

Яковлева Валентина Викторовна, *научный сотрудник, Приморская плодово-ягодная опытная станция Федерального научного центра агробиотехнологий Дальнего Востока имени А. К. Чайки, yakovlevavalent1ne@yandex.ru*

Information about the author

Valentina V. Yakovleva, *Researcher, Primorsky Fruit and Berry Experimental Station (branch of the Federal Scientific Center for Agrobiotechnologies of the Far East named after A. K. Chaika), yakovlevavalent1ne@yandex.ru*

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья
УДК 636.084.41:636.034
EDN IIYBTU

Корректировка рациона и молочная продуктивность новотельных коров

Кетеван Рубеновна Бабухадия[1], Андрей Владимирович Бурмага[2], Юрий Борисович Курков[3], Любовь Ивановна Перепелкина[4], Сергей Борисович Терехов[5], Сергей Гуламжанович Камышенцев[6]
[1, 2, 3, 4, 6] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[5] ООО «АНК холдинг», Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] babukhadiya@mail.ru, [2] burmaga@mail.ru,
[4] perepelkina79@gmail.com, [5] Genafolin@mail.ru, [6] kamyshentsevsg@gmail.com

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос влияния корректировки рациона на молочную продуктивность новотельных коров. Проанализированы результаты исследований, проведенных на основе научно-хозяйственных опытов. Сделан вывод о значимости внесения кормовых добавок в рацион новотельных коров для повышения удоев и поддержания здоровья животных. Обсуждается влияние различных факторов, таких как качество корма, его состав и сбалансированность, на процесс лактации. Особое внимание уделено роли молочной продуктивности в экономике молочного производства. В наше время, когда речь заходит о кормлении новотельных коров, кормовые добавки становятся неотъемлемой частью этого процесса. Они являются важным инструментом для поддержания и улучшения обмена веществ у коров, что помогает им легче перейти в стадию лактации. В исследовании было продемонстрировано, что введение кормового концентрата «Кауфрэш» в начале периода лактации в сочетании с жидким премиксом «Active Mix» положительно влияет на продуктивность и здоровье коров. Это позволило уменьшить потерю веса коров и ускорить его восстановление, а также сохранить как количественные, так и качественные показатели молочной продукции. Результаты исследования показали, что использование кормовых добавок не только способствует увеличению удоев, но и повышает содержание жира и белка в молоке, что особенно важно для экономической эффективности в сельскохозяйственном производстве. Таким образом, правильное кормление новотельных коров является ключевым фактором, определяющим их продуктивность и рентабельность молочного производства в целом. Кормовые добавки, такие как «Кауфрэш» и «Active Mix», могут существенно улучшить данные показатели, обеспечивая более эффективное использование корма и снижение затрат на производство молока. Статья представляет интерес для специалистов в области животноводства, а также для всех, кто интересуется вопросами правильного кормления и содержания крупного рогатого скота.

Ключевые слова: новотельные коровы, кормовой концентрат, жидкий премикс, лактация, надой молока

Для цитирования: Бабухадия К. Р., Бурмага А. В., Курков Ю. Б., Перепелкина Л. И., Терехов С. Б., Камышенцев С. Г. Корректировка рациона и молочная продуктивность новотельных коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 76–84.

Original article

Diet adjustment and milk productivity of newly calved cows

Ketevan R. Babukhadiya[1], Andrey V. Burmaga[2], Yuri B. Kurkov[3], Lyubov I. Perepelkina[4], Sergey B. Terekhov[5], Sergey G. Kamyshentsev[6]
[1, 2, 3, 4, 6] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[5] LLC "ANK-Holding", Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] babukhadiya@mail.ru, [2] burmaga@mail.ru,
[4] perepelkina79@gmail.com, [5] Genafolin@mail.ru, [6] kamyshentsevsg@gmail.com

Abstract. This article discusses the impact of diet adjustments on the milk productivity of newly calved cows. The results of research conducted on the basis of scientific and economic experiments are analyzed. The conclusion is made about the importance of introducing feed additives into the diet of newly calved cows to increase milk yield and maintain animal health. The influence of various factors, such as feed quality, composition and balance, on the lactation process is discussed. Particular attention is paid to the role of milk productivity in the economics of dairy production. Nowadays, feed additives are an integral part of newly calved cow feeding. They are an important tool for maintaining and improving the metabolism of cows, which helps them enter the lactation stage more easily. The study demonstrated that the introduction of "Cowfresh" feed concentrate at the beginning of the lactation period in combination with "Active Mix" liquid premix had a positive effect on the productivity and health of cows. This made it possible to reduce the weight loss of cows and accelerate its recovery, as well as maintain both quantitative and qualitative indicators of dairy products. The results of the study showed that the use of feed additives not only helped to increase milk yield, but also increased the fat and protein content in milk. It is especially important for economic efficiency in agricultural production. Thus, proper feeding of newly calved cows is a key factor determining their productivity and the profitability of dairy production as a whole. Feed additives "Cowfresh" and "Active Mix" can significantly improve these indicators, providing more efficient feed utilization and reducing milk production costs.The article is of interest to specialists in the field of livestock farming, as well as to anyone interested in the issues of proper feeding and maintenance of cattle.

Keywords: newly-calved cows, feed concentrate, liquid premix, lactation, milk yield

For citation: Babukhadiya K. R., Burmaga A. V., Kurkov Yu. B., Perepelkina L. I., Terekhov S. B., Kamyshentsev S. G. Diet adjustment and milk productivity of newly calved cows. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:76–84 (in Russ.).

Введение. В современном животноводстве вопрос о повышении молочной продуктивности новотельных коров является одним из ключевых. Правильное кормление, в частности корректировка рациона, может существенно повлиять на удои и здоровье животных.

В данной статье мы рассмотрим результаты исследований о влиянии скармливания кормового концентрата и премикса на молочную продуктивность; предложим рекомендации по корректировке рациона для повышения удоев.

В технологическом процессе производства молока ключевые места отводятся процессам отела, восстановления и раздоя коров. Прохождение этих процессов без осложнений является залогом успеха [1–4]. Именно на решение этих вопросов направлена проведенная экспериментальная работа.

Цель исследования *заключается в определении оптимальной нормы включения кормового концентрата «Кауфрэш» в рацион новотельных коров в течение десяти дней после отела, а также в изучении его влияния на продуктивность и общее состояние животных в период первой фазы лактации. Кроме того, исследовано влияние последующего введения жидкого премикса «Active Mix» в рацион в течение следующих 100 дней.*

Объекты и методика проведения исследования. Исследование проведено в условиях типичного современного животноводческого комплекса «МилАНКа»

ЗАО «Агрофирма АНК» Амурской области. На основе изучения результатов современных научных исследований была сформирована теоретическая основа для проведения эксперимента [2–7].

В **первом научно-хозяйственном опыте** поставлена цель – *изучить влияние и установить оптимальную норму включения в рацион кормового концентрата «Кауфрэш» для новотельных коров в течение 10 дней после отела; определить его воздействие на продуктивность и общее состояние животного в период первой фазы лактации.*

Для достижения цели были сформированы 4 подопытные группы, подобранные по принципу пар-аналогов (три опытные и одна контрольная группа). Опыт с продолжительностью 110 дней состоял из двух последовательных этапов. Первый этап начинался после отела коров, продолжался в течение 10 дней и заключался в выпойке водного раствора «Кауфрэш» коровам из 1-й, 2-й и 3-й опытных групп в количестве 25 литров с различной концентрацией – 100; 200 и 300 грамм на 100 кг живой массы соответственно. Контрольная группа никаких добавок не получала. Второй этап продолжался 100 дней, то есть до конца первой фазы лактации.

Животные получали общепринятый в хозяйстве рацион: силос (13 кг); зерносенаж (1,73 кг); зерно кукурузы (3 кг); размол (4 кг); шрот соевый (3,86 кг); кормовые добавки (нурифат (330 г); ракушка (200 г), соль (100 г), РуменБуффер (100 г); биоксимин (70 г)).

Кауфрэш представляет собой оптимальную комбинацию легкоусвояемых углеводов, солей, витаминов, пробиотиков и ферментов с высокими показателями переваримости, которые являются прекрасными источниками энергии и нормализуют энергетический обмен веществ в организме. Продукт обеспечивает быстрое восстановление новотельной коровы после отела, стимулирует потребление кормов, нормализует обмен веществ. Кормовой концентрат предотвращает возникновение родильного пареза, задержание последа, являясь при этом наиболее экономичным решением для производителей молока. В его состав входят молочная сыворотка, пропионат кальция, глюкоза, пропиленгликоль, калий хлористый, натрий хлористый, кальций хлористый, янтарная кислота, витаминный премикс, минеральный премикс, ферментный комплекс, пробиотический комплекс.

По результатам взвешивания животных в начале, середине и конце опыта установлено, что на 48 сутки после начала лактации вес коров во всех группах снизился на 10–47 кг. Снижение живой массы объясняется тем, что новотельные коровы для восстановления потерь, связанных с повышением продуктивности, кроме энергии корма дополнительно начинают расходовать внутренний запас энергии. Меньше всех «пострадали» коровы из второй опытной группы. Восстановление веса интенсивнее происходило в этой же группе, хотя во всех опытных группах восстановление массы шло быстрее, чем в контрольной группе.

При анализе молочной продуктивности установлено, что валовый надой в контрольной группе составил 2 040,5 кг за 100 дней лактации. В опытных группах надой выше; максимальные результаты зафиксированы во второй опытной группе, где он составил 2 496,9 кг, то есть на 22,4 % выше, чем в контрольной группе. В этой группе получено самое большое количество молочного жира. Что касается картины крови, то по группам она отличается, но в целом во всех группах соответствует физиологическим нормам, то есть кормовая добавка «Кауфрэш» отрицательного физиологического влияния не имеет.

К вышеизложенному нужно добавить, что в конце первой фазы лактации во второй и третьей опытных группах все коровы оказались стельными, тогда как в первой опытной и в контрольной группе соответственно были зафиксированы один и два отрицательных результата на стельность.

В любом производстве при внедрении новых методов деятельности решающее значение имеет экономическая целесообразность предлагаемых рекомендаций. Обработка экономических показателей производства молока при использовании кормового концентрата «Кауфрэш» показала, что максимальное количество дополнительной продукции зафиксировано во 2-й опытной группе. Соответственно, стоимость дополнительной продукции в этой группе максимальная и достигает 19 247,4 руб. Если учесть сумму дополнительных затрат – 2 820 руб. на голову, то прибыль на дополнительную продукцию составит 16 427,4 руб. против 7 705,4 руб. в первой опытной группе и 11 909,8 руб. в третьей опытной группе за 100 дней лактации.

Таким образом, по итогам первого научно-хозяйственного опыта лучшей группой является вторая опытная группа. Коровы этой группы после родов сразу в течение 10 дней получали кормовой концентрат «Кауфрэш» (200 г на 100 кг живой массы) в разбавленном виде с 25 литрами теплой воды.

После установления оптимальной дозы применения кормового концентрата «Кауфрэш» и эффективности его использования был проведен **второй научно-хозяйственный опыт.** *Целью опыта являлось изучение влияния оптимального количества (200 г на 100 кг живой массы) концентрата «Кауфрэш» в течение 10 дней после отела с последующим введением в рацион в течение 100 дней 300 г жидкого премикса «Active Mix», который восполняет дефицит энергии, балансирует рацион кормления по микроэлементам и витаминам, профилактирует послеродовые осложнения, а также улучшает показатели здоровья новотельных животных.*

Премикс «Active Mix» повышает аппетит и поведенческую активность животного, увеличивает надои. Все микроэлементы, входящие в состав «Active Mix», имеют хелатную форму. При создании «Active Mix» учтены особенности взаимодействия витаминов, микро- и макроэлементов. В его состав входят марганец, кобальт, йод, селен, витамины А, Е, D, С и витамины группы В.

После этого до конца лактации вели наблюдение за продуктивностью и репродуктивными качествами подопытных животных. Первый этап второго научно-хозяйственного опыта подразумевал включение в рацион для первой опытной группы 200 г «Кауфрэш» на 100 кг живой массы в течение 10 дней после отела; для второй опытной группы – 300 г «Active Mix» на голову в сутки с 11 дня после отела до 100 дней лактации и последовательное применение названных препаратов (200 г «Кауфрэш» в течение 10 дней после отела и 300 г «Active Mix» в сутки с 11 дня до 100 дней лактации). Доза применения «Active Mix» была обусловлена в других научно-хозяйственных опытах, проводимых ранее учеными кафедры кормления, разведения, зоогигиены и производства продуктов животноводства [8, 9].

В период второго научно-хозяйственного опыта для всех групп использовали основной рацион, применяемый в хозяйстве. В состав рациона на одну голову входили:

силос кукурузный (12,3 кг);

зерносенаж (1,5 кг);

зерно пшеницы и овса (по 0,78 кг);

зерно кукурузы (2,25 кг);

шрот соевый (3,13 кг);

соя (шелуха) (0,6 кг);

кормовые добавки (проматрикс (0,47 кг), лакто экстра (0,5 кг), жир пальматрикс (0,38 кг), соль (0,11 кг), известняк (0,18 кг) и премикс (0,29 кг)).

Питательность рациона составила 15 ЭКЕ с обменной энергией 150 МДж и содержанием сухого вещества 14,7 кг.

По итогам второго научно-хозяйственного опыта получена в целом такая же динамика живой массы, как и в первом опыте. После отела начинается снижение живой массы. К концу первой фазы лактации ситуация меняется, животные начинают набирать массу. Интенсивнее это происходит в 1-й и 3-й опытных группах. Во 2-й опытной группе показатели такие же, как в контрольной. Это означает, что применение кормовой добавки «Active Mix» на данном этапе не дало желаемого результата. Мы считаем, что причиной этого послужила чрезмерно большая потеря массы за первые 10 дней после отела в условиях отсутствия кормовой добавки «Кауфрэш». В первой и третьей опытных группах она применялась.

Несмотря на это, в конце лактации абсолютный прирост во второй опытной группе в 4 раза больше, чем в контрольной, а живая масса становится на одном уровне с первой опытной группой. Хотя по живой массе в конце лактации, коровы из 1-й и 2-й опытных групп значительно уступали животным из 3-й опытной группы. Средняя масса коров в 3-й опытной группе составила 619 кг, что достоверно выше, чем масса коров в контрольной группе. После такого анализа по живой массе мы можем предполагать, что технология применения кормовой добавки «Кауфрэш» в течение 10 дней после отела и дальнейшее использование в качестве энергетической добавки «Active Mix» в течение 100 дней являются наилучшим вариантом их сочетания в молочном скотоводстве.

Наши предположения полностью подтверждаются при анализе молочной продуктивности коров, как за 100 дней лактации, так и за всю лактацию. Максимальные среднесуточные надои зафиксированы в третьей опытной группе. Надой коров с натуральной жирностью составляет 2 608,3 кг за 100 дней, что достоверно выше, чем показатели в контрольной группе (2 070,1 кг). Надой коров из 1-й и 2-й опытных групп выше, чем надой в контрольной группе, но значительно меньше показателя коров из 3-й опытной группы. Такая тенденция сохраняется в течение второй и третьей фазы лактации.

Полный анализ наших исследований свидетельствует об эффективном восстановлении животных 1-й и 3-й опытных групп после отела, так как коровы из этих групп получали кормовой концентрат «Кауфрэш». Но без дополнительного поддержания кормовыми добавками на более длительной перспективе показатель высокого надоя снижается до уровня контрольной группы. Высокие показатели в начале лактации без последующего подкрепления рациона кормовыми добавками привели к тому, что животные 1-й опытной группы по ходу лактации раньше других исчерпали потенциал. На основе этого мы утверждаем, что применение кормового концентрата «Кауфрэш», позволяющего быстрее восстановиться после отела без последующего поддержания процесса, в долгосрочной перспективе может привести к сокращению периода стабильной лактации и ускоренного перехода к периоду спада.

Наше суждение подтверждается анализом продуктивности коров 3-й опытной группы. Коровы после кормовой добавки «Кауфрэш» с 11 дня после отела получали энергетическую кормовую добавку «Active Mix». Это позволило закрепить полученный результат от применения кормового концентрата «Кауфрэш» за первые 10 дней после отела. Наши выводы подкрепляются и тем фактом, что репродуктивные показатели в 1-й и 3-й опытных группах оказались лучше, чем в контрольной группе, и за первую фазу лактации в этих группах все коровы были плодотворно осеменены [10].

Результаты балансового опыта подтвердили и обосновали полученное превосходство 3-й опытной группы над другими. А анализ гематологических показателей показал, что применяемые кормовые добавки положительно влияют на кроветворный процесс в организме животных; показатели не выходят за пределы физиологической нормы и не оказывают отрицательного влияния на здоровье животных.

Экономическая обработка результатов второго научно-хозяйственного опыта доказала, что последовательное применение кормового концентрата «Кауфрэш» (200 г на 100 кг живой массы) после отела в течение 10 дней и последующее введение в рацион энергетической добавки «Active Mix» (300 г на голову в сутки) в период раздоя дают максимальный экономический эффект по сравнению с другими группами.

Результаты первого и второго научно-хозяйственного опыта были обработаны биометрическим способом. Достоверность полученных результатов составляет более 90 % (П <0,05) [8, 10].

Итоги производственного опыта, проведенного на большом поголовье в хозяйственных условиях, подтвердили вышеприведенные результаты. Так, в группе новотельных коров в количестве 70 голов, получавших экспериментальные кормовые добавки согласно предложенной схеме, рентабельность производства молока за 90 дней лактации увеличилась в 2 раза и составила 16,5 % против 8,57 % в контрольной группе. Экономический эффект от дополнительных затрат на приобретение кормовых добавок для 70 голов в течение 90 дней составил 44 6381 руб. или 70,86 руб. на одну голову в сутки.

Результаты исследований. Экспериментальные данные, полученные в условиях научно-хозяйственных опытов на малочисленных группах животных, не всегда подходят для большого поголовья в условиях производства на крупных комплексах и фермах. Для проверки результатов научно-хозяйственных опытов проводят производственную апробацию. С этой целью после анализа результатов второго научно-хозяйственного опыта в условиях животноводческого комплекса «МилАН-Ка» нами проведен производственный опыт продолжительностью 110 дней.

В нем участвовали 140 новотельных коров, которые отелились в течение одного месяца. В произвольном режиме новотельных коров определяли в две группы – контрольную и опытную. В итоге в течение 30 календарных дней были сформированы две группы по 70 голов. В производственных условиях в коровнике все дойные коровы также распределены по группам по 70 голов каждая. Таким образом, не нарушался технологический процесс, принятый в хозяйстве.

Контрольная группа с момента отела не получала экспериментальных кормовых добавок, а опытная группа получала кормовые добавки по той схеме, которую использовали в третьей опытной группе во время проведения второго научно-хозяйственного опыта: новотельные коровы в течение 10 дней получали (в родильном отделении) кормовой концентрат «Кауфрэш» в количестве 200 г на 100 кг живой массы. После перевода их в цех осеменения и производства молока прекращали дачу кормового концентрата, но в кормосмесь включали энергетическую кормовую добавку «Active Mix» в количестве 300 г на голову в сутки.

По результатам контрольных доек (один раз в месяц) были собраны и проанализированы показатели (табл. 1).

Так, за период наблюдения среднесуточный надой в опытной группе составил 24,3 кг с жирностью 3,53 % против контрольной группы – 20,1 кг молока с жирностью 3,61 %. Валовый надой молока с базисной жирностью в опытной группе оказался на 17,5 % больше, чем в контрольной группе. Количество дополнительно полученного молока в пересчете на базисную жирность – 23 591,6 кг.

Зная валовый надой на группу за период опыта и реализационную цену, была рассчитана стоимость валовой продукции по группам, которая составила в контрольной группе 5 109 149 руб., а в опытной группе – 6 005 630 руб. В результате, стоимость дополнительной продукции, составила 896 481 руб. Затраты в опытной группе на 450 100 руб. больше, чем в контрольной группе. Эта сумма определена затратами на приобретение кормовых добавок «Кауфрэш» и «Active Mix». Стоимость дополнительных затрат составляет 9,6 % от общих затрат на группу.

При определении экономической эффективности важное значение имеет себестоимость единицы продукции. Зная общие затраты на группу коров и количество молока с базисной жирностью, в каждой группе была рассчитана себестоимость одного килограмма молока, которая в контрольной группе составила 35 руб. (соответствовала производственному отчету в хозяйстве). В опытной группе себестоимость молока снизилась и составила 32,6 руб. Это объясняется увеличением продуктивности коров. А увеличение продуктивности коров вызвано улучшением обменных процессов в организме за счет применяемых кормовых добавок. Таким образом, стоимость кормовых добавок меньше, чем стоимость дополнительно полученной продукции. Валовая прибыль в опытной группе в 2,1 раза больше, чем в контрольной группе, и составляет за период опыта на группу 849 734 руб. Аналогичное соотношение наблюдается при пересчете показателя на одну голову.

Еще одним важным экономическим показателем является уровень рентабельности, который рассчитывается как соотношение прибыли к себестоимости продукции и выражается в процентах. В нашем случае в опытной группе рентабельность составила 16,5 % против 8,57 % в контрольной группе.

Экономический эффект от дополнительных затрат на 70 голов в течение 90 дней составил 446 381 руб., на одну голову в сутки – 70,86 руб.

Заключение. *Исследования показали, что применение кормовых добавок «Кауфрэш» в течение 10 дней после отела и «Active Mix» в течение 90 дней при раздое коров целесообразно с точки зрения зоотехнии и увеличивает экономическую эффективность в производстве молока. Результаты производственной проверки подтвердили данные, ранее полученные в научно-хозяйственных опытах.*

Таблица 1 – Показатели экономической эффективности использования кормовых добавок «Кауфрэш» и «Active Mix» в кормлении коров

Table 1 – Indicators of economic efficiency of the use of feed additives "Kaufresh" and "Active Mix" in cow feeding

Показатель	Группа	
	контрольная	опытная
Количество коров, гол.	70	70
Продолжительность наблюдений, дней	90	90
Среднесуточный надой на одну корову, кг	20,1	24,3
Средняя жирность молока, %	3,61	3,53
Валовый надой на группу за 90 дней, кг	126 630	153 090
Молоко с базисной жирностью, кг в процентах к контрольной группе	134 451,3 100,0	158 042,9 117,5
Цена реализации 1 кг молока, руб.	38	38,0
Дополнительное количество молока с базисной жирностью, кг	–	23 591,6
Стоимость валовой продукции, руб.	5 109 149	6 005 630
Стоимость дополнительной продукции, руб.	–	896 481
Затраты на группу коров, руб в процентах к контрольной группе	4 705 796 100,0	5 155 896 109,6
Себестоимость 1 кг молока, руб. в процентах к контрольной группе	35 100,0	32,6 93,1
Валовая прибыль, руб. в процентах к контрольной группе	403 353 –	849 734 210,7
Прибыль на одну голову, руб.	5 762,2	12 139
Уровень рентабельности, %	8,57	16,50
Дополнительные затраты (затраты на кормовые добавки), руб.	–	450 100
Экономический эффект от дополнительных затрат на группу, руб.	–	446 381
Экономический эффект от дополнительных затрат на голову в сутки, руб.	–	70,86

Список источников

1. Артюх В. М., Чомаев А. М., Вареников М. В., Анзоров В. А. Сроки осеменения высокопродуктивных коров после отела // Зоотехния. 2004. № 6. С. 24–27.

2. Краснощекова Т. А., Туаева Е. В., Бабухадия К. Р., Нимаева В. Ц. Оптимизация кормления крупного рогатого скота и птицы в условиях Приамурья. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2012. 115 с.

3. Шарвадзе Р. Л., Бабухадия К. Р., Бурмага А. В., Курков Ю. Б. Включение пропиленгликоля в рационы при раздое коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 3 (43). С. 157–162.

4. Akhtar M. U., Hifzulrahman M., Saadullah T. N., Pasha M. Effects of prepartum dietary protein level and feed intake on postpartum lactation performance and feeding behavior of

multiparous Holstein dairy cows // Journal of Dairy Science. 2021. Vol. 104. No. 9. P. 9886–9901. DOI: 10.3168/jds.2021-20218.

5. Вяйзенен Г. Н., Унгуряну Ю. В., Вяйзенен А. Г., Васильев В. В., Головей В. В. Влияние скармливания кормовых добавок лактирующим коровам при раздое на продуктивность // Главный зоотехник. 2015. № 4. С. 27–31.

6. Evers S. H., McParland S., Delaby L., Pierce K. M., Horan B. Analysis of milk solids production and mid-lactation bodyweight to evaluate cow production efficiency on commercial dairy farms // Livestock Science. 2021. Vol. 252. P. 104691. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104691.

7. Goldsmith K., Lefler J., Embree M., VandeHaar M. J. The effect of supplementing native rumen microbes on milk production of dairy cows // JDS Communications. 2023. Vol. 4. Iss. 1. P. 31–34. DOI: 10.3168/jdsc.2022-0250.

8. Бабухадия К. Р., Перепелкина Л. И., Терехов С. Б. Использование кормового концентрата «Кауфрэш» для новотельных коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 1 (61). С.27–36. DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-27-35.

9. Гайдукова Е. М., Шарвадзе Р. Л., Краснощекова Т. А., Перепелкина Л. И., Бабухадия К. Р. Влияние кормовых добавок «Active Mix» и «Экостимул-2» на продуктивность новотельных коров // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 4. С. 64–67. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10413.

10. Шарвадзе Р. Л., Бабухадия К. Р., Терехов С. Б. Оценка эффективности использования кормового концентрата при раздое коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 1 (61). С. 79–87. DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-79–86.

References

1. Artyuh V. M., Chomaev A. M., Varenikov M. V., Anzorov V. A. Timing of insemination of highly productive cows after calving. *Zootehniya,* 2004;6:24–27 (in Russ.).

2. Krasnoshchekova T. A., Tuaeva E. V., Babukhadiya K. R., Nimaeva V. C. *Optimization of feeding cattle and poultry in the conditions of Priamurye,* Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2012, 115 p. (in Russ.).

3. Sharvadze R. L., Babukhadiya K. R., Burmaga A. V., Kurkov Yu. B. Inclusion of propylene glycol in milker's rations after calving. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik,* 2017;3(43):157–162. (in Russ.).

4. Akhtar M. U., Hifzulrahman M., Saadullah T. N., Pasha M. Effects of prepartum dietary protein level and feed intake on postpartum lactation performance and feeding behavior of multiparous Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science, 2021;104;9:9886–9901. DOI: 10.3168/jds.2021-20218.

5. Viaisenen G. N., Unguryanu Yu. V., Viaisenen A. G., Vasiliev V. V, Golovey V. V. The effect of using of feed additives to lactating cows on the increasing the milk yield. *Glavnyj zootehnik,* 2015;4:27–31 (in Russ.).

6. Evers S. H., McParland S., Delaby L., Pierce K. M., Horan B. Analysis of milk solids production and mid-lactation bodyweight to evaluate cow production efficiency on commercial dairy farms. Livestock Science, 2021;252:104691. DOI: 10.1016/j.livsci.2021.104691.

7. Goldsmith K., Lefler J., Embree M., VandeHaar M. J. The effect of supplementing native rumen microbes on milk production of dairy cows. JDS Communications, 2023;4;1:31–34. DOI: 10.3168/jdsc.2022-0250.

8. Babukhadiya K. R., Perepelkina L. I., Terekhov S. B. Application of the feed concentrate "Cowfresh" for newly-calved cows. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2022;1(61):27–36 (in Russ.). DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-27-35.

9. Gaidukova E. M., Sharvadze R. L., Krasnoshchekova T. A., Perepelkina L. I., Babukhadiya K. R. Effect of "Active Mix" and "Ecostimul-2" feed additives on the productivity of newly calved cows. *Dostizheniya nauki i tehniki APK,* 2020;34;4:64–67 (in Russ.). DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10413.

10. Sharvadze R. L., Babukhadiya K. R., Terekhov S. B. Evaluation of the effectiveness of feed concentrate use during cow milking. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2021;1(61):79–86 (in Russ.). DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-79-86.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 06.12.2023; принята к публикации 11.12.2023.

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 06.12.2023; accepted for publication 11.12.2023.

Информация об авторах

Бабухадия Кетеван Рубеновна, *доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, babukhadiya@mail.ru;*

Бурмага Андрей Владимирович, *доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, burmaga@mail.ru;*

Курков Юрий Борисович, *доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет;*

Перепелкина Любовь Ивановна, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, perepelkina79@gmail.com;*

Терехов Сергей Борисович, *соискатель, ООО «АНК холдинг», Genafolin@mail.ru;*

Камышенцев Сергей Гуламжанович, *аспирант, kamyshentsevsg@gmail.com*

Information about the authors

Ketevan R. Babukhadiya, *Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, babukhadiya@mail.ru;*

Andrey V. Burmaga, *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, burmaga@mail.ru;*

Yuri B. Kurkov, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University;*

Lyubov I. Perepelkina, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, perepelkina79@gmail.com;*

Sergey B. Terekhov, *Degree-Seeker, LLC «ANK-Holding», Genafolin@mail.ru;*

Sergey G. Kamyshentsev, *Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University, kamyshentsevsg@gmail.com*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 619:616.33-008.3:636
EDN MHNPEI

Динамика гематологических показателей на фоне препаратов-адсорбентов при диспепсии у телят

Кристина Александровна Воронова[1], **Людмила Владимировна Клетикова**[2]
[1, 2] Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет
Ивановская область, Иваново, Россия
[1] chris.raven241713@yandex.ru, [2] doktor_xxi@mail.ru

Аннотация. Основная проблема заболеваний пищеварительной системы на животноводческих комплексах заключается в низкой адаптивной способности организма молодняка. В дальнейшем выявляется большой процент заболеваемости диспепсией. В результате нарушения технологий выращивания молодняка, резкий переход в кормлении провоцирует появление алиментарной диспепсии. Кроме изменений в клиническом статусе телят, можно выявить изменения гематологического профиля. Специалисты преимущественно анализируют результаты общего анализа крови, что не отражает объективную картину заболевания. Более корректным является рассмотрение динамики интегральных индексов крови. В статье представлены результаты анализа лейкоцитарного индекса интоксикации (Кальф-Калиф), модифицированного лейкоцитарного индекса интоксикации (Рейс), индекса сдвига лейкоцитов (Яблучанский), ядерного индекса (Даштаянц), индекса адаптации (Гаркави), индекса аллергизации (Кобец и соавт.). Данное исследование позволило в полной мере определить степень интоксикации и аллергизации, уровень сдвига лейкоцитарной формулы и адаптации организма. В начале развития болезни у телят выявляется незначительная интоксикация, развивается аллергическая реакция и тканевая деградация. Полученные данные позволяют подобрать схему терапии, включающую энтеросорбенты. При интеграции сорбционных препаратов в основную схему лечения отмечаются нормализация процессов кроветворения и интегральных гематологических индексов, улучшение адаптационного потенциала, более быстрое восстановление организма телят после заболевания, снижение интоксикации.

Ключевые слова: телята, диспепсия, общий анализ крови, гематологические интегральные индексы, сорбционная терапия

Для цитирования: Воронова К. А., Клетикова Л. В. Динамика гематологических показателей на фоне препаратов-адсорбентов при диспепсии у телят // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 85–92.

Original article

Dynamics of hematological parameters against the background of adsorbent drugs for dyspepsia in calves

Kristina A. Voronova[1], **Lyudmila V. Kletikova**[2]
[1, 2] Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biotechnology
Ivanovo region, Ivanovo, Russia
[1] chris.raven241713@yandex.ru, [2] doktor_xxi@mail.ru

Abstract. The main problem of diseases of the digestive system on livestock farms is the low adaptive capacity of young animal body. Subsequently, a large percentage of dyspepsia incidence is revealed. Violations of technologies for raising young animals result in a sharp transition in feeding and provoke the appearance of nutritional dyspepsia. Changes can be observed not only in the clinical status of calves, but in the hematological profile. Specialists primarily analyze the results of a general blood test, which does not reflect an objective picture of the disease. It would be more correct to consider the dynamics of integral blood indices. The article presents the results of the analysis of leukocyte intoxication index (Kalf-Kalif), modified leukocyte intoxication index (Reis), leukocyte shift index (Yabluchansky), nuclear index (Dashtayants), adaptation index (Garkavi), allergization index (Kobets and co-authors). This study makes it possible to fully determine the degree of intoxication and allergization, the level of shift in the leukocyte formula and adaptation of the body. At the beginning of the development of the disease, calves exhibit minor intoxication, an allergic reaction and tissue degradation develop. The data obtained make it possible to select a treatment regimen that includes enterosorbents. Integrating of sorption drugs into the main treatment regimen lead to normalization of hematopoietic processes and integral hematological indices. More over, improvement of adaptive potential, faster recovery of the body of calves after illness, and reduction of intoxication are noted.

Keywords: calves, dyspepsia, general blood test, hematological integral indices, sorption therapy

For citation: Voronova K. A., Kletikova L. V. Dynamics of hematological parameters against the background of adsorbent drugs for dyspepsia in calves. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:85–92 (in Russ.).

Введение. В настоящее время российский АПК находится на стадии активного развития [1]. Интенсивность молочного производства изменяет функциональную активность физиологических систем организма [2] и приводит к жесткому «ограничителю» в виде масштабного распространения желудочно-кишечных патологий среди молодняка крупного рогатого скота.

Ежегодно более 70 % телят в раннем постнатальном периоде подвержены заболеваниям с нарушением функции органов пищеварения. От 60 до 90 % случаев падежа от нарушения функции пищеварения приходится на новорожденных животных [3]. Новорожденные телята имеют слабый иммунитет, а их желудочно-кишечный тракт практически стерилен [4]. Вся сложность диагностики и терапии заключается в том, что невозможно установить этиологические факторы и механизм развития патологического процесса из-за многообразия антропогенных воздействий на организм новорожденного и его метаболический статус [5].

В этой связи животноводческие объекты несут довольно большие потери, обусловленные падежом среди молодняка, ранней выбраковкой, снижением среднесуточных приростов, высоким риском заболевания вторичными инфекциями и понесенными затратами на лечебно-профилактические мероприятия [6–9].

Ветеринарная медицина располагает обширным спектром мероприятий для установления диагноза, порой с весьма обременительными финансовыми затратами. Существует более простой способ оценки состояния животных и эффективности проводимой терапии на основании оценки динамики общего анализа крови и интегральных индексов [10].

В связи с этим **целью исследования** *явилась оценка состояния животных с заболеваниями пищеварительной системы, сопровождающимися выраженным диарейным синдромом с помощью анализа гематологических интегральных показателей.*

Материалы и методы исследования. Экспериментальная часть работы выполнена на базе СПК «Рассвет» Гаврилов-Посадского района Ивановской области, аналитическая – на базе центра клинических дисциплин Верхневолжского государственного агробиотехнологического университета.

Объектом для исследования послужили телята голштино-фризской породы, предметом – общий анализ крови и расчетные индексы крови. Кровь получали из яремной вены, в утренние часы до кормления у телят при проявлении первых признаков заболевания, а также после проведения лечения. Общий анализ крови выполняли на гематологическом анализаторе PCE 90Vet. Мазки крови готовили стандартным способом и окрашивали по Романовскому-Гимзе.

Для оценки состояния звеньев иммунной системы применяли **интегральные лейкоцитарные индексы:**

1) *лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИ) Я. Я. Кальф-Калифа*:

$$\text{ЛИИ} = \frac{(4\text{миело} + 3\text{мета} + 2\text{Нпя} + 1\text{Нся})(\text{пл. кл.} + 1)}{(\text{Л} + \text{М})(\text{Э} + 1)} \quad (1)$$

где миело – миелоцит;
мета – метамиелоцит;
Нпя – нейтрофил палочкоядерный;
Нся – нейтрофил сегментоядерный;
пл. кл. – плазматическая клетка,
Л – лимфоцит;
М – моноцит;
Э – эозинофил.

2) *модифицированный лейкоцитарный индекс интоксикации (ЛИИр) Б. А. Рейса*:

$$\text{ЛИИр} = \frac{\text{Нся} + \text{Нпя} + \text{мета} + \text{миело}}{\text{М} + \text{Л} + \text{Э}} \quad (2)$$

3) *индекс сдвига лейкоцитов (ИСЛ) по Н. И. Яблучанскому*:

$$\text{ИСЛ} = \frac{\text{Э} + \text{Б} + \text{миело} + \text{мета} + \text{Нпя} + \text{Нся}}{\text{М} + \text{Л}} \quad (3)$$

где Б – базофил.

4) *ядерный индекс Г. Д. Даштаянца (ЯИ)*:

$$\text{ЯИ} = \frac{\text{М} + \text{мета} + \text{Нпя}}{\text{Нся}} \quad (4)$$

5) *индекс адаптации (ИГ), предложенный Л. Х. Гаркави*:

$$\text{ИГ} = \frac{\text{Л}}{\text{Нся}} \quad (5)$$

6) *индекс аллергизации Т. В. Кобец с соавторами (ИА)*:

$$\text{ИА} = \frac{\text{Л} + 10(\text{Э} + 1)}{\text{Нпя} + \text{Нся} + \text{М} + \text{Б}} \quad (6)$$

Полученные нами данные подвергли математической обработке с помощью программы Microsoft Excel на персональном компьютере.

В СПК «Рассвет» до трехдневного возраста телятам выпаивают молозиво по 3,0–3,5 литра трижды в день. С четырехсуточного возраста телят переводят на кормление кефиром. Кефир готовят путем сквашивания цельного молока водным раствором муравьиной кислоты. Приготовленный кефир хранится в молочном танке в охлажденном состоянии (при температуре от 2 до 4 °C) и доставляется в профилакторий на «молочном такси», снабженном термостатом, что позволяет подогревать кефир до 38 °C.

Отсутствие переходного периода от кормления молозивом до кормления кефиром приводит к диспепсическим расстройствам у телят, что находит проявление в ухудшении общего состояния, угнетении, снижении аппетита, нарушении функции желудочно-кишечного тракта, частой дефекации, изменении свойств каловых масс.

В СПК «Рассвет» для лечения телят с алиментарной диспепсией предусмотрен пятидневный курс препаратами «Сульфетрисан» в дозе 5 мл и «Цианокобаламин» в дозе 2 мл.

В плане фармакологической коррекции функциональных расстройств желудочно-кишечного тракта предложено энтеросорбенты, «Активированный уголь», «Полисорб» и «ЭнтероЗоо» интегрировать в схему стандартной терапии животных. Для этого сформировали из больных диспепсией телят четыре группы – по семь особей в каждой. Первая группа служила контролем, вторая – четвертая группы явились опытными (рис. 1).

Результаты исследования и их интерпретация. При первых признаках заболевания у телят отмечалось замедление скорости оседания эритроцитов более чем в два раза относительно минимального порогового значения, что, вероятно, обусловлено обезвоживанием организма (табл. 1). На фоне проводимой терапии у телят 1–3 групп отмечено снижение ко-

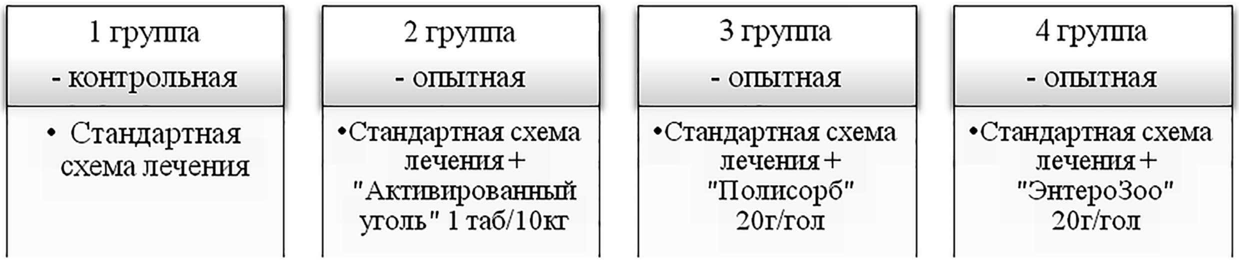


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента
Figure 1 – Experiment scheme

Таблица 1 – Общий анализ крови телят с первыми признаками алиментарной диспепсии, n=7, M±m
Table 1 – General blood test of calves with nutritional dyspepsia first signs, n=7, M±m

Показатель	Референс*	Результат исследования				
		до лечения	первая группа (контрольная)	опытные группы		
				2 группа	3 группа	4 группа
Эритроциты, $\times 10^{12}$/л	5,00–10,0	5,71±0,24	5,2±0,2	5,3±0,35	5,07±0,5	6,2±0,33
СОЭ, мм/час	0,5–1,5	0,20±0,05	0,44±0,06	0,41±0,10	0,41±0,05	0,5±0,03
Лейкоциты, $\times 10^{9}$/л	4,0–12,0	9,84±0,23	4,60±0,20	6,70±0,10	6,30±0,5	9,20±1,2
Базофилы, %	3,0–20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лимфоциты, %	45,0–75,0	62,5±2,06	81,10±2,60	80,3±1,7	67,6±3,9	55,9±0,6
Нейтрофилы, % палочкоядерные	2,0–5,0	5,75±0,82	1,20±0,90	1,40±0,50	1,70±1,1	3,90±0,4
сегментоядерные	20,0–35,0	23,25±1,29	11,90±1,30	12,10±1,2	25,4±1,5	32,7±2,5
Эозинофилы, %	4,0–8,0	5,50±0,50	5,80±0,10	4,80±0,30	5,20±0,3	5,30±0,2
Моноциты,%	2,0–7,0	1,50±0,05	1,14±0,50	1,30±0,15	1,1±0,05	2,4±0,31
* Медведева М. А., 2008 [11].						

личества эритроцитов и лейкоцитов, циркулирующих в периферической крови. У животных четвертой группы выявлено увеличение концентрации форменных элементов относительно контрольной группы и остальных опытных групп.

В начале развития заболевания у телят не отмечалось значимых изменений в лейкограмме. Проводимое лечение по схеме, принятой в хозяйстве, у телят первой группы привело к увеличению процентной концентрации лейкоцитов и одновременному снижению нейтрофилов (табл. 1). Умеренный лимфоцитоз служит признаком активации иммунной системы в борьбе с патологическим процессом, в то время как нейтропения уже является признаком дефицита фагоцитарного звена иммунитета.

Во второй группе телят на фоне внедрения в схему лечения активированного угля имеется та же тенденция, что и в первой группе. В третьей группе животных, получивших «Полисорб», отмечено недостоверное снижение процентной концентрации моноцитов, а также снижение лимфоцитов и повышение сегментоядерных нейтрофилов до референсных значений. В четвертой группе на фоне применения «ЭнтероЗоо» лейкограмма соответствовала физиологической норме (табл. 1).

Для оценки тяжести состояния телят, больных диспепсией, нами рассчитан ряд показателей, демонстрирующих степень выраженности интоксикации, аллергизации и адаптационный потенциал животных.

Лейкоцитарный индекс интоксикации Я. Я. Кальф-Калифа показывает количественное выражение сдвига лейкоцитарной формулы в сторону нейтрофилов, а также является показателем процессов тканевой деградации и уровня интоксикации организма. Наиболее достоверным показателем интоксикации является индекс Б. А. Рейса, при оценке которого можно определить выраженность воспалительного процесса в организме.

Индекс интоксикации Н. И. Яблучанского служит маркером воспалительного процесса в организме. Показатель менее одной условной единицы не указывает на воспалительный процесс.

Индекс адаптации Л. Х. Гаркави является показателем сбалансированной ответной реакции клеток крови на стресс-фактор. Индекс аллергизации выступает своеобразным маркером развития аллергической реакции (табл. 2).

У телят, больных диспепсией, обнаружено, что ЛИИ находился на нижней границе физиологической нормы и составил 0,06 усл. ед., а ЛИИр – 0,36 усл. ед., что может говорить о незначительной интоксикации организма.

ИСЛ составил 0,51 усл. ед., ядерный индекс Г. Д. Даштаянца – 0,46 усл. ед., что говорит об удовлетворительном состоянии животных. Также индекс Гаркави не выходил за пределы референсных значений, что свидетельствует о сбалансированности ответной реакции кровяных клеток на стресс-фактор.

Индекс аллергизации (3,25 усл. ед.) указывает на развитие аллергической реакции и возможное ухудшение состояния животных при несвоевременном лечении.

При проведении анализа интегральных показателей крови у опытных групп животных получили следующие показатели: у телят, проходивших терапию по стандартной схеме лечения, индекс интоксикации снизился на 68,0 % и составил 0,03 усл. ед.; у телят, в схему лечения которых интегрировали активированный уголь, индекс снизился на 42 % и равен 0,03 ул. ед.; при терапии с препаратом «Полисорб» индекс не претерпел изменений; при применении «ЭнтероЗоо» индекс Я. Я. Кальф-Калифа увеличился до 0,11, но не превысил референсного диапазона.

У телят, проходивших стандартную терапию, и при использовании в стандартной схеме активированного угля, ЛИИр снизился; при использовании препаратов «Полисорб» и «ЭнтероЗоо» – повысился.

Индекс сдвига лейкоцитов и ядерный индекс Г. Д. Даштаянца всецело отражают сдвиги в лейкограмме (табл. 1, 2). Наиболее высокий индекс Л. Х. Гаркави

Таблица 2 – Лейкоцитарные индексы телят до и после лечения, n=7, M±m
Table 2 – Leukocyte indices of calves before and after treatment, n=7, M±m

Показатель	Референс	Результат исследования				
		до лечения	1 группа	2 группа	3 группа	4 группа
ЛИИ	0,03–0,16	0,07	0,03	0,03	0,07	0,11
ЛИИр	0,15–0,80	0,36	0,15	0,16	0,37	0,57
ИСЛ	0,20–0,85	0,51	0,23	0,22	0,47	0,71
ЯИ	0,05–0,54	0,46	0,07	0,09	0,07	0,06
ИГ	2,10–7,25	2,30	7,24	6,63	2,66	1,7
ИА	2,70–3,50	3,25	10,47	9,32	4,60	3,05

отмечен у телят при применении стандартной схемы лечения, в опытных группах отмечено снижение показателя. Индекс аллергизации при стандартной схеме лечения наиболее высокий и существенно снижается при внедрении в процесс лечения препаратов «Полисорб» и «Энтеро-Зоо» (табл. 2).

Симптомы заболевания при применении препаратов-адсорбентов в совокупности со стандартной схемой в процессе терапии менее выражены. На контрольный день исследования у телят, проходивших лечение по стандартной схеме, сохранялись нарушения аппетита, акта дефекации и свойств кала. У телят, получавших препарат-адсорбенты, аппетит восстановлен, двигательная активность повышена, акт дефекации и физические свойства кала соответствовали физиологическим нормам.

Заключение. *На фоне проведенной сорбционной терапии отмечено:*

1) более быстрое восстановление физиологических параметров – двигательной активности, аппетита, акта дефекации и свойств кала;

2) нормализация процессов кроветворения;

3) снижение интоксикации и улучшение общего адаптационного потенциала телят.

Список источников

1. Сычев С. М., Бельченко С. А., Малявко Г. П., Дронов А. В., Осипов А. А. Динамика развития агропромышленного комплекса (на примере Брянской области – 2022, 2023 годы) // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 3–9. DOI: 10.52691/2500-2651-2023-95-1-3-9.

2. Горелик А. С. Физиологическое обоснование применения «Альбитбио» у молочных телят для коррекции обменных процессов, повышения сохранности и скорости роста : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2018. 20 с.

3. Спиридонов А. Г. Этиология желудочно-кишечных заболеваний телят и поросят в хозяйствах Среднего Поволжья и Предуралья // Ученые записки Казанского государственного ветеринарного института имени Н. Э. Баумана. 2010. № 206. С. 200–204.

4. Корякина Л. П., Борисов Н. И. Особенности физиолого-биохимического статуса крови телят в период раннего постнатального онтогенеза // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. № 43. С. 127–131.

5. Калинкина Ю. В., Федорин А. А., Калюжный И. И., Чуленев А. С. Степень распространения и факторы, способствующие заболеваемости новорожденных телят неонатальным гастроэнтеритом // Аграрный научный журнал. 2023. № 2. С. 86–90. DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp86-90.

6. Наумов Н., Наумов М. Способ предупреждения диарейного синдрома у новорожденных телят // Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2021. № 12. С. 43–46.

7. Quigley J. D., Kost C. J., Wolfe T. M. Absorption of protein IgG and in calves fed a colostrum supplement or replacer // Journal of Dairy Science. 2002. Vol. 85. P. 1243–1248. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74188-X.

8. Топурия Л. Ю., Топурия Г. М. Функциональное состояние организма телят раннего возраста при желудочно-кишечной патологии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023. № 1 (99). С. 193–197. DOI: 10.37670/2073-0853-2023-99-1-193-197.

9. Рогалева Е. В., Семененко М. П., Кузьминова Е. В., Абрамов А. А., Семененко К. А. Лечение функциональных расстройств желудочно-кишечного тракта телят комплексным препаратом на основе монтмориллонта // Ученые записки Казанского государственного ветеринарного института имени Н. Э. Баумана. 2020. Т. 242. С. 144–149. DOI: 10.31588/2413-4201-1883-242-2-144-149.

10. Воронова К. А., Клетикова Л. В. Оценка адаптационного потенциала телят при первых признаках алиментарной диспепсии // Аграрный Вестник Верхневолжья. 2022. № 3 (40). С. 45–50. DOI: 10.35523/2307-5872-2022-40-3-45-50.

11. Медведева М. А. Клиническая ветеринарная лабораторная диагностика. Справочник для ветеринарных врачей. М. : Аквариум-Принт, 2008. 416 с.

References

1. Sychyov S. M., Belchenko S. A., Malyavko G. P., Dronov A. V., Osipov A. A. Dynamics of development of the agro-industrial complex (on the example of the Bryansk region – 2022, 2023). *Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii,* 2023;1:3–9 (in Russ.) DOI: 10.52691/2500-2651-2023-95-1-3-9.

2. Gorelik A. S. Physiological rationale for the use of "Albitbio" in dairy calves to correct metabolic processes, increase safety and growth rate. *Extended abstract of candidate's thesis.* Kazan', 2018, 20 p. (in Russ.).

3. Spiridonov A. G. Gastro-intestinal diseases etiology in calves and piglets on the farms of Middle Volga region and Preduralye. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo veterinarnogo instituta imeni N. E. Baumana,* 2011;206:200–204 (in Russ.).

4. Koryakina L. P., Borisov N. I. Physiological and biochemical status features of blood of calves during early postnatal ontogenesis. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2016;43:127–131 (in Russ.).

5. Kalinkina Yu. V., Fedorin A. A., Kalyuzhny I. I., Chulenev A. S. The prevalence and factors contributing to the incidence of neonatal gastroenteritis in newborn calves. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal,* 2023;2:86–90 (in Russ.). DOI: 10.28983/asj.y2022i2pp86-90.

6. Naumov N., Naumov M. A method of prevention of diarrhea syndrome in newborn calves. *Veterinariya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh,* 2021;12:43–46 (in Russ.).

7. Quigley J. D., Kost C. J., Wolfe T. M. Absorption of protein IgG and in calves fed a colostrum supplement or replacer. Journal of Dairy Science, 2002;85:1243–1248. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(02)74188-X.

8. Topuria L. Yu., Topuria G. M. Functional state of the body of young calves with gastrointestinal pathology. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2023;1(99):193–197 (in Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2023-99-1-193-197.

9. Rogaleva E. V., Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Abramov A. A., Semenenko K. A. Treatment of functional disorders of the gastrointestinal tract of calves with a complex drug based on montmorillonite. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo veterinarnogo instituta imeni N. E. Baumana,* 2020;242:144–149 (in Russ.). DOI: 10.31588/2413-4201-1883-242-2-144-149.

10. Voronova K. A., Kletikova L. V. Assessment of the adaptive potential of calves at the first signs of nutritional dyspepsia. *Agrarnyi Vestnik Verkhnevolzh'ya,* 2022;3(40):45–50 (in Russ.). DOI: 10.35523/2307-5872-2022-40-3-45–50.

11. Medvedeva M. A. *Clinical veterinary laboratory diagnostics. Handbook for veterinarians,* Moscow, Akvarium-Print, 2008. 416 p. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 17.10.2023; одобрена после рецензирования 20.11.2023; принята к публикации 29.11.2023.

The article was submitted 17.10.2023; approved after reviewing 20.11.2023; accepted for publication 29.11.2023.

Информация об авторах

Воронова Кристина Александровна, *аспирант, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, chris.raven241713@yandex.ru;*

Клетикова Людмила Владимировна, *доктор биологических наук, профессор, Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет, doktor_xxi@mail.ru*

Information about the authors

Kristina A. Voronova, *Postgraduate Student, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biotechnology, chris.raven241713@yandex.ru;*

Lyudmila V. Kletikova, *Doctor of Biological Sciences, Professor, Verkhnevolzhsk State University of Agronomy and Biotechnology, doktor_xxi@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 636.22/.28:591.4
EDN IWKZZS

Морфологические показатели крови молочного поголовья крупного рогатого скота на фоне применения комбинированного премикса

Антон Павлович Лашин[1], Никита Игоревич Максимов[2], Алексей Николаевич Чубин[3]
[1] Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (Калужский филиал) Калужская область, Калуга, Россия
[2] Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, Москва, Россия
[3] Сеть ветеринарных центров «Слон», Краснодарский край, Сочи, Россия
[1] ant.lashin@yandex.ru, [2] kit4862@mail.ru

Аннотация. Для изучения влияния комбинированного премикса на морфологические показатели крови эксперимент был разделен на два этапа. На первом этапе было отобрано 20 здоровых голов крупного рогатого скота молочной породы, которые были разделены на две группы: контрольную и опытную, по 10 голов в каждой. Контрольная группа животных получала рацион, принятый на животноводческом комплексе, опытная – с добавлением комбинированного премикса в дозе 300 мг/кг. На втором этапе отобрано 20 лактирующих молочных коров с субклинической формой мастита, которые были разделены на две группы: первую опытную и вторую опытную, по 10 голов в каждой. Первая опытная группа подвергалась общепринятой схеме лечения воспаления молочных желез, в то время как вторая опытная группа дополнительно получала комбинированный премикс. Результаты гематологических исследований у животных регистрировали на 1; 30 и 60 дни, с целью определения уровня наиболее значимых форменных элементов крови. Результаты исследования показывают, что на первом этапе исследований комбинированный премикс влияет на содержание уровня лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, нейтрофилов и другие иммунные клетки в крови здоровых коров, однако не оказывает значимого влияния на показатели эритроцитов, гемоглобина, тромбоцитов по сравнению с контрольной группой. На втором этапе исследований у животных с субклинической формой мастита комбинированный премикс снижает количество эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов, а также количество нейтрофилов и лейкоцитов. Таким образом, комбинированный премикс оказывает выраженное влияние на клинические показатели крови у молочного поголовья крупного рогатого скота.

Ключевые слова: комбинированный премикс, молочное поголовье, клинические показатели крови

Для цитирования: Лашин А. П., Максимов Н. И., Чубин А. Н. Морфологические показатели крови молочного поголовья крупного рогатого скота на фоне применения комбинированного премикса // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 93–98.

Original article

Blood morphological indicators of dairy cattle with a background of application of a combined premix

Anton P. Lashin[1], Nikita I. Maksimov[2], Aleksei N. Chubin[3]
[1] Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Kaluga Branch), Kaluga region, Kaluga, Russia
[2] Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, Moscow, Russia

[3] Network of veterinary centers "Elephant", Krasnodar krai, Sochi, Russia
[1] ant.lashin@yandex.ru, [2] kit4862@mail.ru

Abstract. A two-stage experiment was conducted in order to study the effect of a combined premix on blood morphological parameters. At the first stage, 20 healthy dairy cows were selected and divided into two groups: control and experimental, 10 animals in each. The control group of animals was fed with a standard diet adopted at the livestock complex, the experimental group – with a diet with the addition of a combined premix, at a dose of 300 mg/kg. At the second stage, 20 lactating dairy cows with subclinical mastitis were selected and divided into two groups: the first experimental and second experimental groups, 10 animals in each. The first experimental group was subjected to the generally accepted treatment regimen for inflammation of the mammary glands, while the second experimental group additionally received a combined premix. The results of hematological studies in animals were recorded on days 1; 30 and 60, in order to determine the level of the most significant blood elements. The results of the study show that at the first stage of research the combined premix affects the level of leukocytes, lymphocytes, monocytes, neutrophils and other immune cells in the blood of healthy cows, but does not have a significant effect on the levels of red blood cells, hemoglobin, platelets, compared with the control group. At the second stage of research, in animals with subclinical mastitis, the combined premix reduces the number of red blood cells, hemoglobin and platelets, as well as the number of neutrophils and leukocytes. Thus, the combined premix has a pronounced effect on clinical blood parameters in dairy cattle.

Keywords: combined premix, dairy stock, clinical blood indicators

For citation: Lashin A. P., Maksimov N. I., Chubin A. N. Blood morphological indicators of dairy cattle with a background of application of a combined premix. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:93–98 (in Russ.).

Введение. Мастит является воспалительным заболеванием вымени у животных, чаще всего коров. Заболевание вызвано различными микроорганизмами, такими как бактерии, грибки и вирусы, которые попадают в вымя через поврежденные соски или по другим путям инфицирования.

Мастит может привести к снижению удоев молока, его качества и безопасности, а также к увеличению расходов на ветеринарные услуги, лечение и замену больных животных. Это может негативно повлиять на экономику хозяйства, особенно если заболевание становится эпидемическим [1, 2].

Кроме того, мастит является причиной болезненных ощущений у животных и может привести к преждевременной их выбраковке [3]. Нагрузка на организм животного, связанная с чрезмерным и частым метаболизмом противомикробных препаратов, а также их длительная экскреция из организма, могут вызвать нарушения со стороны желудочно-кишечного тракта и печени у животных. Поэтому введение в рацион кормовых премиксов с содержанием минеральных биологически активных веществ является важной составляющей, направленной на профилактику развития вторичных патологий пищеварительного тракта и иммунной системы на фоне длительного применения антимикробных средств [4, 5].

Комбинированный премикс представляет собой кормовую добавку, в состав которой входит перечень минеральных веществ, с заранее рассчитанным их количеством, необходимым для клинико-терапевтического действия (мг): железо – 4 200; медь – 2 800; цинк – 11 200; марганец – 3 360; селен – 2 800; йод – 112; кобальт – 280; витамин А – 32 000 МЕ; витамин D – 31 000 МЕ; витамин Е – 4 000.

Доказано, что данные минеральные вещества положительно сказываются на молочной продуктивности, улучшают иммунный ответ организма, по сравнению с общепринятыми антибиотическими добавками, а также вызывают профилактирующее действие в отношении развития диарейного синдрома, респираторных заболеваний, болезней обмена веществ, снижения уровня стресса и других полипатогенных патологий.

Целью исследования *является изучение влияния комбинированного премикса на уровень морфологических показа-*

телей крови с целью фармакологической коррекции мастита молочных коров.

Поставленная цель предопределила решение следующих задач:

1. Оценить влияние комбинированного премикса на морфологические показатели крови здоровых животных на начало, середину и конец экспериментального периода.

2. Проанализировать влияние комбинированного премикса на морфологические показатели крови больного поголовья крупного рогатого скота с субклинической формой мастита в различные периоды опыта.

Материал и методы исследования. Исследования выполнены в ООО СП «Калужское» в весенний период, где по методу пар-аналогов было отобрано 40 голов крупного рогатого скота голштинской породы на первом – втором месяцах лактации. Для изучения влияния комбинированного премикса на морфологические показатели крови эксперимент был разделен на два этапа.

На первом этапе опыта было отобрано 20 голов здорового крупного рогатого скота молочной породы, которых для достоверности эксперимента разделили на две группы: контрольную и опытную, по 10 голов в каждой.

На втором этапе отобрано 20 лактирующих молочных коров с субклинической формой мастита, которые также были разделены на две группы: первую опытную и вторую опытную группы, по 10 голов в каждой.

Контрольной группе животных задавали рацион, принятый на животноводческом комплексе, а опытной – с добавлением комбинированного премикса в дозе равной 300 мг/кг.

Морфологические параметры крови (количество эритроцитов, средний объем эритроцитов, гематокрит, ширину распределения объема эритроцитов, уровень гемоглобина, среднее количество эритроцитов, количество гемоглобина, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроцитах, количество тромбоцитов, средний объем тромбоцитов, ширину распределения тромбоцитов) определяли на автоматическом гематологическом анализаторе (Clima MC-15, Китай). Изменения гематологических показателей у животных регистрировали на первый, 30-й и 60-й дни исследования.

Оценку достоверности различия групповых средних анализировали по t-критерию Стьюдента.

Начальным этапом проведения исследований явилась оценка влияния комбинированного премикса на клинические показатели крови здорового и больного поголовья крупного рогатого скота с субклинической формой мастита в течение проведения опыта. На данном этапе были задействованы все группы животных, у которых проводили забор крови, с последующим учетом изменений ключевых клинических показателей.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты гематологических исследований показали, что в период проведения опыта уровень эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов в периферической крови животных опытной группы был практически аналогичным с контрольной. Однако, на всем протяжении эксперимента, уровень лейкоцитов в контрольной группе был ниже по сравнению с опытной. В то же время на 30-й и 60-й дни опыта в группе животных, получавших комбинированный премикс, достоверно увеличилось количество лимфоцитов и нейтрофилов по сравнению с контролем (табл. 1).

Таким образом, можно отметить, что комбинированный премикс не оказывает значительного влияния на уровень морфологических показателей крови, таких как эритроциты, тромбоциты и гемоглобин, но, в то же время, увеличивает уровень иммунокомпетентных клеток: лейкоцитов, лимфоцитов, моноцитов, а также нейтрофилов.

Следующим этапом опыта явился анализ влияния комбинированного премикса на морфологические показатели крови дойных коров с субклинической формой мастита. Результаты исследования показывают, что на 30-е сутки эксперимента уровень лейкоцитов в первой опытной группе был увеличен незначительно, что может быть обусловлено активной резистентностью к патогенным бактериям. В сравнительном аспекте уровень лейкоцитов у крупного рогатого скота с субкли-

Таблица 1 – Влияние комбинированного премикса на морфологические показатели крови здорового поголовья крупного рогатого скота, M±m

Table 1 – Effect of a combined premix on morphological indicators of blood of healthy cattle, M±m

Показатели	Группы животных	Дни опыта, сут.		
		1	30	60
Эритроциты, $\times 10^{12}$/л	контрольная, n=10	6,5±0,20	6,6±0,03	6,7±0,07
	опытная, n=10	6,6±0,17	6,6±0,12	6,7±0,03
Лейкоциты, $\times 10^{9}$/л	контрольная, n=10	7,6±0,45**	8,4± 0,17**	8,7±0,34**
	опытная, n=10	8,1±0,47*	8,7±0,34*	9,1±0,43*
Гемоглобин, г/л	контрольная, n=10	109,0±10,85	112,5±9,03	112,7±9,20
	опытная, n=10	108,9±8,88	112,0±8,53	108,2±13,05
Тромбоциты, $\times 10^{9}$/л	контрольная, n=10	43,5±43,12	453,3±30,24	465,0±30,65
	опытная, n=10	43,1±31,11	456,3±23,69	454,6±29,61
Лимфоциты, $\times 10^{9}$/л	контрольная, n=10	2,5±0,23**	2,4±0,25**	2,4±0,22**
	опытная, n=10	2,8±0,09*	2,7±0,32*	2,7±0,27*
Моноциты, $\times 10^{9}$/л	контрольная, n=10	0,6±0,15	0,5±10,16**	0,6±0,14**
	опытная, n=10	0,5±0,18	0,7±0,18*	0,7±0,14*
Нейтрофилы, $\times 10^{9}$/л	контрольная, n=10	3,4±0,21	3,3±0,33**	3,3±0,19
	опытная, n=10	3,6±0,18	3,7±0,38*	3,7±0,19
* p >0,05; ** p <0,05.				

нической формой мастита в первой опытной группе был выше физиологической нормы, однако во второй опытной группе наблюдалось снижение данного показателя. В процессе проведения исследования количество лимфоцитов и моноцитов во второй опытной группе было увеличено по сравнению с первой, но отличительная разница была незначительной.

Уровень эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов в первой опытной группе достоверно превышал физиологическую норму, когда во второй опытной группе животных данные показатели были ниже данной границы (табл. 2).

Таким образом, результаты проведенных исследований периферической крови показали, что комбинированный премикс способен снижать количество воспалительных клеток у больного поголовья крупного рогатого скота на поздней стадии воспаления молочной железы, а также регулировать уровень эритроцитов, гемоглобина и тромбоцитов.

Заключение. *На основании проведенных исследований можно отметить, что добавляемый в рацион комбинированный премикс не оказывает существенного влияния на уровень эритроцитов, тромбоцитов и гемоглобина у здорового поголовья крупного рогатого скота. Однако на фоне субклинической формы мастита у животных повышается концентрация эритроцитов и гемоглобина, что, на наш взгляд, может быть связано с гемоконцентрацией, вызванной обезвоживанием.*

Также добавление комбинированного премикса в рацион способно регулировать уровень лимфоцитов и других иммунных клеток крови, что указывает на возможность улучшения иммунного статуса здорового поголовья животных.

В результате, комбинированный премикс способен облегчить состояние животного на фоне мастита, в том числе и течение самой воспалительной реакции, что подтверждается результатами гематологических исследований.

Таблица 2 – Влияние комбинированного премикса на морфологические показатели крови дойных коров с субклинической формой мастита, M±m

Table 2 – Effect of a combined premix on morphological parameters of blood of dairy cows with subclinical mastitis, M±m

Показатели	Группы животных	Дни опыта, сут.		
		1	30	60
Эритроциты, $\times10^{12}$/л	опытная 1, n=10	7,7±0,18	7,6±0,25	7,5±0,19
	опытная 2, n=10	7,4±0,19	7,1±0,91	7,3±0,18
Лейкоциты, $\times10^{9}$/л	опытная 1, n=10	11,0±0,62	12,1±0,59*	12,3±0,44*
	опытная 2, n=10	11,6±0,36	11,9±0,58**	11,7±0,54**
Гемоглобин, г/л	опытная 1, n=10	118,5±18,82	125,6±34,89	129,6±34,48
	опытная 2, n=10	103,2±28,42	119,6±33,25	114,6±28,96
Тромбоциты, $\times10^{9}$/л	опытная 1, n=10	449,2±28,62	435,7±20,00	438,7±16,44
	опытная 2, n=10	445,4±13,02	431,4±14,65	430,1±24,60
Лимфоциты, $\times10^{9}$/л	опытная 1, n=10	2,5±0,20	2,2±0,21	2,4±0,20
	опытная 2, n=10	2,4±0,25	2,5±0,30	2,6±0,33
Моноциты, $\times10^{9}$/л	опытная 1, n=10	0,8±0,39	0,7±0,17	0,6±0,16
	опытная 2, n=10	0,8±0,25	0,7±0,17	0,7±0,18
Нейтрофилы, $\times10^{9}$/л	опытная 1, n=10	6,2±0,16	6,9±0,39*	6,2±0,53**
	опытная 2, n=10	6,2±0,14	6,5±0,47**	5,8±0,48**
* p >0,05; ** p <0,05.				

Список источников

1. Брюхно О. Ю., Агапов С. Ю., Липова Е. А., Рябов М. А., Агапова В. Н. Премикс ЗП61-2С в кормлении молодняка крупного рогатого скота // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2022. № 25–1. С. 240–248. EDN: XUTEYA.

2. Ланцов А. В., Лебедев С. Г., Минаков В. Н., Истранин Ю. В., Истранина Ж. А. Влияние кормового концентрата на молочную продуктивность коров // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2020. Т. 56. № 1. С. 113–116. EDN: RONCEK.

3. Максимов Н. И., Лашин А. П. Влияние витаминно-терапевтического премикса на клинические показатели крови и молочную продуктивность дойных коров // Эколого-биологическое благополучие растительного и животного мира : материалы междунар. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 120.

4. Максимов Н. И., Лашин А. П. Влияние малых пептидов на молочную продуктивность и биохимические показатели сыворотки крови молочных коров // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. № 2 (62). С. 91–97. DOI: 10.22450/19996837_2022_2_91.

5. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements indicators of diary productivity and blood morphological composition of cattle // INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference. Springer, 2023. P. 79–89. DOI: 10.1007/978-3-031-21432-5.

References

1. Bryukhno O. Yu., Agapov S. Yu., Lipova E. A., Ryabov M. A., Agapova V. N. Premix ZP61-2S in feeding of young cattle. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva,* 2022;25–1:240–248 (in Russ.). EDN: XUTEYA.

2. Lantsov A. V., Lebedev S. G., Minakov V. N., Istranin Yu. V., Istranina Zh. A. Efficiency of use of the stimulus feed concentrate in the diets of dairy cows. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny,* 2020;56(1):113–116 (in Russ.).

3. Maksimov N. I., Lashin A. P. Effect of vitamin therapeutic premix on blood clinical indicators and milk productivity of dairy cattle. Proceedings from Ecological and biological well-being of flora and fauna: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya.* (PP. 120), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2022 (in Russ.).

4. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of small peptides on milk productivity and biochemical indicators of blood serum of dairy cows. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2022;2(62):91–97 (in Russ.). DOI: 10.22450/19996837_2022_2_91.

5. Maksimov N. I., Lashin A. P. Influence of vitamin supplements indicators of diary productivity and blood morphological composition of cattle. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 79–89), Springer, 2023 EDN: UWRAXF.

Статья поступила в редакцию 25.10.2023; одобрена после рецензирования 07.12.2023; принята к публикации 12.12.2023.

The article was submitted 25.10.2023; approved after reviewing 07.12.2023; accepted for publication 12.12.2023.

Информация об авторах

Лашин Антон Павлович, *доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарии и физиологии животных, Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева (Калужский филиал), ant.lashin@yandex.ru;*

Максимов Никита Игоревич, *доктор сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и кормопроизводства, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К. И. Скрябина, kit4862@mail.ru;*

Чубин Алексей Николаевич, *доктор ветеринарных наук, руководитель сети ветеринарных центров «Слон»*

Information about the authors

Anton P. Lashin, *Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Veterinary and Animal Physiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (Kaluga Branch), ant.lashin@yandex.ru;*

Nikita I. Maksimov, *Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Feeding and Feed Production, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K. I. Skryabin, kit4862@mail.ru;*

Aleksei N. Chubin, *Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Network of Veterinary Centers "Elephant"*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 619:616.36-076:636.4
EDN KCRCJZ

Сывороточно-биохимические синдромы при гепатопатиях свиноматок: изменения и их диагностическая значимость

Сергей Владимирович Петровский[1], Игорь Викторович Котович[2]
[1] Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины
Витебская область, Витебск, Республика Беларусь
[2] Витебский ордена «Дружбы народов» государственный медицинский университет
Витебская область, Витебск, Республика Беларусь
[1] vsavm_sergey@tut.by, [2] ivkotovich@mail.ru

Аннотация. Исследовано изменение биохимического состава крови свиноматок при гепатопатиях (остром и хроническом гепатозе, циррозе печени). Группы свиноматок формировались на основании макроскопических изменений в печени, выявленных при их послеубойном осмотре. Биохимические показатели крови были сгруппированы в 4 сывороточно-биохимических синдрома болезней печени: воспалительно-мезенхимальный, гепатодепрессивный, цитолитический и холестатический. Изменения состава крови свиноматок, характеризующие воспалительно-мезенхимальный синдром, были установлены при всех гепатопатиях. Положительная тимоловая проба, снижение альбумин-глобулинового соотношения, повышение концентрации глобулинов обуславливались диспротеинемией, развитие которой связано не только с воспалительными, но и дистрофическими, некробиотическими и некротическими изменениями в печени. Синдром гепатодепрессии развивался при хроническом гепатозе и циррозе печени и сопровождался снижением в крови концентраций альбумина, общего холестерола, триглицеридов, мочевины, активности холинэстеразы. Наиболее значимое снижение данных показателей было выявлено при циррозе печени. Цитолитические изменения были установлены при всех гепатопатиях. В большей степени данные изменения (повышения активностей трансаминаз и лактатдегидрогеназы, концентрации билирубина, снижение коэффициента де Ритиса) были выражены в крови свиноматок с острым гепатозом. При синдроме холестаза в крови отсутствовал ряд типичных изменений, что обусловлено снижением образования в печени при хроническом гепатозе и циррозе холестерола и прямого билирубина. Повышение активностей γ-глутамилтранспептидазы (выше референтных величин) и щелочной фосфатазы (в сравнении с показателями свиноматок без признаков гепатопатий) в большей степени были выражены в крови животных с признаками хронического гепатоза и цирроза печени. Полученные данные свидетельствуют о тяжелых нарушениях метаболизма у свиноматок при развитии хронических гепатопатий. Результаты исследований могут быть использованы в диагностической работе и при контроле эффективности проводимых лечебно-профилактических мероприятий.

Ключевые слова: гепатопатии, гепатоз, цирроз печени, биохимические показатели крови, сывороточные биохимические синдромы, свиноматки, клинико-биохимическая диагностика

Благодарности: авторы благодарят доцентов кафедры патологической анатомии и гистологии Витебской государственной академии ветеринарной медицины Е. И. Большакову и А. И. Жукова, оказавших консультативную помощь при подготовке статьи.

Для цитирования: Петровский С. В., Котович И. В. Биохимический состав крови у свиноматок при гепатопатиях // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 99–110.

Original article

Serum-biochemical syndromes in sow hepatopathy: changes and their diagnostic significance

Sergei V. Petrovskii[1], Igor V. Kotovich[2]
[1] Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine
Vitebsk region, Vitebsk, Republic of Belarus
[2] Vitebsk Order "Friendship of Peoples" State Medical University
Vitebsk region, Vitebsk, Republic of Belarus
[1] vsavm_sergey@tut.by, [2] ivkotovich@mail.ru

Abstract. This study was devoted to the study of changes in the biochemical composition of the blood of sows with hepatopathy (acute and chronic hepatosis, liver cirrhosis). Groups of sows were formed on the basis of macroscopic changes in the liver, identified during their post-mortem examination. Blood for biochemical research was taken from sows before slaughter. The studied blood biochemical parameters were grouped into 4 serum biochemical syndromes of liver diseases: inflammatory-mesenchymal, hepatodepressive, cytolytic and cholestatic. Changes in the blood composition of sows, characterizing the inflammatory-mesenchymal syndrome, were established in all studied hepatopathy. A positive thymol test, a decrease in the albumin-globulin ratio, an increase in the concentration of globulins were caused by dysproteinemia. Its development is associated not only with inflammatory, but also with dystrophic, necrobiotic and necrotic changes in the liver. The most significant decrease in these indicators was found in liver cirrhosis. Cytolytic changes were established in all studied hepatopathy. To a greater extent, these changes (increased activities of transaminases, bilirubin concentration) were expressed in the blood of sows with acute hepatosis. With cholestasis syndrome, a number of typical changes were absent in the blood, which was due to a decrease in the formation of cholesterol and direct bilirubin in the liver in chronic hepatosis and cirrhosis. An increase in the activities of γ-glutamyl transpeptidase (higher than the reference values) and alkaline phosphatase (in comparison with the indicators of sows without signs of hepatopathy) were more pronounced in the blood of animals with signs of chronic hepatosis and liver cirrhosis. The data obtained indicate severe metabolic disorders in sows with the development of chronic hepatopathy. The results of the research can be used in diagnostic work and in monitoring the effectiveness of ongoing therapeutic and preventive measures.

Keywords: hepatopathy, liver cirrhosis, blood biochemical parameters, serum biochemical syndromes, sows, clinical and biochemical diagnostics

Acknowledgments: the authors thank the Associate Professors of the Department of Pathological Anatomy and Histology of the Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine, E. I. Bolshakova and A. I. Zhukov, who provided advisory assistance in the preparation of the article.

For citation: Petrovskii S. V., Kotovich I. V. Serum-biochemical syndromes in sow hepatopathy: changes and their diagnostic significance. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:99–110 (in Russ.).

Введение. Патологии, характеризующиеся развитием в печени воспалительных и дистрофических изменений, у свиней, содержащихся в условиях промышленных комплексов, регистрируют достаточно часто. В основе этиологии данных болезней лежат преимущественно токсические воздействия [1–3]. Клинические признаки гепатопатий у свиней малоспецифичны и могут служить только предпосылкой для постановки предварительного диагноза [4].

Поэтому ведущее значение при проведении диагностических исследований принадлежит лабораторным биохимическим исследованиям. Для установления диагностически значимых показателей крови проводят моделирование токсических гепатопатий у свиней (гепатита, цирроза) с использованием различных токсикантов [5–8]. При этом следует отметить, что воспроизводство патологий печени проводится у поросят послеотъемного возраста, но не у свиней, используемых для получения приплода. Кроме того, такие гепатототропные токсины, как этиловый спирт и четыреххлористый углерод, в практике свиноводства не применяются.

У свиноматок патологии печени выявляются преимущественно при послеубойном осмотре внутренних органов [9]. Их обнаружение на данном этапе есть простая констатация факта, который стал причиной снижения продуктивности свиноматок и их хозяйственной ценности, а в конечном итоге – непроизводительного выбытия [10].

В этой связи **целью работы** *явилось сопоставление получаемых результатов биохимических исследований крови с результатами макро- и микроскопических исследований печени свиноматок, подтверждение их соответствия тяжести течения болезни.*

Методика исследований. Реализация целей исследований осуществлялась в условиях убойных пунктов свиноводческих комплексов Витебской области (Республика Беларусь), на которых проводился забой выбракованных свиноматок. Важно отметить, что ни в одном из случае выбраковки причиной не была указана патология печени. Всего убою подверглась 51 свиноматка.

На основании результатов послеубойного осмотра печени были выделены три группы животных с макроскопическими изменениями, характеризующими гепатопатии и определенные нозологические единицы: вторая – с признаками острого токсического гепатоза (10 свиноматок); третья – с признаками хронического токсического гепатоза (10 свиноматок) и четвертая – с признаками цирроза печени (8 животных). В первой группе макроскопических изменений, характерных для гепатопатий, не выявлено (23 особи).

Результаты осмотра печени свиноматок в дальнейшем были подтверждены данными гистологических исследований. Критериями отнесения выявленных изменений к определенным нозологическим единицам явились следующие (табл. 1).

Перед убоем от свиноматок прижизненно были получены образцы крови для проведения биохимического исследования. Определяемые показатели были сгруппированы в сывороточно-биохими-

Таблица 1 – Макроскопические изменения в печени свиноматок
Table 1 -Macroscopic changes in the livers of sows

Показатель	Дистрофия печени (токсический гепатоз)		Цирроз печени
	острое течение	хроническое течение	
Размер	увеличен	увеличен	уменьшен
Форма краев	закругленная	закругленная	острая
Окраска	мозаичная и пестрая (целиком или на отдельных участках)	диффузная или в отдельных случаях пестрая (целиком или на отдельных участках)	светло-коричневый цвет с сероватыми прожилками
	чередование коричнево-красных участков с серыми или желтыми; определялись отдельные участки глинистого цвета	серые, коричневые участки, участки глинистого цвета или их чередование	
Дольчатое строение	сглаженное	сглаженное	на отдельных участках дольчатое строение выражено хорошо, на отдельных – сглажено
Консистенция	дрябловатая	плотная	плотная
Состояние поверхности	гладкая	гладкая	бугорчатая

ческие синдромы, характеризующие развитие в печени патологических изменений (табл. 2).

Альбумин-глобулиновое соотношение (АГС) и относительное содержание альбумина (ОСА), характеризующее МВС и СГД, коэффициент де Ритиса (КДР), соотношение между значениями активностей АсАТ и АлАТ) были определены расчетным методом.

Полученные результаты сравнивали с референтными величинами, приведенными в Нормативных требованиях к показателям обмена веществ у животных при проведении биохимических исследований крови [11] и подвергали статистической обработке с определением среднего значения (X), стандартного отклонения (σ) и достоверности различий между множествами данных (p, по методу Манна-Уитни). На основании полученных данных было сделано заключение о значимости тех или иных биохимических показателей крови для диагностики гепатопатий и оценки их тяжести.

Результаты исследований и их обсуждение. Развитие гепатопатий характеризовалось изменением показателей белкового обмена, увеличением продукции «белков воспаления», относящихся к глобулиновой фракции, нарушением соотношения альбуминов и глобулинов, а также устойчивости коллоидной системы крови (табл. 3).

Таблица 2 – Биохимические показатели, определяемые в крови свиноматок
Table 2 – Biochemical indicators determined in the blood of sows

Показатели	Методика определения	Биохимический синдром болезней печени, характеризуемый данным показателем
Общий белок (ОБ)	с биуретовым реактивом	МВС
Глобулины (ГЛОБ)	расчетный (разность между содержанием ОБ и альбумина)	МВС
Тимоловая проба (ТП)	реакция с тимоловым реактивом	МВС
Альбумин (АЛБ)	с бромкрезоловым зеленым	СГД
Мочевина (МОЧ)	реакция с диацетилмонооксимом	СГД
Общий холестерол (ОХ)	холестеролоксидазный	СГД, СХ
Триглицериды (ТГ)	ферментативно	СГД
Холинэстераза (ХЭ)	колориметрический, по расщеплению бутирилтиохолинйодида	СГД
Общий и прямой билирубин (Обил, ПБил)	реакция с диазореактивом	СЦ, СХ
Аспартатаминотрансфераза (АсАТ)	по Райтману и Френкелю	СЦ
Аланинаминотрансфераза (АлАТ)		СЦ
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)	кинетически	СЦ
γ-глутамилтранспептидаза (ГГТП)	кинетически	СХ
Щелочная фосфатаза (ЩФ)	колориметрически, с n-нитрофенилфосфатом	СХ
Примечания: МВС – мезенхимально-воспалительный синдром; СЦ – синдром цитолиза; СХ – синдром холестаза; СГД – синдром гептодепрессии.		

Таблица 3 – Биохимические показатели крови свиноматок, характеризующие МВС ($X\pm\sigma$)

Table 3 – Biochemical parameters of the blood of sows, characterizing the mesenchymal inflammatory syndrome ($X\pm\sigma$)

Показатель	Группа свиноматок				*p*, группы		
	первая	вторая	третья	четвертая	вторая – третья	вторая – четвертая	третья – четвертая
ОБ, г/л	73,28±7,904	89,95±5,818	87,97±4,579	74,52±5,982	>0,05	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	>0,05	–	–	–
ГЛОБ, г/л	40,37±6,388	59,93±4,595	62,19±3,472	54,95±4,364	>0,05	<0,05	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
ТП, ед. S-H	2,01±1,117	6,71±1,095	5,95±0,796	6,04±0,490	>0,05	>0,05	>0,05
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
АГС	0,84±0,191	0,51±0,042	0,42±0,016	0,36±0,029	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
ОСА, %	45,01±5,400	33,48±1,784	29,31±0,823	26,25±1,517	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–

У свиноматок всех групп уровень общего белка не выходил за пределы референтных значений (75–90 г/л). Его наибольшая концентрация в крови была установлена у свиноматок второй и третьей групп. При этом в общем количестве протеина крови у данных животных преобладали белки глобулиновой фракции. На это указывает как абсолютное увеличение концентрации глобулинов, так и снижение АГС (ниже 0,8) в крови свиноматок второй и третьей групп. Данная тенденция обусловлена развитием в печени воспалительных, дистрофических, некробиотических и некротических патологий.

Развитие в печени изменений, характерных для цирроза, также сопровождалось ростом концентрации глобулинов (по сравнению с первой группой на 36,1 %) и наиболее значительным снижением альбумин-глобулинового соотношения (на 57,14 %). Последнее обусловлено значительным снижением содержания альбумина в крови свиноматок четвертой группы.

Результатом установленных изменений белкового состава крови стал рост значений коллоидно-осадочной тимоловой пробы у свиноматок второй – четвертой групп (в 2,96–3,34 раза по сравнению с первой группой). Увеличение происходило независимо от уровня тяжести патологического процесса и достоверно значимой разницы между показателями животных данных групп установлено не было. В то же время анализ значений АГС указал на его снижение (менее 0,6) при остром течении патологического процесса; ниже 0,45 – при хроническом течении и ниже 0,4 – при развитии цирроза. Данная тенденция должна быть учтена в дальнейшей дифференциально-диагностической работе.

Развитие у свиноматок гепатопатий сопровождалось изменением (снижением) в крови уровня ряда веществ, синтезируемых преимущественно паренхимой печени (табл. 4).

У свиноматок второй группы пределы референтных величин превысила только концентрация мочевины. Можно предположить, что при остром течении патологических процессов в печени синтетическая активность в течение определенного времени сохраняется на оптимальном уровне. При этом следует отметить, что активность ХЭ, сохраняясь на уровне

Таблица 4 – Биохимические показатели крови свиноматок, характеризующие СГД ($X\pm\sigma$)

Table 4 – Biochemical parameters of the blood of sows, characterizing the hepatodepressive syndrome ($X\pm\sigma$)

Показатели	Группа свиноматок				*p*, группы		
	первая	вторая	третья	четвертая	вторая – третья	вторая – четвертая	третья – четвертая
АЛБ, г/л	32,91±4,874	30,14±2,269	25,77±1,363	19,57±2,088	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	>0,05	<0,01	<0,01	–	–	–
МОЧ, ммоль/л	5,21±1,664	9,19±1,160	3,16±0,511	1,05±0,192	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
ОХ, ммоль/л	2,21±0,446	2,10±0,310	1,34±0,084	0,91±0,083	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	>0,05	<0,01	<0,01	–	–	–
ТГ, ммоль/л	0,83±0,319	0,80±0,158	0,16±0,032	0,15±0,035	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе	–	>0,05	<0,01	<0,01	–	–	–
ХЭ, ИЕ/л	462,73±117,526	385,73±96,467	223,44±14,667	185,22±18,594	<0,01	<0,01	<0,05
p к первой группе	–	<0,05	<0,01	<0,01	–	–	–

нормативных значений (240–660 ИЕ/л), снизилась по сравнению с первой группой на 16,6 %.

У свиноматок третьей и четвертой групп значения всех изученных показателей были снижены по сравнению с данными животных первой группы с достоверно значимой разницей (p<0,01). При этом у свиноматок четвертой группы значения концентраций альбумина, мочевины, активности ХЭ, синтезируемых преимущественно в печени, оказались низкими и по сравнению с референтными величинами. Нарушение образования транспортных белков для «удаления» ТГ из печени – фактор, указывающий на риск прогрессирования дистрофических изменений в печени. Гипотриглицеридемия у свиноматок третьей и четвертой групп свидетельствует о подобных изменениях.

В целом, выявленные изменения биохимического состава крови свиноматок указывают на низкую синтетическую активность паренхимы печени при хроническом течении гепатопатий и развитии цирроза в печени.

Обращают на себя внимание снижение относительного содержания альбумина (менее 31 %) в крови при переходе гепатоза в хроническое течение, ОХ (ниже 1,6 ммоль/л), активности ХЭ (ниже 250 ИЕ/л). При циррозе диагностически значимыми могут стать установление концентрации ОХ ниже 1,1 ммоль/л, активности ХЭ – ниже 200 ИЕ/л.

Выявление описанных изменений важно и в связи с тем, что у свиноматок первой группы (без патологий) значения определяемых биохимических показателей находились в пределах референтных значений. Наличие статистически значимой разницы с биохимическими показателями крови, характеризующими СГД, свиноматок третьей и четвертой групп, подтверждают угнетение у данных животных синтетических процессов, протекающих в печени.

Значения биохимических показателей крови, изменения которых возникают преимущественно при повышении проницаемости либо разрушении гепатоцитов, приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Биохимические показатели крови свиноматок, характеризующие СЦ ($X±\sigma$)

Table 5 – Biochemical parameters of the blood of sows, characterizing the cytolytic syndrome ($X±\sigma$)

Показатели	Группа свиноматок				*p*, группы		
	первая	вторая	третья	четвертая	вторая – третья	вторая – четвертая	третья – четвертая
ОБил, мкмоль/л	4,13±1,442	24,10±3,262	17,21±1,443	14,93±2,996	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
ПБил, мкмоль/л	1,09±0,357	9,18±1,480	4,61±0,906	2,33±0,434	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
АсАТ, ИЕ/л	34,34±9,810	71,59±7,529	80,98±7,107	84,47±8,638	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
АлАТ, ИЕ/л	46,73±14,223	161,53±29,926	87,36±4,535	76,76±5,193	<0,01	<0,01	<0,01
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
КДР	0,79±0,316	0,46±0,117	0,93±0,107	1,10±0,122	<0,01	<0,01	<0,05
p к первой группе	–	<0,01	>0,05	<0,01	–	–	–
ЛДГ, ИЕ/л	447,1±130,796	982,7±125,673	734,22±43,282	707,37±40,137	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–

В целом, выявленные изменения указывают на высокий уровень цитолиза в печени свиноматок второй группы. Острое течение гепатоза сопровождалось увеличением активностей АлАТ и ЛДГ свыше 110 ИЕ/л и 810 ИЕ/л соответственно, концентрации общего билирубина свыше 20 мкмоль/л, снижением величины КДР ниже 0,7. При хроническом течении гепатоза активность АлАТ в крови свиноматок не превышала 100 ИЕ/л, при циррозе печени – 85 ИЕ/л; активность ЛДГ при хроническом течении гепатоза наблюдалась на уровне 790 ИЕ/л.

Активность трансаминаз в крови свиноматок с признаками гепатопатий оказалась выше референтных значений (до 49 ИЕ/л для АсАТ, до 76 ИЕ/л – для АлАТ). При нарастании степени тяжести патологического процесса были выявлены две противоположные тенденции: увеличение активности АсАТ при одновременном снижении активности АлАТ (при сохранении гиперферментемии).

Величина КДР при этом увеличивалась с 0,4 (острый гепатоз) до 0,98 (цирроз печени). Увеличение значения КДР у свиноматок при переходе гепатоза в хроническое течение и при развитии цирроза обусловлено вовлечением в процесс тканей миокарда и развитием полиморбидной патологии. В тоже время, КДР – интегральный показатель, характеризующий баланс энергетического и пластического обмена, и его возрастание указывает на возможность дальнейшего истощения энергетических ресурсов и функциональных возможностей организма [12].

Активность ЛДГ в крови свиноматок с развившимися гепатопатиями превысила референтные значения (255–672 ИЕ/л) и имела однонаправленный характер с изменениями активности АлАТ (то есть снижение активности при переходе патологического процесса в хроническое течение при сохранении гиперферментемии).

Данная тенденция обуславливается «выходом из строя» значительной части паренхимы печени вследствие развития в ней дистрофических, некробиотических и некротических процессов, замещения соединительной тканью.

Концентрация общего билирубина в крови свиноматок при развившейся гипербилирубинемии при хроническом течении гепатоза и циррозе печени не превышала 20 мкмоль/л. В крови свиноматок второй – четвертой групп установлена повышенная концентрация общего билирубина (при норме 0,2–5,1 мкмоль/л). При этом абсолютные концентрации как общего, так и прямого (конъюгированного) билирубина снижались (со статистически значимой разницей) при развитии в печени хронического гепатоза и цирроза. Однако относительное содержание прямого билирубина по мере нарастания тяжести патологического процесса также снижалось (рис. 1).

Данная тенденция указывает на угнетение антитоксической функции печени при переходе патологического процесса в хроническое течение и нарушение образования в ней безвредного для организма, связанного с глюкуроновой кислотой билирубина. Если в крови свиноматок с острым течением гепатоза увеличение содержания билирубина происходит как за счет прямой, так и непрямой его фракций, то у свиноматок третьей и четвертой групп – в основном за счет непрямой. «Накопление» в крови свободного билирубина обуславливается также нарушением его транспорта в печень вследствие снижения уровня транспортного белка – альбумина.

Переход патологических процессов в печени в хроническое течение сопровождался появлением в биохимическом составе крови изменений, характеризующих нарушения желчевыведения (табл. 6).

Активность ЩФ в крови свиноматок всех четырех групп находилась в пределах референтных величин (41–180 ИЕ/л). Однако у свиноматок третьей и четвертой групп отмечено статистически значимое увеличение активности ЩФ по сравнению с показателями первой и второй групп.

Превышение референтных значений (30–60 ИЕ/л) установлено для ГГТП в крови свиноматок второй, третьей и четвертой групп. Наибольшая активность по данному показателю выявлена в крови свиноматок с хроническим течением гепатоза и циррозом печени.

Данные изменения характеризуют развитие в печени свиноматок холестатических изменений, возникающих при

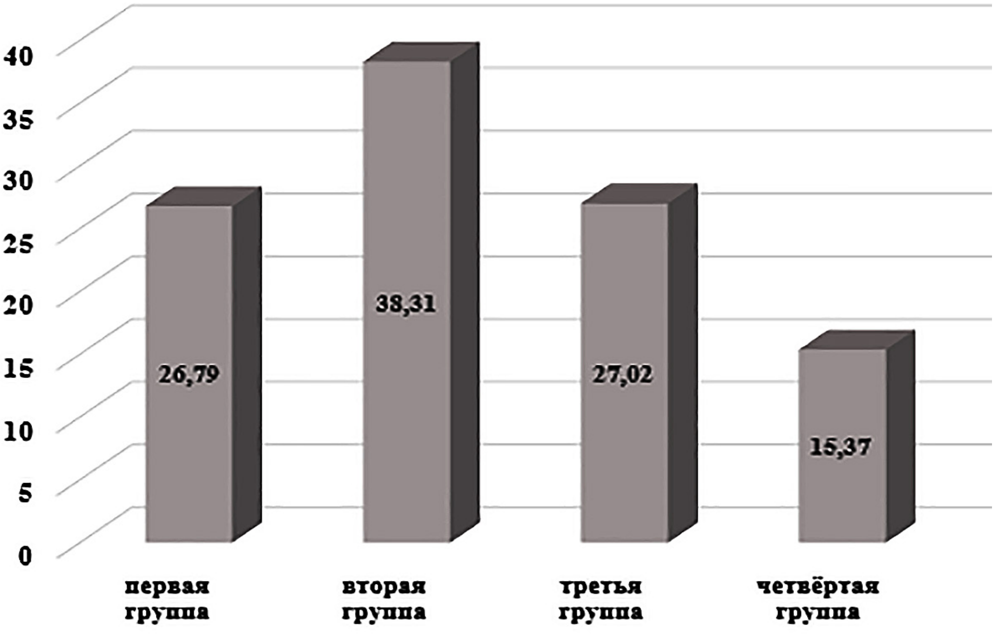


Рисунок 1 – Относительное содержание прямого билирубина в крови свиноматок, %
Figure 1 – The relative content of direct bilirubin in the blood of sows, %

Таблица 6 – Биохимические показатели крови свиноматок, характеризующие СХ (X±σ)

Table 6 – Biochemical parameters of the blood of sows, characterizing the syndrome of cholestasis (X±σ)

Показатели	Группа свиноматок				*p*, группы		
	первая	вторая	третья	четвертая	вторая – третья	вторая – четвертая	третья – четвертая
ГГТП, ИЕ/л	45,11±7,751	70,87±6,833	90,94±5,051	92,64±3,656	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе	–	<0,01	<0,01	<0,01	–	–	–
ЩФ, ИЕ/л	104,18±47,097	112,35±37,334	166,95±23,453	157,24±24,655	<0,01	<0,01	>0,05
p к первой группе	–	>0,05	<0,01	<0,01	–	–	–

нарушении оттока желчи через желчные капилляры, компрессированные соединительной тканью. Отсутствие высокого значения в крови таких показателей синдрома холестаза, как прямой билирубин и общий холестерол, обусловлено угнетением синтетической функции печени при хроническом ее гепатозе и циррозе.

Заключение. Полученные при проведении исследований результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. У свиноматок, содержащихся в условиях промышленной технологии, в процессе эксплуатации развиваются болезни печени (гепатопатии), различающиеся степенью тяжести и продолжительностью течения (острые и хронические гепатозы, цирроз печени), которые сопровождаются возникновением в крови изменений, характерных для воспалительно-мезенхимального, цитолитического, гепатодепрессивного и холестатического синдромов.

2. Биохимические изменения при воспалительно-мезенхимальном синдроме обуславливались диспротеинемией (нарушениями соотношения между содержанием в крови альбумина и белков глобулиновой фракции). Диспротеинемия характеризовала как острое и хроническое течение гепатоза, так и цирроз печени.

3. Синдром гепатодепрессии развивался при хроническом гепатозе и циррозе печени; характеризовался снижением относительного и абсолютного содержания в крови альбумина, общего холестерола, триглицеридов, мочевины, активности холинэстеразы. Диагностически значимыми из данных показателей были снижение относительного содержания альбумина (при хроническом гепатозе), общего холестерола и активности холинэстеразы (при хроническом гепатозе и циррозе).

4. При синдроме цитолиза, который устанавливался при всех гепатопатиях, были выявлены гиперферментемия АсАТ, АлАТ, ЛДГ, гипербилирубинемия (как для общего, так и для прямого билирубина). Наиболее выраженные изменения установлены в крови свиноматок второй группы (с острым течением гепатоза), из которых диагностически значимыми были увеличение активности АлАТ и ЛДГ, гипербилирубинемия (для общего билирубина), снижение величины КДР ниже 0,7.

5. Биохимические изменения синдрома холестаза определялись в крови свиноматок при хроническом гепатозе и циррозе печени, характеризовались гиперферментемией для γ-глутамилтранспептидазы, увеличением активности щелочной фосфатазы и не имели других типичных изменений в связи со снижением синтетической функции печени.

6. Развитие у свиноматок выраженных метаболических нарушений при хронических гепатопатиях требует постоянного прижизненного биохимического мониторинга и в случае необходимости своевременного проведения профилактических (в том числе фармакопрофилактических) мероприятий на ранних стадиях развития печеночных патологий.

Список источников

1. Skiepko N., Przybylska-Gornowicz B., Gajęcka M., Gajęcki M., Lewczuk B. Effects of deoxynivalenol and zearalenone on the histology and ultrastructure of pig liver // Toxins (Basel). 2020. No. 12 (7). P. 463. doi: 10.3390/toxins12070463.

2. Великанов В. В. Интенсивность перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы поросят при токсической гепатодистрофии // Ученые записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины. 2017. Т. 53. Вып. 1. С. 39–42.

3. Панковец Е. М., Лях А. Л., Бульбаш А. О. Патоморфологические изменения в печени и почках поросят под действием ДОНа и Т2 токсина // Ученые записки Витебской ордена «Знак Почета» государственной академии ветеринарной медицины. 2021. Т. 57. Вып. 2. С. 48–53. doi: 10.52368/2078-0109-2021-57-2-48-53.

4. Хлебус Н. К. Клиническое состояние свиноматок с заболеваниями печени // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2016. С. 120–126.

5. Gaba R. C., Mendoza-Elias N., Regan D. P., Garcia K. D., Lokken R. P., Schwind R. M. [et al.]. Characterization of an inducible alcoholic liver fibrosis model for hepatocellular carcinoma investigation in a transgenic porcine tumorigenic platform // Journal of Vascular and Interventional Radiology. 2018. No. 29 (8). P. 1194–1202.e1. doi: 10.1016/j.jvir.2018.03.007.

6. Panasevich M. R., Meers G. M., Linden M. A., Booth F. W., Perfield J. W. Fritsche K. L. [et al.]. High-fat, high-fructose, high-cholesterol feeding causes severe NASH and cecal microbiota dysbiosis in juvenile Ossabaw swine // American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism. 2018. No. 314 (1). P. E78–E92. doi: 10.1152/ajpendo.00015.2017.

7. Morrow S. De., Cudalbu C., Davies N., Jayakumar A. R., Rose C. F. ISHEN guidelines on animal models of hepatic encephalopathy // Liver International. 2021. No. 41. P. 1474–1488. DOI: https://doi.org/10.1111/liv.14911.

8. Емельянов В. В. Экспериментальный токсический гепатит у поросят-отъемышей // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. Гродно : Гродненский государственный аграрный университет, 2004. С. 127–130.

9. Великанов В. В. Функциональное состояние печени у свиноматок в условиях промышленных технологий и его коррекция при токсической гепатодистрофии // Вестник Вятской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 2 (4). С. 5.

10. Курдеко А. П., Хлебус Н. К., Большакова Е. И. Состояние приплода, рост и развитие поросят при гепатопатиях свиноматок // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2. С. 54–60. doi: 10.55471/19973225_2022_7_2_54.

11. Петровский С. В., Белко А. А., Курдеко А. П., Баран В. П., Соболева Ю. Г., Васькин В. Н. [и др.]. Нормативные требования к показателям обмена веществ у животных при проведении биохимических исследований крови : рекомендации. Витебск : Витебская государственная академия ветеринарной медицины, 2019. 67 с.

12. Кривошапкина З. Н., Миронова Г. Е., Семенова Е. И., Олесова Л. Д. Биохимический спектр сыворотки крови как показатель адаптированности жителей Якутии к северным условиям // Экология человека. 2015. № 11. С. 19–24.

References

1. Skiepko N., Przybylska-Gornowicz B., Gajęcka M., Gajęcki M., Lewczuk B. Effects of deoxynivalenol and zearalenone on the histology and ultrastructure of pig liver. Toxins (Basel), 2020;12(7):463. doi: 10.3390/toxins12070463.

2. Velikanov V. V. The intensity of lipid peroxidation and the activity of the antioxidant system in piglets with toxic hepatodystrophy. *Uchenye zapiski Vitebskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny,* 2017;53(1):39–42 (in Russ.).

3. Pankovec E. M., Lyah A. L., Bulbash A. O. Pathological changes in the liver and kidneys of piglets under the influence of DON and T2 toxin. *Uchenye zapiski Vitebskoi ordena "Znak Pochyota" gosudarstvennoi akademii veterinarnoj mediciny,* 2021;57(2):48–53 (in Russ.). doi: 10.52368/2078-0109-2021-57-2-48-53.

4. Hlebus N. K. Clinical condition of sows with liver diseases. Proceedings from *Sel'skoe hozjajstvo – problemy i perspektivy.* (PP. 120–126), Grodno, Grodnenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2016 (in Belaruss.).

5. Gaba R. C., Mendoza-Elias N., Regan D. P., Garcia K. D., Lokken R. P., Schwind R. M. [et al.]. Characterization of an inducible alcoholic liver fibrosis model for hepatocellular carcinoma investigation in a transgenic porcine tumorigenic platform. Journal of Vascular and Interventional Radiology, 2018;29(8):1194–1202.e1. doi: 10.1016/j.jvir.2018.03.007.

6. Panasevich M. R., Meers G. M., Linden M. A., Booth F. W., Perfield J. W. Fritsche K. L. [et al.]. High-fat, high-fructose, high-cholesterol feeding causes severe NASH and cecal microbiota dysbiosis in juvenile Ossabaw swine. American Journal of Physiology, Endocrinology and Metabolism, 2018;314(1):E78–E92. doi: 10.1152/ajpendo.00015.2017.

7. Morrow S. De., Cudalbu C., Davies N., Jayakumar A. R., Rose C. F. ISHEN guidelines on animal models of hepatic encephalopathy. Liver International, 2021;41:1474–1488. DOI: https://doi.org/10.1111/liv.14911.

8. Emelyanov V. V. Experimental toxic hepatitis in weaned piglets. Proceedings from *Sel'skoe hozjajstvo – problemy i perspektivy.* (PP. 127–130), Grodno, Grodnenskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2004 (in Russ.).

9. Velikanov V. V. The functional state of the liver in sows under industrial technology and its correction in toxic hepatodystrophy. *Vestnik Vyatskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii,* 2020;2(4):5. (in Russ.).

10. Kurdeko A. P., Hlebus N. K., Bolshakova E. I. The state of the off spring, the growth and development of piglets with hepatopathy of sows. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii,* 2022;(2):54–60 (in Russ.). doi: 10.55471/19973225_2022_7_2_54.

11. Petrovskiy S. V., Belko A. A., Kurdeko A. P., Baran V. P., Soboleva Yu. G., Vaskin V. N. [et al.]. *Regulatory requirements for metabolic parameters in animals during biochemical blood tests: recommendations,* Vitebsk, Vitebskaya gosudarstvennaya akademiya veterinarnoi meditsiny, 2019, 67 p. (in Russ.).

12. Krivoshapkina Z. N., Mironova G. E., Semenova E. I., Olesova L. D. Biochemical spectrum of blood serum as indicator of Yakutia residents adaptedness to northern conditions. *Ecologiya cheloveka,* 2015;11:19–24 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 14.09.2023; одобрена после рецензирования 23.10.2023; принята к публикации 20.11.2023.

The article was submitted 14.09.2023; approved after reviewing 23.10.2023; accepted for publication 20.11.2023.

Информация об авторах

Петровский Сергей Владимирович, *кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры внутренних незаразных болезней животных, Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины, vsavm_sergey@tut.by;*

Котович Игорь Викторович, *кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и клинической биохимии, Витебский ордена «Дружбы народов» государственный медицинский университет, ivkotovich@mail.ru*

Information about authors

Sergei V. Petrovskii, *Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Internal Non-infectious Animal Diseases, Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine, vsavm_sergey@tut.by;*

Igor V. Kotovich, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of General and Clinical Biochemistry, Vitebsk Order "Friendship of Peoples" State Medical University, ivkotovich@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 619:616-07:636
EDN KDAYGR

Влияние транспортной болезни на клинический статус и некоторые продуктивные качества сельскохозяйственных животных

Анастасия Олеговна Фёдорова[1], Наталья Степановна Кухаренко[2], Наталья Владимировна Труш[3], Юрий Анатольевич Гаврилов[4], Галина Антоновна Гаврилова[5]
[1, 2, 3, 4, 5] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] anfedka@list.ru, [2] n-consultant@mail.ru

Аннотация. Для профилактики транспортной болезни в животноводстве большое значение приобретает применение пробиотических препаратов, являющихся безопасной и биологически чистой продукцией, что является новым направлением в ветеринарии. Цель исследования – выяснить клиническое проявление транспортной болезни и сохранности завезенного поголовья жвачных сельскохозяйственных животных, а также рассчитать экономический ущерб после их транспортировки. Объектом исследований явились жвачные животные, завозимые в хозяйства Амурской области. Выявлено, что при профилактике транспортной болезни пробиотическим препаратом «Интестевит-ТМ» признаки нарушения общего состояния, обмена веществ и поведенческой активности проявляются у коров в 85,0; 35,0 и 15 % случаев, а у мелкого рогатого скота в 45,4; 25,2 и 55,0 % случаев соответственно. Снижение живой массы при применении пробиотического препарата оказалось на 16,0 % меньше, чем в контрольной группе. При анализе динамики массы поголовья мелкого рогатого скота выявлено, что более упитанные животные (41 кг и более) сложнее переносят длительную транспортировку; масса таких животных снижается на 8,8 кг (21 %), что может быть губительно для них. Общее снижение массы всего поголовья мелкого рогатого скота при транспортировке в течение 11 суток составило 14 % (395 кг), что повлекло за собой экономический ущерб от недополучения мясной продукции. Определено, что чем больше дней длится транспортировка, тем меньше сохранность животных и более интенсивно проявляются признаки транспортной болезни, приносящей значительный экономический ущерб животноводческим хозяйствам.

Ключевые слова: стресс, транспортная болезнь, крупный рогатый скот, мелкий рогатый скот, масса, сохранность, экономический ущерб

Благодарности: авторы выражают благодарность руководству Министерства сельского хозяйства Амурской области, Управления ветеринарии Амурской области, а также руководителям животноводческих хозяйств Амурской области за предоставление возможности выполнения научных исследований по изучению воздействия технологических стрессов у сельскохозяйственных животных.

Для цитирования: Фёдорова А. О., Кухаренко Н. С., Труш Н. В., Гаврилов Ю. А. Гаврилова Г. А. Влияние транспортной болезни на клинический статус и некоторые продуктивные качества сельскохозяйственных животных // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 111–121.

Original article

Impact of travel sickness on the clinical status and some productive qualities of farm animals

Anastasiya O. Fyodorova[1], Natalya S. Kukharenko[2], Natalya V. Trush[3], Yuri A. Gavrilov[3], Galina A. Gavrilova[5]
[1, 2, 3, 4, 5] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] anfedka@list.ru, [2] n-consultant@mail.ru

Abstract. To prevent travel sickness in livestock breeding, the use of probiotic preparations, which are safe and biologically pure products, is a new direction. The aim of the study is to find out the clinical manifestation of transport disease, indicators of weight and safety of imported ruminant livestock, as well as to calculate the economic damage after their transportation. The object of research are ruminants imported into farms of the Amur region. It has been revealed that while travel sickness prevention by probiotic preparation "Intestevit-TM" signs of disturbance of general condition, metabolism and behavioral activity are shown in cows in 85.0; 35.0 and 15% of cases, and in small ruminants in 45.4; 25.2 and 55,0% of cases respectively. Reduction of live weight at application of probiotic preparation to animals is 16.0% less than in the control group. When analyzing the dynamics of the weight of small ruminants, it has been revealed that more well-fed animals (41 and more) are more difficult to bear long transportation, the weight of such animals decreases by 8.8 kg (by 21%), which can be detrimental to them. The total decrease in the weight of all small horned cattle during transportation during 11 days was 14% (395 kg), which entailed economic damage from under-receipt of meat products. It was determined that the more days transportation lasts, the less safety of animals and more intensively manifest signs of transport disease bringing great economic damage to livestock farms

Keywords: stress, transport disease, cattle, small ruminants, weight, safety, economic damage

Acknowledgments: the authors express their gratitude to the leadership of the Ministry of Agriculture of the Amur region, the Veterinary Department of the Amur region, as well as the heads of livestock farms of the Amur region for providing the opportunity to carry out scientific research on the impact of technological stresses in farm animals.

For citation: Fyodorova A. O., Kukharenko N. S., Trush N. V., Gavrilov Yu. A., Gavrilova G. A. Impact of travel sickness on the clinical status and some productive qualities of farm animals. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:111–121 (in Russ.).

Введение. В последние годы с целью увеличения темпов роста продуктивности сельскохозяйственных животных их стали завозить в Амурскую область из разных регионов страны и из-за рубежа, используя при этом разнообразный вид транспорта. При этом на перевозимых животных воздействуют различные стресс-факторы, и в этой связи у них может развиться транспортная болезнь [1, 2].

Воздействие стресс-фактора при перевозках животных нарушает в их организме углеводный, белковый и жировой обмены; вызывает изменения в сердечно-сосудистой, дыхательной, пищеварительной, эндокринной, центральной нервной и иммунной системах, а также в системе крови и структуре генома [3–6]. На фоне транспортного стресса снижается естественная резистентность организма животных, а также его адаптационная способность.

В связи с этим у данных животных возникают различные заболевания, оказывающие неблагоприятное воздействие на жизненные показатели, сохранность взрослого поголовья и молодняка, родовую деятельность самок и их воспроизводительную способность, а также на молочную и мясную продуктивность [7–12].

Для профилактики стресса в животноводстве применяют биологически активные и фармакологические средства, обеспечивающие ускорение процесса адаптации животных [13, 14]. Пробиотические препараты являются безопасной и биологически чистой продукцией, состоящей из комплекса иммобилизированных лиофильно высушенных культур, применение которых для профилактики стресса является новым направлением [15, 16].

Цель исследования – *выяснить клиническое проявление транспортной болезни, определить показатели массы и сохранности завезенного поголовья жвачных сельскохозяйственных животных, а также рассчитать экономический ущерб после их транспортировки.*

Материал и методы исследования. Объектом исследований явились жвачные животные, завозимые в хозяйства Амурской области из других регионов Российской Федерации и зарубежья (табл. 1).

Для профилактики развития транспортной болезни нетелям, завозимым из

Таблица 1 – Вид и количество животных, завезенных в хозяйства Амурской области из других регионов и зарубежья

Table 1 – Type and number of animals imported to Amur region farms from other regions

Вид животных	**Регион закупки**	**Кол-во голов**	**Пробиотик «Интестевит-ТМ»**
Крупный рогатый скот (нетели)	Республика Беларусь, Красноярский край Иркутская область	270	–
Крупный рогатый скот (нетели)	Иркутская область	100	40 нетелям за 10 дней до перевозки и 7 дней после перевозки с кормом согласно наставлению
Мелкий рогатый скот	Владимирская область	119	после перевозки в течение 10 дней согласно наставлению

Иркутской области, применяли пробиотический препарат «Интестевит-ТМ» в дозе согласно наставлению (табл. 1). Экономический ущерб рассчитывали по методике, предложенной И. Н. Никитиным [17].

Результаты исследования и их обсуждение. Клинический мониторинг общего состояния нетелей, завозимых из Иркутской области (длительность пути составляла 4 суток), проводили до перевозки, на второй и пятнадцатый дни после транспортировки (рис. 1).

До перевозки все животные были клинически здоровы и никаких патологических признаков не наблюдалось. На вторые сутки после прибытия в хозяйство у 95,0 % поголовья в контрольной группе обнаружены признаки, характерные для нарушения общего состояния организма. Животные были пассивны, лежали, с трудом вставали; походка была шаткая и неуверенная, что указывало на ослабленное состояние организма.

У 45 % животных в контрольной группе проявились признаки нарушения поведенческой активности. В одних случаях это характеризовалось вялостью, длительным лежанием и неохотным вставанием. В других, наоборот, у животных наблюдались признаки возбужденного со-

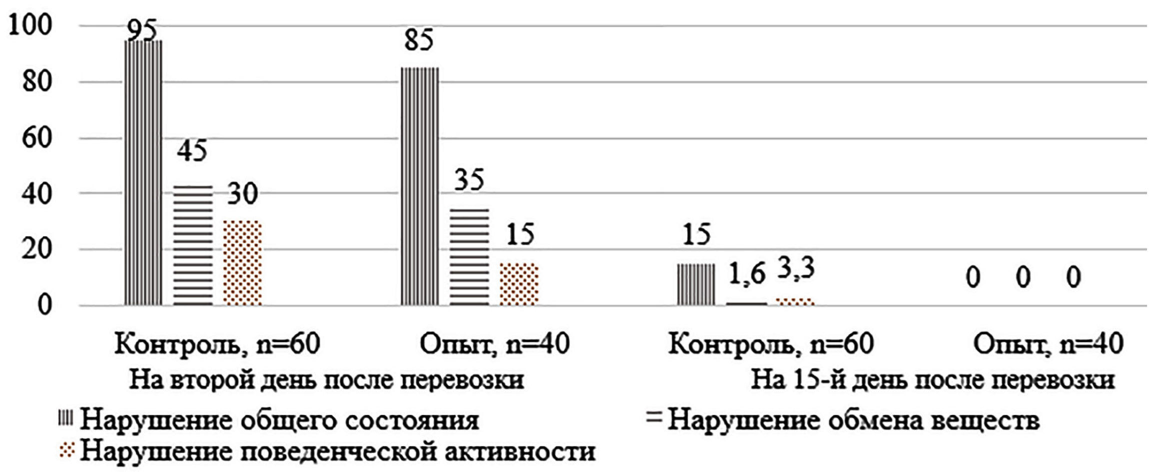


Рисунок 1 – Мониторинг клинического проявления транспортной болезни у нетелей, %, n=100

Figure 1 – Monitoring of clinical manifestation of travel sickness in heifers, %, n=100

стояния, характеризующиеся повышенной подвижностью, пугливостью, расширением зрачков, мышечной дрожью и снижением ответной реакции на раздражения.

Животные, получавшие пробиотический препарат «Интестевит-ТМ», в большинстве случаев были спокойными, уравновешенными; потребляли корм как обычно и только у 15 % поголовья наблюдались признаки нарушения поведенческой активности. Внешние признаки нарушения обмена веществ (взъерошенность, тусклость волоса, слабость удержания волоса в волосяных луковицах, сухость и шелушение кожного покрова, бледность видимых слизистых оболочек) проявились у 35 % животных. Нарушение общего состояния животных данной группы было у 85 % поголовья. Это на 15; 10 и 10 % меньше по сравнению с таковыми показателями в контрольной группе.

Через две недели после перевозки общее состояние животных улучшилось. Но у нетелей в контрольной группе все еще проявлялись клинические признаки нарушения общего состояния, обмена веществ и поведенческой активности в 15; 1,6 и 3,3 % случаев соответственно. У животных, получавших пробиотический препарат, клинического проявления отрицательных признаков не наблюдалось.

Был проведен мониторинг 119 голов овец, привезенных из Владимирской области (длительность пути составляла 11 суток). Этим животным перед транспортировкой для профилактики развития транспортной болезни никакие препараты не давали, а после их привоза в хозяйство всем животным задавали пробиотический препарат «Интестевит-ТМ» с первого дня в течение 10 дней согласно инструкции.

На фоне проявления ярко выраженных клинических признаков нарушения поведенческой активности у мелкого рогатого скота были выявлены признаки легочной и желудочно-кишечной патологии. Причем к седьмому дню после их прибытия в хозяйство признаки заболеваний легких проявились еще у трех животных, а нарушения функции пищеварения у 14 особей (табл. 2).

На второй день после транспортировки животных выявлены признаки нарушения общего состояния организма у 54 голов; к седьмому дню данный показатель проявился у 41 особи, что составило 34,5 % от всего поголовья. Клинические признаки нарушения обмена веществ на второй день проявились у 25,2 % поголовья, но к седьмому дню данный показатель проявился у 60,5 % животных в виде анемичности видимых слизистых оболочек, единичных аллопеций на голове, сухости кожи; шерстный покров был тусклый, плохо удерживался в волосяных луковицах. Признаки поведенческой активности

Таблица 2 – Клиническое проявление транспортной болезни у мелкого рогатого скота, n=119

Table 2 – Clinical manifestation of travel sickness in small ruminants, n=119

Признаки	Дни после транспортировки					
	второй		седьмой		пятнадцатый	
	кол-во голов	%	кол-во голов	%	кол-во голов	%
Нарушение общего состояния	54	45,4	41	34,5	–	–
Нарушение обмена веществ	30	25,2	72	60,5	11	9,2
Нарушение поведенческой активности	66	55,0	90	76,0	49	41,0
Серозные, гнойные истечения из носовой полости и глаз	43	36,1	91	76,5	35	29,4
Болезни органов дыхания	5	4,2	8	6,7	–	–
Нарушение функции пищеварения	2	1,7	16	13,4	–	–

на второй день после перевозки проявились у 55,0 % поголовья; к седьмому дню данный показатель отмечен у 76,0 % животных, что на 21 % больше по сравнению со вторым днем.

К седьмому дню после транспортировки состояние мелкого рогатого скота ухудшилось, что может быть связано с острым развитием второй фазы стресса и напряжением мобилизационных сил организма к адаптации в новых условиях. У овец отмечалась синюшность слизистых оболочек и кожного покрова, что свидетельствует о серьезных нарушениях функции сердечно-сосудистой системы и кровообращения, проявившихся в виде анемии и гипоксии. Также у большего числа поголовья выявлены клинические признаки нарушения функции центральной нервной системы, что отмечалось в угнетении животных, частом потреблении воды, вялом потреблении корма или же отказе от него; животные часто лежали и неохотно вставали. Уши у таких животных были направлены в разные стороны, зрачки расширены; взгляд был пугливый, а у некоторых – отстраненный; животные не обращали внимания на внешние раздражители.

Кроме того, у животных выявлены клинические признаки, характерные для заболеваний органов дыхания (кашель, тяжелое дыхание, хрипы) и признаки расстройства функции желудочно-кишечного тракта, усугубившиеся к седьмому дню пребывания в хозяйстве.

Через две недели клинических признаков улучшения их общего состояния у 41 % животных так и не наблюдалось.

Учеными, занимающимися проблемами стресса у животных, выявлено, что на фоне активизации нейроэндокринных механизмов стресса развивается тканевая гипоксия, в результате чего, в первую очередь, страдают наиболее энергозависимые органы: головной мозг, сердце, мышечная система, почки, печень; угнетается эритропоэз; одновременно с этим возникают компенсаторные реакции в системе эритрон, направленные на дополнительное обеспечение кислородом тканей, что может влиять на поведенческий статус животного. Установлено, что важнейшим поведенческим проявлением на внешний раздражитель является эмоция. Отрицательные эмоции пассивно-оборонительного характера приводят к развитию патологических синдромов различного генеза. Вместе с тем отмечена зависимость между степенью устойчивости к неблагоприятным воздействиям и исходной двигательной активностью животных. Так, на выживаемость животных при тяжелых патологических состояниях влияют как исходная эмоциональность, так и степень выраженности двигательной и поисковой активности [3, 18, 19, 20].

При изучении влияния транспортировки на показатели живой массы нетелей выявлено, что снижение данного показателя в общей сложности составило от 26 до 31 кг.

В контрольной группе после перевозки нетелей показатель живой массы уменьшился в среднем на 31 кг (5 %) от первоначальных величин. У животных опытной группы показатель живой массы уменьшился на 26 кг (4,5 %). Разница между снижением массы у животных в группах составила 5 кг (16,1 %).

Через месяц показатель живой массы у животных в опытной группе достиг первоначальных величин, тогда как в контрольной группе он был все еще меньше первоначальных значений. У нетелей, получавших пробиотический препарат, живая масса была на 17 кг больше, чем у животных в контрольной группе.

При перевозке мелкого рогатого скота выявлено, что первоначальная масса животных была различна. Это позволило разделить всех особей на три группы с разными весовыми показателями. В первую группу включены животные массой от 25 до 35 кг (основное стадо); вторая группа состояла из ярок и баранчиков массой от 36 до 40 кг; в третью группу включены баранчики массой свыше 41 кг (рис. 2).

После прибытия в хозяйство выявлено снижение показателя живой массы в третьей группе животных с наибольшей живой массой (более 41 кг) в среднем на 8,8 кг, что составило 19,8 %. Животные, у которых первоначально показатель живой массы был небольшой (27,2 кг), отреагировали на перевозку наименьшим снижением данного показателя – на 9,6 %, что в два раза меньше по сравнению с третьей группой животных, имевших первоначальную массу более 41 кг.

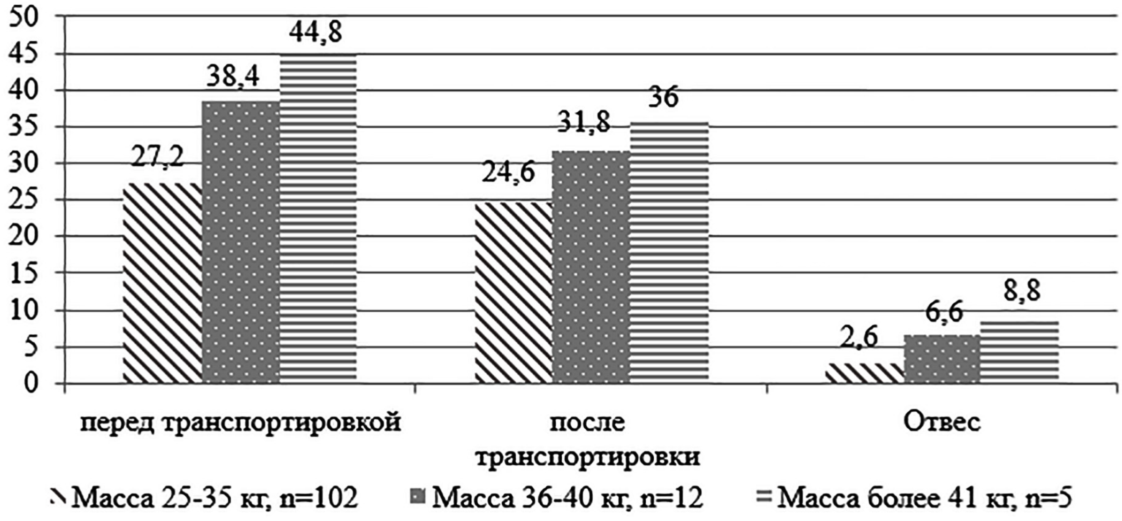


Рисунок 2 – Масса мелкого рогатого скота в зависимости от весовой группы при длительной перевозке в Амурскую область, кг, n=119

Figure 2 – Weight of small cattle depending on weight group during long transportation to Amur region, kg, n=119

После анализа динамики живой массы по всему поголовью выявлено, что после длительной транспортировки животных (11 суток) снижение данного показателя произошло на 14 % (395 кг), вследствие чего животноводческому хозяйству причинен экономический ущерб от недополучения выхода мясной продукции (рис. 3).

Таким образом, снижение массы тела у мелкого рогатого скота при длительной транспортировке наблюдалось в пределах средних значений (от 9 до 19 %), что является критичным для данных видов животных.

Длительная транспортировка влияет не только на живую массу животных, но и напрямую связана с сохранностью перево-

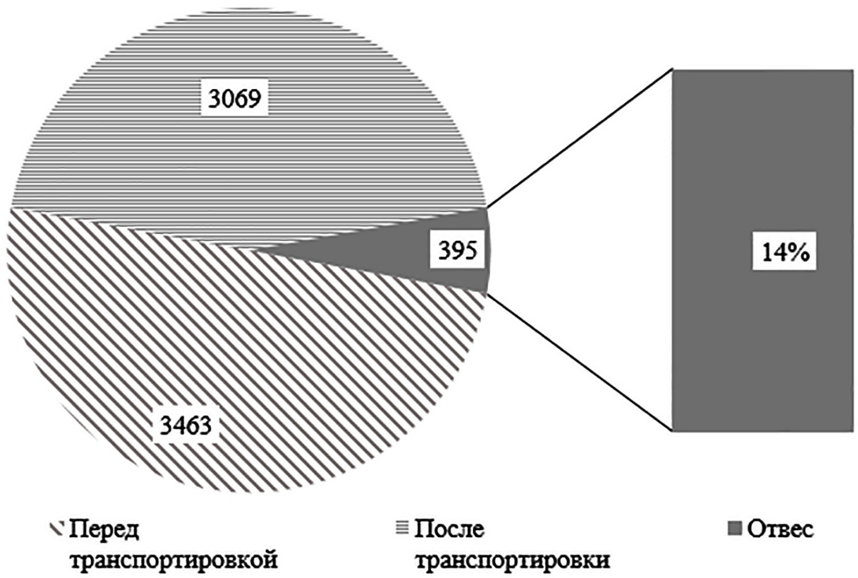


Рисунок 3 – Живая масса всего поголовья мелкого рогатого скота, завезенного в Амурскую область, кг, n=119

Figure 3 – Live weight of all small ruminants imported to Amur region, kg, n=119

зимого поголовья. В таблице 3 представлены результаты сохранности завезенного поголовья из разных регионов Российской Федерации и из-за рубежа в хозяйства Амурской области без применения профилактических мероприятий развития у животных транспортной болезни. Период наблюдения за сохранностью поголовья составил шесть месяцев, что связано с адаптационными способностями привезенных животных.

В течение шести месяцев после привоза животных в хозяйства Амурской области падежа не наблюдалось, но некоторые животные были вынужденно убиты, так как они были привезены в глубоко стельном состоянии, и после длительной транспортировки у них отмечались осложненные отелы с последующим развитием тяжелых патологических процессов не только в половых органах, но и в других системах организма.

Например, у трех животных, завезенных из Республики Беларусь (длительность пути 21 день), диагностировали болезни желудочно-кишечного тракта (атония, цирроз печени, диарея), что могло быть обусловлено развитием транспортной болезни, сменой климата, кормов, воды и условий содержания. Таким образом, показатель сохранности поголовья в этой группе составил 94,0 %.

Показатель сохранности поголовья животных, привезенных из Красноярского края (длительность пути 11 дней), составил 95,7 %, из Иркутской области (длительность пути 3 дня) – 98,0 %. То есть, чем меньше период перевозки животных, тем показатель сохранности больше и меньше вероятность развития транспортной болезни.

Анализ сохранности привезенного поголовья из Иркутской области (рис. 4), которых готовили к транспортировке, по-

Таблица 3 – Показатели сохранности крупного рогатого скота после транспортировки из других регионов

Table 3 – Safety indicators of cattle after transportation from other regions

Периоды после транспортировки	Республика Беларусь, n=100		Красноярский край, n=70		Иркутская область, n=100	
	кол-во голов	%	кол-во голов	%	кол-во голов	%
Падеж	–	–	–	–	–	–
Вынужденный убой	6	6,0	3	4,3	2	2,0
Сохранность	94	94,0	67	95,7	98	98,0

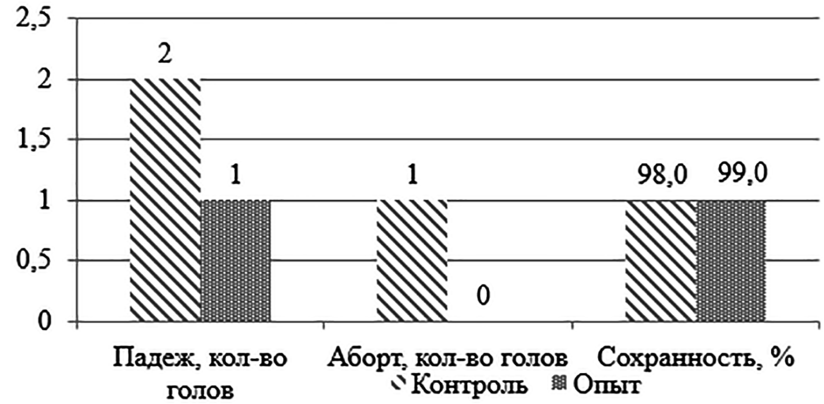


Рисунок 4 – Сохранность поголовья крупного рогатого скота после длительной транспортировки с предварительной их подготовкой, n=100

Figure 4 – Preservation of cattle after long transportation with their preliminary preparation, n=100

казал, что в контрольной группе пало две головы и у одного животного произошел аборт. В опытной группе, где животные получали пробиотический препарат «Интестевит-ТМ», погибло одно животное.

Таким образом, показатель сохранности поголовья в контрольной группе составил 98 %, тогда как в опытной группе он был на один процент выше.

Экономический ущерб, наносимый хозяйствам при транспортном стрессе крупного рогатого скота, завозимого в хозяйства области из разных регионов и из-за рубежа, представлен в таблице 4.

При покупке всего поголовья с суммарными затратами по транспортировке потрачено 34 020 000 рублей. На закупку 11 голов вынуждено убитого скота потратили 1 386 000 рублей без учета затрат животных после перевозки (корм, лекарственные препараты и др.). От продажи мяса от вынужденно убитого скота выручили 578 864 рубля. Тем самым ущерб, причиненный последствиями транспортной болезни, составил 807 136 рублей.

Заключение. 1. У жвачных животных на второй день после их транспортировки проявляется транспортная болезнь в виде нарушения общего состояния в 95,0 %, обмена веществ в 45,0 % и поведенческой активности в 30,0 % случаев у крупного рогатого скота. При применении животным пробиотического препарата «Интестевит-ТМ» указанные изменения протекают в более легкой форме: у крупного рогатого скота в 85,0; 35,0 и 15 % случаев, а у мелкого рогатого скота в 45,4; 25,2 и 55,0 % случаев соответственно.

2. Транспортная болезнь проявилась снижением живой массы у крупного рогатого скота в опытной группе на 26 кг, что на 16,1 % меньше по сравнению с контролем (на 31 кг). У мелкого рогатого скота данный показатель проявился наибольшим снижением живой массы (на 8,8 кг) в группе животных, весивших 41 кг и более, а наименьшее снижение живой массы (на 2,6 кг) наблюдалось в основной группе животных с массой от 25 до 30 кг. У всего поголовья мелкого рогатого скота данный показатель снижен в среднем на 14,0 %.

3. Чем длительней транспортировка, тем ниже сохранность животных. При длительности пути в 21 день данный показатель составил 94,0 %, при длительности пути 11 дней – 95,7 %, а при длительности пути 3 дня – 98,0 %. При транспортировке поголовья в группе, получавшей пробиотический препарат, сохранность оказалась 99,0 % по сравнению со значениями контрольной группы – 98,0 %.

4. Развитие транспортной болезни у животных привело к потере 11 голов вынужденно убитого поголовья, что принесло животноводческим хозяйствам экономический ущерб в размере 807 136 рублей.

Таблица 4 – Расчет экономического ущерба от вынужденного убоя завезенного поголовья

Table 4 – Calculation of economic damage from forced slaughter of imported livestock

Показатели	Значения
Всего завезено, гол.	270
Стоимость одной головы, руб.	100 000
Стоимость всех транспортных затрат на одну голову, включая страховку, руб.	26 000
Общая стоимость со всеми затратами, руб.	34 020 000
Средняя живая масса одного павшего животного, кг	572
Вынужденно убито в течение шести месяцев по приезду, гол.	11
Закупочная цена одного килограмма живой массы животного, руб.	270
Затраты на 11 голов вынужденно убитого скота, руб.	1 386 000
Сумма за вынужденно убитый скот, руб.	578 864

Список источников

1. Ажмулдинов Е. А., Кизаев М. А., Титов М. Г., Бабичева И. А. Влияние различных стресс-факторов на организм сельскохозяйственных животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 2. С. 79–89. EDN: XZCKOT.

2. Knowles T. G, Warriss P. D, Vogel K. Stress physiology of animals during transport In.: Livestock handling and transport. Wallingford : CABI Publishing, 2014. P. 399–420. doi: 10.1079/9781780643212.0399.

3. Беспалова Т. А., Павленкович С. С. Гемостатическая реактивность организма при стрессе // Бюллетень медицинских Интернет-конференций. 2016. Т. 6. № 8. С. 1405–1406. EDN: XBRZIZ.

4. Карушева К. Ю., Коноплев В. А., Ковалев С. П. Клинико-гематологические показатели собак при стрессе // Ветеринария и кормление. 2019. № 1. С. 44–46. DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-14. EDN: VVHPSR.

5. Дюжикова Н. А., Даев Е. А. Геном и стресс-реакция у животных и человека // Экологическая генетика. 2018. Т. 16. № 1. С. 4–26. DOI: 10.17816/ecogen1614-26.

6. Громова Л. В., Дмитриева Ю. В., Алексеева А. С., Полозов А. С., Груздков А. А. Влияние хронического умеренного стресса на состояние кишечной пищеварительной системы у крыс // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2017. № 11–2. С. 228–232. EDN: ZXOTHB.

7. Ажмулдинов Е. А., Харламов А. В., Кизаев М. А., Титов М. Г. Влияние транспортировки и сезона убоя на качество мяса животных (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2021. Т. 104. № 2. С. 33–45. DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-33.

8. Кузьминова Е. В., Семененко М. П., Абрамов А. А., Рудь Н. А., Рудь Е. Н. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве // Ветеринария Кубани. 2020. № 3. С. 10–11. DOI: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11.

9. Кухаренко Н. С., Фёдорова А. О. Динамика массы овец при транспортном стрессе // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем Востоке : сб. науч. тр. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. С. 32–35. EDN: XSAAVF.

10. Мураев Н. А. Влияние хронического стресса на массу тела и иммунных органов экспериментальных животных раннего возраста // Волгоградский научно-медицинский журнал. 2019. № 4. С. 3–7.

11. Чирихина В. А. Показатели продуктивности и фертильности по первой лактации у дочерей, полученных от коров джерсейской породы, перенесших длительный транспортный стресс // Проблемы биологии продуктивных животных. 2021. № 2. С. 75–82. DOI: 10.25687/1996-6733.probanimbiol.2021.2.75-82.

12. Biffin T. E., Hopkins D. L., Bush R. D., Hall E., Smith M. A. The effects of season and posttransport rest on alpaca (*Vicunga pacos*) meat quality // Meat Science. 2020. Vol. 159. P. 107935. doi: https:/doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107935.

13. Желнина М. А., Сеин О. Б. Способ профилактики транспортного стресса у домашних животных // AUDITORIUM. 2014. № 4. С. 51–53. EDN: TDXPGD.

14. Киреев И. В., Оробец В. А. Применение антиоксидантных и антистрессовых препаратов для профилактики технологического стресса у овец // Международный вестник ветеринарии. 2017. № 4. С. 49–53. EDN: ZWTUVR.

15. Kukharenko N. S., Fyodorova A. O., Shchelkanov M. Yu. Response of farm animals to transport stress and its correction with probiotics // South of Russia: ecology, development. 2019. Vol. 14. No. 2. P. 87–98. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98.

16. Kukharenko N., Fyodorova A. Probiotics in animal farming of the Amur region // Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (EBWFF-2020) : E3S Web of Conferences. Blagoveshchensk, 2020. P. 01003. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020301003.

17. Никитин И. Н. Организация и экономика ветеринарного дела : учебник. СПб. : Лань, 2014. 368 с.

18. Дюжикова Н. А., Скоморохова Е. Б., Вайдо А. И. Эпигенетические механизмы формирования постстрессорных состояний // Успехи физиологических наук. 2015. Т. 46. № 1. С. 47–75. EDN: TOESOZ.

19. Григорьян Г. А., Гуляева Н. В. Стресс-реактивность и стресс-устойчивость в патогенезе депрессивных расстройств: роль эпигенетических механизмов // Журнал высшей нервной деятельности имени И. П. Павлова. 2015. Т. 65. № 1. С. 19–32. DOI: 10.7868/S0044467715010037.

20. Фёдорова А. О., Кухаренко Н. С. Адаптационная способность организма крыс при длительном стрессе и коррекции его воздействия // Проблемы зоотехнии, ветеринарии и биологии животных на Дальнем востоке : сб. науч. тр. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. С. 95–100. EDN: WFIEEB.

References

1. Azhmuldinov E. A., Kizaev M. A., Titov M. G., Babicheva I. A. Influence of various stress factors on the organism of farm animals (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo,* 2018;101;2:79–89 (in Russ.). EDN: XZCKOT.

2. Knowles T. G, Warriss P. D, Vogel K. Stress physiology of animals during transport. In.: Livestock handling and transport, Wallingford, CABI Publishing, 2014, P. 399–420. doi: 10.1079/9781780643212.0399.

3. Bespalova T. A., Pavlenkovich S. S. Hemostatic reactivity under stress. *Bjulleten' medicinskih Internet-konferencij,* 2016;6;8:1405–1406 (in Russ.). EDN: XBRZIZ.

4. Karusheva K. Yu., Konoplyov V. A., Kovalyov S. P. Clinical-hematologic indicators of dogs under stress. *Veterinariya i kormlenie,* 2019;1:44–46 (in Russ.) DOI: 10.30917/ATT-VK-1814-9588-2019-1-14.

5. Dyuzhikova N. A., Daev E. A. Genome and stress-reaction in animals and humans. *Ekologicheskaya genetika,* 2018;16;1:4–26 (in Russ.). DOI: 10.17816/ecogen1614-26.

6. Gromova L. V., Dmitrieva Yu. V., Alekseeva A. S., Polozov A. S., Gruzdkov A. A. The effect of chronic moderate stress on the state of the intestinal digestive system in rats. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij,* 2017;11–2:228–232 (in Russ.). EDN: ZXOTHB.

7. Azhmuldinov E. A., Harlamov A. V., Kizaev M. A., Titov M. G. The impact of transportation and the slaughter season on beef quality (review). *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo,* 2021;104;2:33–45 (in Russ.). DOI: 10.33284/2658-3135-104-2-33.

8. Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Rud N. A., Rud E. N. The problem of heat stress in dairy farming. *Veterinarija Kubani,* 2020;3:10–11 (in Russ.). DOI: 10.33861/2071-8020-2020-3-10-11.

9. Kukharenko N. S., Fyodorova A. O. Dynamics of sheep weight under transport stress. Proceedings from *Problemy zootehnii, veterinarii i biologii zhivotnyh na Dal'nem Vostoke.* (PP. 32–35), Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017 (in Russ.). EDN: XSAAVF.

10. Muraev N. A. Influence of chronic stress on body weight and weight of immune organs of experimental animals of early age. *Volgogradskij nauchno-medicinskij zhurnal,* 2019;4:3–7 (in Russ.).

11. Chirihina V. A. Productivity and fertility traits at first lactation in daughters born to Jersey-bred mothers who have suffered long-term transport stress. *Problemy biologii produktivnyh zhivotnyh,* 2021;2:75–82 (in Russ.). DOI:10.25687/1996-6733.probanimbiol.2021.2.75-82.

12. Biffin T. E., Hopkins D. L., Bush R. D., Hall E., Smith M. A. The effects of season and posttransport rest on alpaca (*Vicunga pacos*) meat quality. Meat Science, 2020;159:107935. doi: https:/doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107935.

13. Zhelnina M. A., Sein O. B. A method for preventing transport stress in pets. *AUDITORIUM,* 2014;4:51–53 (in Russ.). EDN: TDXPGD.

14. Kireev I. V., Orobec V. A. Application of antioxidant and anti-stress preparations for prophylaxis of technological stress in sheep. *Mezhdunarodnyj vestnik veterinarii,* 2017;4:49–53 (in Russ.). EDN: ZWTUVR.

15. Kukharenko N. S., Fyodorova A. O., Shchelkanov M. Yu. Response of farm animals to transport stress and its correction with probiotics. South of Russia: ecology, development, 2019; 14;2:87–98. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-2-87-98.

16. Kukharenko N., Fyodorova A. Probiotics in animal farming of the Amur region. Proceedings from Ecological and Biological Well-Being of Flora and Fauna (EBWFF-2020):

E3S Web of Conferences. (PP. 01003). Blagoveshchensk, 2020. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020301003.

17. Nikitin I. N. *Organization and economics of veterinary business: textbook,* Saint-Petersburg, Lan, 2014, 368 p. (in Russ.).

18. Dyuzhikova N. A., Skomorohova E. B., Vaydo A. I. Epigenetic mechanisms of formation of post-stressor states. *Uspehi fiziologicheskih nauk,* 2015;46;1:47–75 (in Russ.). EDN: TOESOZ.

19. Grigor'yan G. A., Gulyaeva N. V. Stress-reactivity and stress-resilience in the pathogenesis of depressive disorders: involvement of epigenetic mechanisms. *Zhurnal vysshej nervnoj dejatel'nosti imeni I. P. Pavlova,* 2015;65;1:19–32 (in Russ.). DOI: 10.7868/S0044467715010037.

20. Fyodorova A. O., Kukharenko N. S. Adaptation ability of the rat organism under prolonged stress and correction of its effects. Proceedings from *Problemy zootehnii, veterinarii i biologii zhivotnyh na Dal'nem vostoke.* (PP. 95–100), Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020 (in Russ.). EDN: WFIEEB.

Статья поступила в редакцию 10.10.2023; одобрена после рецензирования 22.11.2023; принята к публикации 29.11.2023.

The article was submitted 10.10.2023; approved after reviewing 22.11.2023; accepted for publication 29.11.2023.

Информация об авторах

Фёдорова Анастасия Олеговна, *доктор биологических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0009-0003-0405-0830, Author ID: 740417, anfedka@list.ru;*

Кухаренко Наталья Степановна, *доктор ветеринарных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 362919, n-consultant@mail.ru;*

Труш Наталья Владимировна, *доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 454799;*

Гаврилов Юрий Анатольевич, *доктор биологических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 194140;*

Гаврилова Галина Антоновна, *доктор ветеринарных наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 292809*

Information about the authors

Anastasiya O. Fyodorova, *Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian Unuversity, ORCID: 0009-0003-0405-0830, Author ID: 740417, anfedka@list.ru;*

Natalya S. Kukharenko, *Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 362919, n-consultant@mail.ru;*

Natalya V. Trush, *Doctor of Biological Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian Unuversity, Author ID: 454799;*

Yuri A. Gavrilov, *Doctor of Biological Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian Unuversity, Author ID: 194140;*

Galina A. Gavrilova, *Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian Unuversity, Author ID: 292809*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья
УДК 631.17:004
EDN KNULBK

Реализация имитационной модели загрузки машинно-тракторного парка

Анна Александровна Алетдинова[1], Борис Дмитриевич Докин[2]
[1] Российский государственный университет нефти и газа
(национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, Москва, Россия
[1] Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирская область, Новосибирск, Россия
[2] Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, Краснообск, Россия
[1] aletdinova@ngs.ru, [2] dokin38@mail.ru

Аннотация. Цель исследования состоит в проведении серии имитационных экспериментов по варьированию параметров загрузки машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия. Для этого решены следующие задачи: обосновать особенности построенной имитационной модели загрузки машинно-тракторного парка; провести варьирование агрегатов на примере реализации различных технологий возделывания и уборки пшеницы на пару; оценить технические и экономические показатели различных технологий возделывания и уборки пшеницы на пару. В основу имитационной модели положен метод сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ. В ходе экспериментов варьировались параметры: коэффициент скорости созревания полей, урожайность культур, набор агрегатов, коэффициент надежности технических средств для разных типов технологий и природных зон. В качестве примера приведены оценки на основе технологических карт возделывания и уборки пшеницы на пару для лесостепной зоны Новосибирской области. Рассчитаны выполненные объемы работ, загрузка техники, длительность операций, расход топлива, затраты на горюче-смазочные материалы. Оценка экономических показателей технологий показала, что интенсивная технология – наиболее затратная, но более эффективная, хотя на примере производства одной культуры различия в показателях небольшие. При рассмотрении всего производства растениеводства сельскохозяйственного предприятия затраты и прибыль существенно вырастают, а интенсивная технология так и остается наиболее эффективной.

Ключевые слова: загрузка машинно-тракторного парка, имитационная модель, варьирование параметров, критерий, технические и экономические показатели технологий, учет рисков

Для цитирования: Алетдинова А. А., Докин Б. Д. Реализация имитационной модели загрузки машинно-тракторного парка // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 122–135.

Original article

Implementation of simulation model of machine and tractor fleet loading

Anna A. Aletdinova[1], Boris D. Dokin[2]
[1] Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)
Moscow, Russia
[1] Novosibirsk State Agricultural University, Novosibirsk region, Novosibirsk, Russia

[2] Siberian Federal Research Centre of Agro-Biotechnologies
of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia
[1] aletdinova@ngs.ru, [2] dokin38@mail.ru

Abstract. This is a study that aims to conduct a set of simulation experiments on varying the loading parameters of the machine and tractor fleet of an agricultural enterprise. The following objectives are set: to substantiate the features of constructed simulation model of loading machine and tractor fleet; to vary the units using the example of implementing various technologies for cultivation and harvesting of wheat after fallow; to evaluate the technical and economic indicators of various technologies for cultivation and harvesting of wheat after fallow. The simulation model is based on end-to-end viewing method of annual work package options. During the experiments, the parameters of the field ripening coefficient, crop yield, set of units and average technical reliability coefficient are varied for different types of technologies and natural areas. As an example, estimates based on technological maps of steam cultivation and harvesting of wheat for the forest-steppe zone of the Novosibirsk region are given. The completed volumes of work, equipment loading, duration of operations, fuel consumption, fuel and lubricants costs are calculated. An assessment of the economic indicators of technologies has shown that intensive is the most expensive, but more effective, although there are small differences in indicators on the example of one crop production. When considering the entire crop production of an agricultural enterprise, costs and profits increase significantly, and intensive technology remains the most effective.

Keywords: machine and tractor fleet loading, simulation model, variation of parameters, criteria, technical and economic indicators of technologies, risk accounting

For citation: Aletdinova A. A., Dokin B. D. Implementation of simulation model of machine and tractor fleet loading. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:122–135 (in Russ.).

Введение. Расчет оптимизации машинно-тракторного парка (МТП) чаще всего не используется в хозяйствах; планирование производства базируется на имеющихся ресурсах, в том числе и агрегатах. Имеющиеся ресурсы определяют, какой тип технологий (экстенсивный, нормальный, интенсивный) выбрать. Часто используемые технологии нельзя отнести ни к какому типу. Таким образом, не применяется научный подход, что приводит к низкой урожайности культур или потере валового сбора.

Задача создания имитационной модели загрузки МТП базируется на оптимизационных задачах, чаще всего линейного программирования [1]. Она реализована в работах С. П. Исаковой, Е. А. Лапченко (реализуется минимум прямых затрат, по количеству механизаторов) [2], И. П. Батаевой (с расчетом минимума приведенных затрат) [3], А. А. Ефремова (с выделением нелинейных зависимостей и наличием разрывов в целевой функции) [4], А. В. Ленского, Е. М. Иванова, Е. Е. Каждан (с минимизацией эксплуатационных затрат) [5] и других.

Имитационное моделирование позволяет варьировать различные параметры, следовательно, проигрывать разные производственные сценарии. Примером его реализации применительно к загрузке МТП можно назвать работу В. А. Завора и В. И. Толокольникова, в которой они объединили математическую модель оптимизации технологии и систему массового обслуживания, что позволило использовать вероятностные величины [6].

Известный факт, что ведение сельского хозяйства – это управление процессом производства с учетом естественных природных процессов и особенностей климатической зоны, в которой ведется хозяйство. Тот же Сибирский регион относится к зоне рискованного земледелия. Значит, для обеспечения урожайности культур (в том числе конечных объемов произведенной продукции, издержек, прибыли и рентабельности) следует уделять особое внимание погодным рискам.

Во многих регионах России колебания урожайности достигают 30–50 % от среднегодового уровня, а 2–3 года из каждых десяти бывают неурожайными [7]. Погодные явления, которые не вписываются в климатическую норму, наносят колоссальный ущерб сельскохозяйственному производству, поэтому требуют постоянного оперативного управления и использования страхования. Но уже на уровне планирования этого процесса необходимо просчитывать все варианты, включая загрузку машинно-тракторного парка.

Особенности природно-климатических зон накладывают ограничения на сроки, длительность и последовательность выполнения технологических операций, а также формируют дополнительные требования к биологическим характеристикам сортов. На аграрный сектор накладывается такая особенность как территориальная протяженность производства. Незапланированные изменения в последовательности технологических операций приводят к риску потери сельскохозяйственной продукции, низкой урожайности, а, следовательно, убыткам.

Разные источники рисков в сельскохозяйственном производстве в совокупности могут оказывать значительное влияние на результаты деятельности, особенно при неблагоприятном стечении случайных обстоятельств. При этом рисками можно управлять как непосредственно в хозяйстве путем внедрения и апробации новых подходов и технологий, так и при помощи различных программ страхования посевов.

Цель исследования – *провести эксперимент по варьированию параметров модели загрузки машинно-тракторного парка и проанализировать полученные результаты.* Задачи исследований: обосновать особенности построенной имитационной модели загрузки машинно-тракторного парка; провести варьирование агрегатов на примере реализации различных технологий возделывания и уборки пшеницы на пару; оценить технические и экономические показатели различных технологий возделывания и уборки пшеницы на пару.

Материалы и методы исследования. Построение модели загрузки машинно-тракторного парка требует определения набора основных параметров (переменных), их свойств и принципов взаимодействия между ними. В качестве основы взаимодействия переменных использованы некоторые положения метода сквозного просмотра вариантов годовых комплексов работ (при определении загруженности и сроков проведения сельскохозяйственных работ). Более подробно методика описана в работе [8].

Для корректного включения в модель переменной, характеризующей объемы работ в условных эталонных гектарах, воспользуемся следующим выражением:

$$P_{jt} = V_j \times K_{у.э} \qquad (1)$$

где P_{jt} – объем работы j в условных эталонных гектарах, выполняемой в период t;

V_j – объем работы j в физических единицах;

$K_{у.э.}$ – коэффициент перевода в условные эталонные гектары.

Для определения доли выработки по операции агрегатом до прогона модели используем выражение (2):

$$L_{jts} = \frac{P_{jt}}{Wjts}, (j = 1,2 \ldots Z; t = 1,2 \ldots T; s = 1,2 \ldots S) \quad (2)$$

где L_{jts} – доля выработки от максимально возможной при выполнении заданного объема работ P_{jt} в период t;

W_{jts} – производительность на работе j в период ts-го машинно-тракторного агрегата в условных эталонных гектарах (у. э. га) за период.

Для перевода производительности агрегата, которая указывается в физических единицах, нами была использована формула (3):

$$W_{jts} = W_{js} \times K_{у.э} \times T_t \qquad (3)$$

где W_{js} – производительность на работе js-го машинно-тракторного агрегата в физических единицах, которыми могут выступать ч, га/ч, т/ч, м/ч и т. д.

Также в модели используются данные по резерву рабочего времени, который представляет собой максимально возможную величину часовой загрузки одной энерго-машины в указанный период. Он определяется выражением (4):

$$\text{Т}_t = T_{\text{см}} \times \text{К}_{\text{см}jt} \times D_t(K_{jt} \pm \Delta K_{jt})\eta\chi \qquad (4)$$

где T_t – резерв рабочего времени в часах для одной энергомашины в период t;

$T_{см}$ – длительность смены в часах;

K_{cmjt} – коэффициент сменности при выполнении работы j в период t;

D_t – длительность периода t, дней;

$(K_{jt}^t \pm \Delta K_{jt})$ – среднестатистическая величина коэффициента погодных условий за ряд лет при выполнении работы в период t;

η – коэффициент готовности машинно-тракторного парка к выполнению работ;

χ – коэффициент надежности технических средств.

Для определения нормы времени обработки агрегатом операции был использован подход, основанный на экономически целесообразном сроке проведения полевых работ. Данные сроки не являются нормированными из-за запаздывания проведения полевых работ, приводящих к потерям урожая, а также из-за затрат, обусловленных техническим обеспечением этих сроков. При этом также учитывается, что сроки созревания для культур различны и могут варьироваться в пределах некоторых диапазонов.

Существующая функция совокупных затрат для сельхозпредприятия в зависимости от продолжительности выполнения технологической операции позволяет путем проведения дифференцирования выразить аналитически целесообразные сроки проведения полевых работ сельскохозяйственным агрегатом [9].

Функция совокупных затрат для сельхозпредприятия в зависимости от продолжительности выполнения технологической операции имеет вид:

$$f(\text{Д}_\text{р}) = \frac{\alpha_\text{Т} \times \text{Б}_\text{Т} \times \gamma_\text{Т}^i \times \gamma_{\text{соз}}^i}{\text{Д}_\text{р}} + \frac{\alpha_{\text{ПК}} \times \text{Б}_{\text{ПК}} \times \gamma_{\text{ПК}}^i \times \gamma_{\text{соз}}^i}{\text{Д}_\text{р}} + \\ + \text{К}_{\text{сп}} \times U \times \text{Ц} \times W_{\text{сут}} \times \text{Д}_\text{р} + \text{C} \qquad (5)$$

где $Д_р$ – продолжительность проведения технологической операции, дней;

$Б_т$, $Б_{пк}$ – балансовая стоимость трактора, посевного комплекса;

$\alpha_Т$, $\alpha_{ПК}$ – норма отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса;

γ_T^i, $\gamma_{ПК}^i$ – часть удельных отчислений на реновацию трактора и посевного комплекса в зависимости от того, какие работы выполняют трактор и посевной комплекс (для простоты взят удельный вес этой работы в годовом объеме работ, выполняемых трактором и посевным комплексом);

$К_{СП}$ – средний коэффициент потерь урожая в зависимости от продолжительности работ, часть/день;

U – урожайность культуры, т/га;

Ц – цена реализации;

$W_{сут}$ – суточная производительность машинно-тракторного агрегата, га/сут;

С – затраты на техобслуживание и ремонт техники, ГСМ, зарплату и другие, которые не зависят от продолжительности проведения технологической операций, руб./га.

После взятия производной и приведения полученного выражения к нулю, оптимальная продолжительность проведения полевых работ равна (6):

$$\text{Д}_\text{р}^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\alpha_\text{Т} \times \text{Б}_\text{Т} \times \gamma \times_\text{Т}^i \times \gamma_{\text{соз}}^j + \alpha_{\text{ПК}} \times \text{Б}_{\text{ПК}} \times \gamma_{\text{ПК}}^i \times \gamma_{\text{соз}}^j}{\text{К}_{\text{СП}} \times U \times \text{Ц} \times W_{\text{сут}}}} \qquad (6)$$

Пусть на обработку машинно-тракторным агрегатом (трактор совместно с посевным комплексом) поступают некоторые технологические операции (это могут быть как доли в условных гектарах, так и просто заявки на сельскохозяйственные работы). Выполнение операций должно быть произведено в соответствии с оптимальными продолжительностями проведения полевых работ. При этом, пока не выполнена одна операция-заявка, следующая выполняться не может.

Таким образом, на основе модели возможно определить количество выполненных агрегатом работ, время работы, загруженность и вероятность выполнения операции (с учетом ситуации перегруженности агрегата) [7].

Построенная в программном комплексе AnyLogic 8.2.3 Learning Edition имитационная модель объединяет системную динамику, агентное моделирование и элементы дискретно-событийного моделирования. Значения переменных приняты, исходя из типа агрегата и особенностей сельскохозяйственных операций. Описание модели подробно приведено в работе [8].

Для работы модели требуется учитывать географические и природные условия. Так, Новосибирская область имеет свои проблемы для развития сельскохозяйственного производства. Это связано, прежде всего, с почвенно-ландшафтными особенностями: прохладный, переувлажненный болотный массив на севере, засушливые степи на юге области. Также дополнительной «отрицательной» особенностью является засоленность почвенного покрова. Причем, в комплексе с зональными почвами, она создает мозаичность покрова, что существенно затрудняет обработку и использование [10].

Таким образом, для обеспечения адекватности имитационной модели, были использованы данные из руководства, подготовленного Сибирским федеральным научным центром агробиотехнологий РАН по системам земледелия и агротехнологиям [7].

Далее представлена урожайность пшеницы на разных уровнях интенсификации по основным подзонам Новосибирской области (табл. 1).

Для работы имитационной модели также требуются данные по составу МТП, информация по выполняемым работам и стоимости техники (табл. 2).

Балансовые стоимости агрегатов получены в результате агрегации информации с Интернет-ресурса АГРОСЕРВЕР.ru (российский агропромышленный сервер), платформы«Agriaffaires».

С моделью производились эксперименты «Варьирование параметров» для определения того, как будет изменяться количество обработанных операций, среднее время, вероятность, среднее количество выполненных операций, коэффициент загрузки агрегата и норма времени на выполнение операции выбранного типа.

Для расчета заработной платы и затрат на социальные отчисления воспользуемся формулой (7):

$$З_п = \frac{(К_{ТР} \times 1{,}5 \times f_{ТР} + К_{ВР} \times 1{,}3 \times f_{ВР})}{W_{СМ}} \quad (7)$$

где $З_п$ – заработная плата механизаторов и вспомогательных рабочих с отчислениями, руб./га;

$W_{СМ}$ – производительность агрегата за смену, га/ч;

$К_{ТР}$, $К_{ВР}$ – число трактористов и вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат, чел.;

$f_{ТР}$, $f_{ВР}$ – тарифные ставки механизаторов и вспомогательных рабочих, руб.

Результаты исследования и их обсуждение. В настройках эксперимента были заданы значения параметров и выбраны те из них, которые должны изменяться в ходе прогона модели. В дан-

Таблица 1 – Урожайность для культуры пшеница на пару
Table 1 – Yield for wheat after fallow

В тоннах на гектар (in tons per hectare)

Показатель по подзонам	Южно-таежно-лесная	Северо-лесо-степная	Центрально-лесо-степная	Южно-лесо-степная	Северо-степная
Нормальная технология					
Средняя урожайность	3,5	3,3	3,1	3,0	2,5
Интенсивная технология					
Средняя урожайность	4,6	4,6	4,4	4,0	–
Экстенсивная технология					
Средняя урожайность	3,0	3,0	2,5	2,3	1,8

Таблица 2 – Производственные и технические показатели посевных комплексов и агрегатов по операциям

Table 2 – Production and technical indicators of sowing complexes and units according operations

Наименование операции	Наименование агрегата	Производительность, га/час	Расход ГСМ, кг/га
Культивация	John Deere + TopDown 600	5,5	10
Опрыскивание	МТЗ + ОП-2000	12,5	0,8
	МТЗ + HARDI Navigator	24	1,0
	К-700 + Amazone UX 5200	62,4	1,2
	John Deere 4730	31	1,2
Вспашка	John Deere + + Kverneland RX 100	3	16
Безотвальная обработка почвы	John Deere + John Deer 2410	13	15
Ранневесеннее боронирование	John Deere + + БЗГТ-25 Победа	35	1,9
	МТЗ + СГ-21 + 12БСС-1,0	5,6	2,0
	К-700 + БЗГ-24-021	19,2	1,9
	МТЗ + СГ-21 + 12ЗБЗС-1,0	6,3	1,7
	John Deere + Degelman-24 м	35	1,8
	МТЗ + Штригель-12 м	16,8	1,5/2,3
	John Deere + Штригель-24 м	33,6	2,0
Посев	John Deere + John Deere 730 + + John Deere 1910	11,7	5,9
	МТЗ + СПЗ-3,6	2,2	3,9
	John Deere + John Deere 1895 + + John Deere 1910	13	6,2
	New Holland + Salford	5	6,0
	John Deere + DMC 602	9,1	5,9
	К-700 + Optima	4,1	3,8
Подбор валков и прямая уборка	Комбайн John Deere	10,27	3,0
	Комбайн Claas Lexion 570C	10,8	4,0
	Комбайн Claas Mega 370	7,2	2,8
	Комбайн New Holland	9,2	3,0
Прессование	МТЗ + Rollant-240	2	1,2
	МТЗ + Rollant-340	2	1,2
	МТЗ + New Holland	3,3	1,7
Сгребание и ворошение травяной массы	Liner 1550	3,2	1,5
Скашивание	MacDon M-155	15,6	2,5
	МТЗ + КДН-210	2,85	2,0
	John Deere + Taarup 5090	5,9	5,4
Уборка кормов	Комбайн Claas Jaguar 850	4,5	3,0

ном случае в качестве таких параметров выбраны: коэффициент скорости созреваемости полей, урожайность культуры и коэффициент надежности технических средств.

Модельные параметры: объемы работ 250 га. Тип культуры: пшеница на пару. Тип технологии: экстенсивная, нормальная, интенсивная. Время: стандартное, моделируемое.

Результаты моделирования выполненных объемов работ в условно эталонных гектарах по типам агрегатов представлены на рисунке 1.

Результаты моделирования загруженности по агрегатам для двух экспериментов представлены на рисунке 2.

Анализ результатов моделирования показал, что в случае применения стандартных нормативов на выполнение операций суммарно по всем агрегатам и операциям, не будут выполнены 473 у. э. га. При этом в случае расчетов норм выполнений с учетом используемого агрегата (на основе экономически целесообразных сроков проведения работ) 340 у. э. га. Таким образом, учет особенностей агрегатов на 28,11 % сокращает потери в объемах выполненных работ, а также показывает на 6,12 % вероятности выполнения всего объема операций, подаваемых на вход модели, что говорит о лучшей результативности в целом.

Далее произведем расчеты для этой же культуры, но с учетом изменения типа технологии (интенсивная и экстенсивная) возделывания культур (рис. 3, 4). Интенсивная технология обработки обеспечивает максимальную загрузку агрегатов, на второй позиции находится нормальная технология и на последней – экстенсивная. При определении оптимальной продолжительности выполнения операции получены аналогичные результаты с точки зрения вероятности выполнения операции. Интенсивная технология, суммарно по всем агрегатам, демонстрирует лучшие результаты, чем нормальная (на 0,44 %) и экстенсивная технологии (на 0,93 %).

Это не противоречит теоретическим и статистическим положениям об эффективности данных технологий [11, 12]. Интенсивная технология рекомендована к применению в условиях Новосибирской области.

На основе полученных в ходе прогона имитационной модели данных можно рассчитать следующие показатели, влияющие на экономическую эффективность:

1) расход топлива;

2) затраты средств на горюче-смазочные материалы (ГСМ).

Для расчетов расхода топлива используем полученные в ходе прогона модели данные по выполненным объемам работ и расходам ГСМ (кг/га) для каждого из агрегатов (табл. 3).

Если рассматривать расход горюче-смазочных материалов с учетом использованного типа технологий, то в сумме по всем агрегатам мы получим, что наиболее затратной является интенсивная технология, наименее затратной – экстенсивная (рис. 5).

Исходя из средних цен на дизельное топливо по Новосибирской области, рассчитаем расход на топливо в денежном эквиваленте для всех типов технологий.

Так, для интенсивной технологии суммарный расход на топливо наибольший и составляет 817 889,40 рублей, для нормальной технологии результат ниже и составил 811 979,60 рублей; наименьший расход для экстенсивной технологии (806 069,90 руб.).

Таким образом, интенсивная технология является наиболее затратной по расходу топлива. Однако, поскольку разница между затратами по экстенсивной технологии и нормальной соответствует 1,01 % и 1,00 %, а также эффективность с точки зрения выполненных объемов работ у интенсивной технологии выше соответственно на 1,02 % и 1,01 %, то приоритет применения на стороне интенсивной технологии.

Поскольку в исходных данных есть возможность выбора альтернативного набора агрегатов по ряду операций, рассчитаем расходы ГСМ по технологиям, для:

1) самого малозатратного по расходу топлива набора агрегатов;

2) самого производительного набора агрегатов.

Результаты представлены в таблице 4.

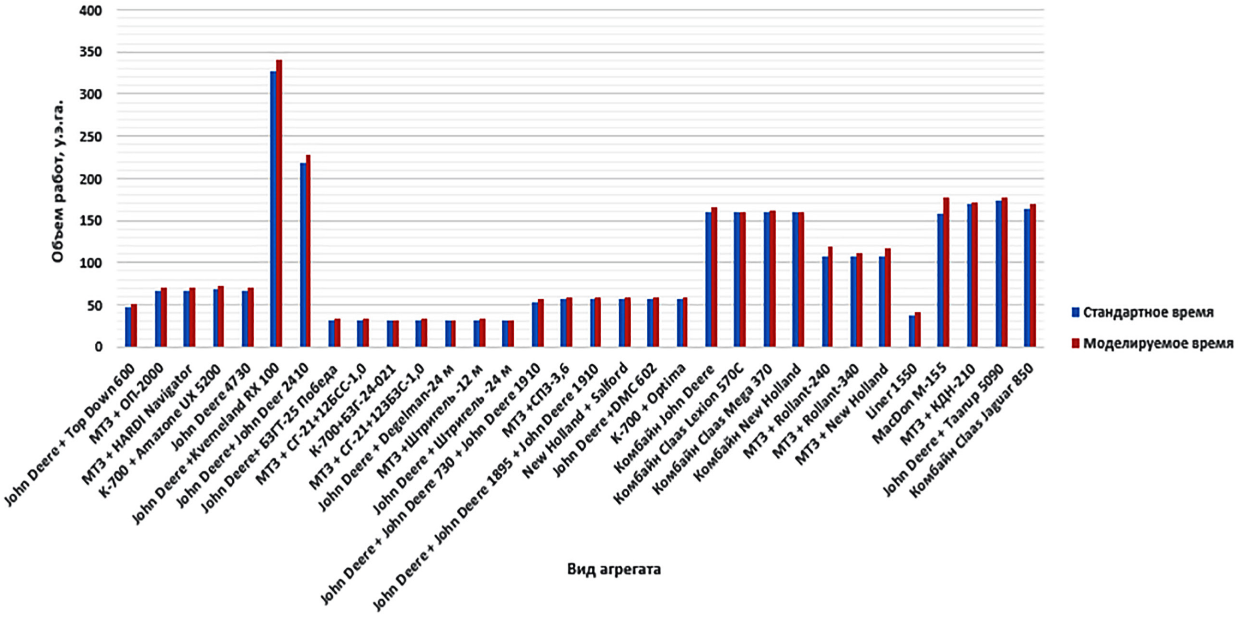


Рисунок 1 – Выполненные объемы работ для нормальной технологии
Figure 1 – Completed volumes of work for normal technology

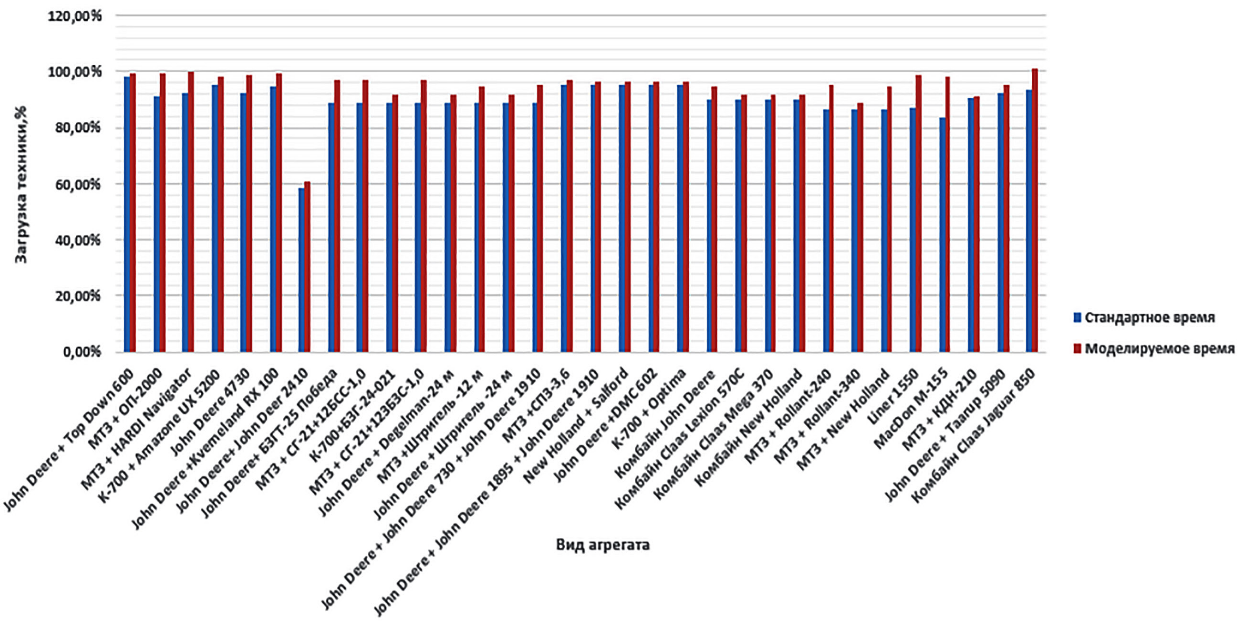


Рисунок 2 – Загрузка техники в зависимости от варьирования времени
Figure 2 – Equipment loading depending on time variations

При этом согласно результатам прогона модели вариант 2) с точки зрения выполненных объемов операций демонстрирует лучшие результаты (табл. 5).

Таким образом, возникает стандартная проблема выбора – чему отдать предпочтение: меньшим затратам или более высоким результатам. Ответом является расчет рентабельности производства.

Для этого обычно применяется отношение прибыли к себестоимости производства. В нашей ситуации для расчета прибыли будем отталкиваться от биржевой цены за пшеницу, равной 11 500 руб. за одну тонну).

В себестоимость производства включаем затраты на ГСМ, затраты на заработную плату и социальные отчисления

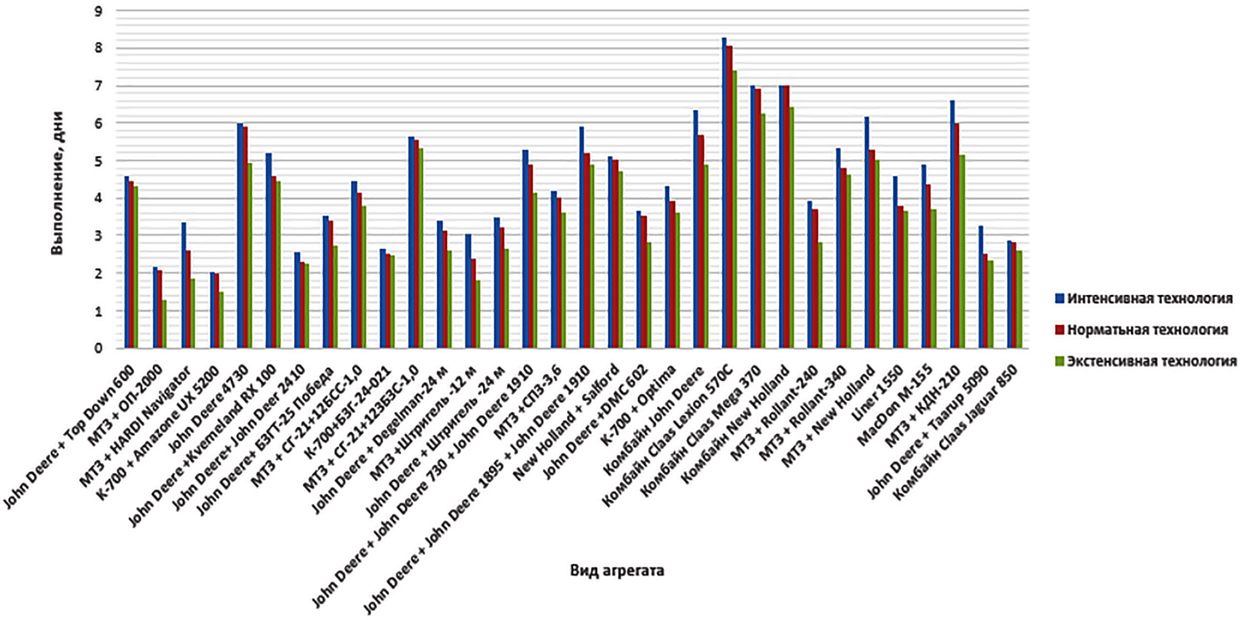


Рисунок 3 – Количество дней на выполнение операций
Figure 3 – Number of days to complete operations

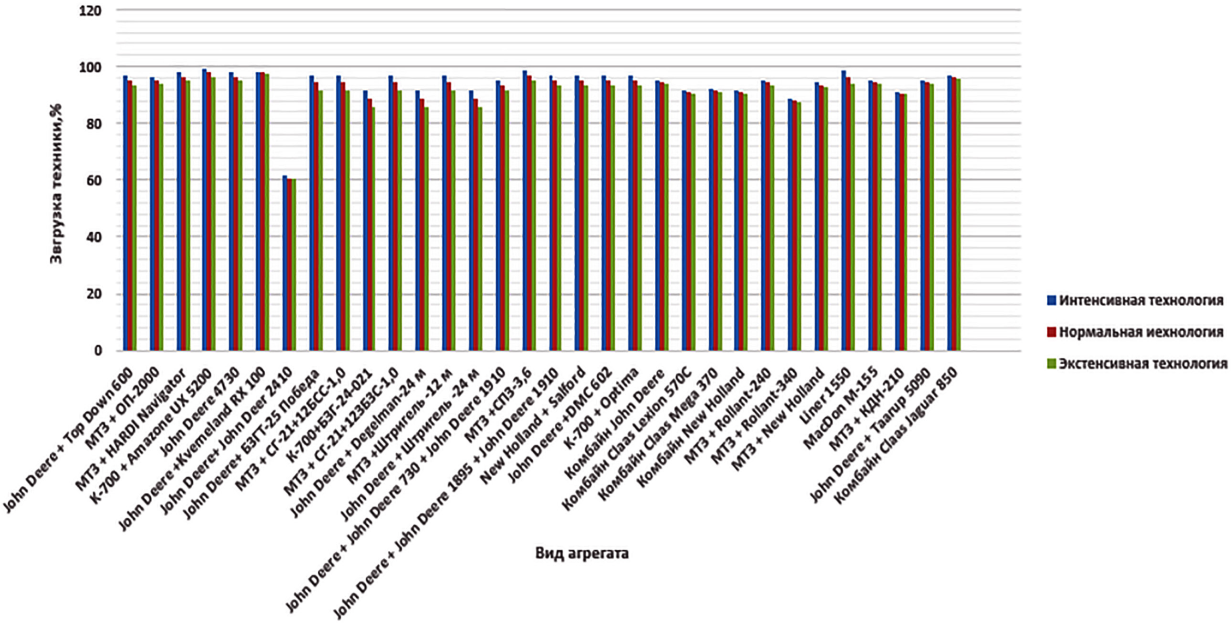


Рисунок 4 – Загрузка техники в зависимости от технологий возделывания
Figure 4 – Equipment loading depending on cultivation technologies

(количество механизаторов, включенных в работу, примем равным 22).

Полученные экономические результаты представлены в таблице 6.

Вариант с использованием набора машин по максимальной производительности показывает лучшие результаты рентабельности производства, что связано с более низкими затратами на трудовые ресурсы в процессе производства и более высокой результативностью как по количеству обработанных гектаров, так и по урожайности. При этом следует учитывать тот факт, что при условии дозакупки агрегатов следование данному варианту представляется более затратным, однако в долгосрочной перспективе он более предпочтителен.

Таблица 3 – Расход ГСМ по итогам прогона имитационной модели

Table 3 − Fuel and lubricants consumption based on results of test-running of simulation model

Наименование агрегата	Расход ГСМ, кг/га	Расход по экстенсивной технологии, кг/га	Расход по нормальной технологии, кг/га	Расход по интенсивной технологии, кг/га
John Deere + Top Down 600	10	490	500	510
МТЗ + ОП-2000	0,8	54,4	55,2	56
МТЗ + HARDI Navigator	1,0	69	70	71
K-700 + Amazone UX 5200	1,2	84	85,2	86,4
John Deere 4730	1,2	82,8	84	85,2
John Deere + Kverneland RX 100	16	5 424	5 440	5 456
John Deere + John Deer 2410	15	3 390	3 405	3 420
John Deere + БЗГТ-25 Победа	1,9	60,8	62,7	64,6
МТЗ + СГ-21 + 12БСС-1,0	2,0	64	66	68
К-700 + БЗГ-24-021	1,9	57	58,9	60,8
МТЗ + СГ-21 + 12ЗБЗС-1,0	1,7	54,4	56,1	57,8
John Deere + Degelman-24 м	1,8	54	55,8	57,6
МТЗ + Штригель-12 м	1,5/2,3	67,2	69,3	71,4
John Deere + Штригель-24 м	2,0	60	62	64
John Deere + John Deere 730 + + John Deere 1910	5,9	324,5	330,4	336,3
МТЗ + СПЗ-3,6	3,9	222,3	226,2	230,1
John Deere + John Deere 1895 + + John Deere 1910	6,2	347,2	353,4	359,6
New Holland + Salford	6,0	336	342	348
John Deere + DMC 602	5,9	330,4	336,3	342,2
K-700 + Optima	3,8	212,8	216,6	220,4
Комбайн John Deere	3,0	492	495	498
Комбайн Claas Lexion 570C	4,0	632	636	640
Комбайн Claas Mega 370	2,8	445,2	448	450,8
Комбайн New Holland	3,0	474	477	480
МТЗ + Rollant-240	1,2	140,4	141,6	142,8
МТЗ + Rollant-340	1,2	130,8	132	133,2
МТЗ + New Holland	1,7	197,2	198,9	200,6
Liner 1550	1,5	60	61,5	63
MacDon M-155	2,5	440	442,5	445
МТЗ + КДН-210	2,0	338	340	342
John Deere + Taarup 5090	5,4	950,4	955,8	961,2
Комбайн Claas Jaguar 850	3,0	501	504	507

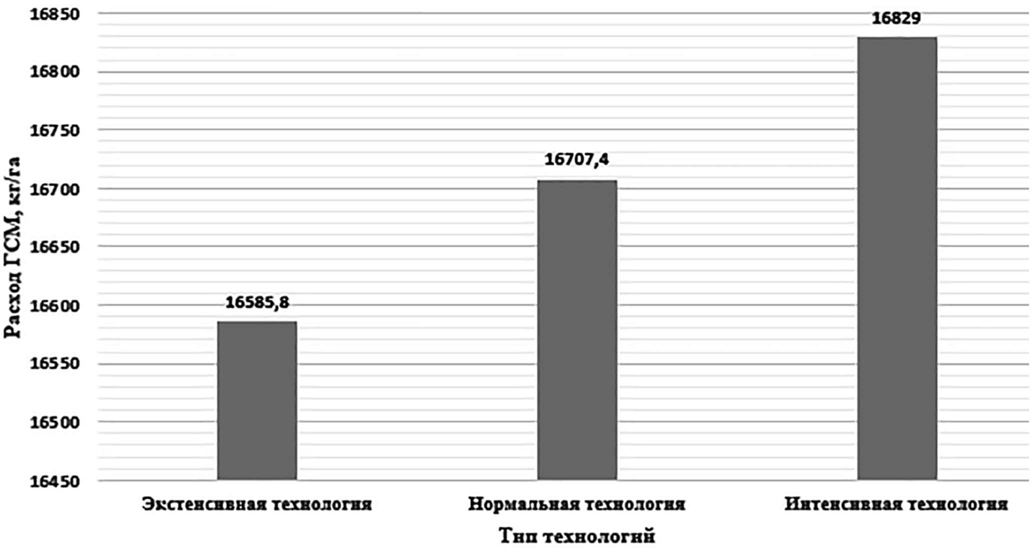


Рисунок 5 – Общий расход топлива по технологиям
Figure 5 – Total fuel consumption according technologies

Таблица 4 − Расходы ГСМ по двум вариантам набора агрегатов
Table 4 − Fuel and lubricant consumption according two options for a set of units

Варианты	Экстенсивная технология	Нормальная технология	Интенсивная технология
	Расходы в кг/га		
1)	11 110,20	11 168,00	11 225,80
2)	11 619,40	11 682,30	11 745,20
	Расходы, руб.		
1)	539 955,72	542 764,80	545 573,88
2)	564 702,84	567 759,78	570 816,72

Таблица 5 – Выполненные объемы по двум вариантам набора агрегатов
Table 5 – Completed volumes according two options for a set of units

Варианты	Экстенсивная технология	Нормальная технология	Интенсивная технология
	Объемы, у. э. га		
1)	1 422	1 433	1 444
2)	1 427	1 438	1 449

Заключение. *В результате прогона имитационной модели нами были оценены длительности работ по операциям, с учетом особенностей работающих агрегатов; загруженности агрегатов; варьирования созреваемости, потерь урожая и надежности технических средств. При этом были произведены расчеты по разным типам технологий возделывания культур (нормальная, экстенсивная и интенсивная).*

Основная рекомендация по выбору типа технологии возделывания для сельскохозяйственного производителя в условиях Новосибирской области (с учетом показателей урожайности, эффективной загруженности и длительности работ) для представленного в работе набора операций и агрегатов состоит в выборе интенсивной технологии, как показавшей лучшие результаты по рентабельности производства.

Таблица 6 – Прибыль, себестоимость и рентабельность производства по двум вариантам

Table 6 – Profit, cost and profitability of production according two options

Варианты	Экстенсивная технология	Нормальная технология	Интенсивная технология
Прибыль, руб.			
1)	24 709 560	39 756 860	62 066 400
2)	30 354 460	39 933 960	62 319 400
	Себестоимость, руб.		
1)	4 273 152,66	4 837 994,29	5 480 557,6
2)	4 288 177,81	4 854 874,94	5 499 534,6
	Рентабельность, %		
1)	5,78	8,21	11,32
2)	7,07	8,22	11,33

Список источников

1. Определение состава машинно-тракторного парка с использованием математического программирования : материалы выездного пленума отделения механизации и электрификации сельского хозяйства ВАСХНИЛ в 1964 г. М. : Колос, 1966. 199 с.

2. Исакова С. П., Лапченко Е. А. Web-комплекс на базе математической модели формирования оптимального машинно-тракторного парка // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 5. С. 76–82.

3. Батаева И. П. Применение экономико-математической модели при формировании оптимального состава машинно-тракторного парка предприятия // Человек, общество и государство в современном мире : материалы междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Пензенский государственный технический университет, 2016. С. 95–99.

4. Ефремов А. А. Формирование и использование машинно-тракторного парка сельскохозяйственных организаций на основе двухуровневого комплекса моделей оптимизации : автореф. дисс. ... канд. эконом. наук. Минск, 2019. 27 с.

5. Ленский А. В., Иванов Е. М., Каждан Е. Е. Методические аспекты оптимизации парка технических средств для растениеводства // Вестник Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрные науки. 2015. № 2. С. 102–111.

6. Агзамов М. С. Имитационное моделирование технологических процессов в сельскохозяйственном производстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2022. № 1 (93). С. 120–138. DOI: https://doi.org/10.37884/1-2022/15.

7. Системы земледелия и агротехнологии в Новосибирской области : руководство. Новосибирск : Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, 2016. 232 с.

8. Dokin B. D., Aletdinova A. A., Tsibina Ya. S. Simulation model of loading of the machine and tractor fleet based on the prediction method of the variants of annual field work complexes // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2442. DOI:10.1063/5.0075573.

9. Докин Б. Д., Ёлкин О. В., Лапченко Е. А., Исакова С. П. Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 2. С. 60–64.

10. Быкова О. Г. Оценка территориальных особенностей функционирования агроландшафтов Новосибирской области // Вестник Сибирского государственного университета геосистем и технологий. 2012. № 2 (18). С. 51–56.

11. Власенко А. Н., Шоба В. Н., Шарков И. Н., Иодко Л. Н. Продуктивность яровой пшеницы по пару при различных технологиях в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2014. № 5. С. 26–28.

12. Кучер А. В., Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Решетник Е. Ф., Двойнова Н. Ф. Повышение эффективности использования энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур при различных температурных режимах // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 86–92.

References

1. Determination of the composition of the machine and tractor fleet using mathematical programming. Proceedings from *Vyezdnoy plenum otdeleniya mekhanizatsii i elektrifikatsii sel'skogo khozyaistva VASKhNIL v 1964 g.* Moscow, Kolos, 1966. 199 p. (in Russ.).

2. Isakova S. P., Lapchenko E. A. Web complex based on mathematical model to form optimal machine-and-tractor fleet. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki,* 2016;5:76–82 (in Russ.).

3. Bataeva I. P. Features and basic directions environmental improvement activities of enterprises of agriculture. Proceedings from Man, society and the state in the modern world: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya.* (PP. 95–99), Penza, Penzenskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet, 2016 (in Russ.).

4. Efremov A. A. Formation and use of machine and tractor fleet of agricultural organizations based on a two-level set of optimization models. *Extended abstract of candidate's thesis.* Minsk, 2019, 27 p. (in Russ.).

5. Lenskii A. V., Ivanov E. M., Kazhdan E. E. Methodological aspects of optimization of the tractor fleet for plant production. *Izvestiya Natsional'noi akademii nauk Belarusi. Seriya agrarnykh nauk,* 2015;2:102–111 (in Russ.).

6. Agzamov M. S. Simulation modeling of technological processes in agricultural production. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaistva,* 2022;1(93):120–138 (in Russ.). doi: https://doi.org/10.37884/1-2022/15.

7. *Farming systems and agricultural technologies in Novosibirsk region: handbook,* Novosibirsk, Sibirskij federal'nyj nauchnyj centr agrobiotekhnologij RAN, 2016, 232 p. (in Russ.).

8. Dokin B. D., Aletdinova A. A., Tsibina Ya. S. Simulation model of loading of the machine and tractor fleet based on the prediction method of the variants of annual field work complexes. Proceedings from AIP Conference Proceedings, 2021;2442. DOI:10.1063/5.0075573.

9. Dokin B. D., Elkin O. V., Lapchenko E. A., Isakova S. P. Provision of technical support for timely cultivations in Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki,* 2014;2:60–64 (in Russ.).

10. Bykova O. G. Assessment of Novosibirsk region agrolandscapes functioning features. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii,* 2012;2(18):51–56 (in Russ.).

11. Vlasenko A. N., Shoba V. N., Sharkov I. N., Iodko L. N. Productivity of spring wheat under different technologies in the central forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie,* 2014;(5):26–28 (in Russ.).

12. Kucher A. V., Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Reshetnik E. F., Dvoinova N. F. Efficiency improving of energy means use in agricultural crops cultivation technology at different temperature regimes. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik,* 2021;3(59):86–92 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 31.08.2023; одобрена после рецензирования 25.10.2023; принята к публикации 20.11.2023.

The article was submitted 31.08.2023; approved after reviewing 25.10.2023; accepted for publication 20.11.2023.

Информация об авторах

Алетдинова Анна Александровна, *доктор экономических наук, профессор, кандидат технических наук, доцент, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И. М. Губкина, Новосибирский государственный аграрный университет, aletdinova@ngs.ru;*

Докин Борис Дмитриевич, *доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, dokin38@mail.ru*

Information about authors

Anna A. Aletdinova, *Doctor Economic Sciences, Professor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Novosibirsk State Agricultural University, aletdinova@corp.nstu.ru;*

Boris D. Dokin, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, Siberian Federal Research Centre of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, dokin38@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 631.333:631.86
EDN LQTDZF

Эффективность внесения концентрированных органических удобрений машиной с пневмоцентробежным распределяющим рабочим органом

Анатолий Михайлович Бондаренко[1], Людмила Сергеевна Качанова[2], Александр Юрьевич Попенко[3]
[1, 3] Азово-Черноморский инженерный институт (филиал Донского государственного аграрного университета), Ростовская область, Зерноград, Россия
[2] Российская таможенная академия, Московская область, Люберцы, Россия
[1] bondanmih@rambler.ru, [2] l.kachanova@customs-academy.ru, [3] popenkoalexander@yandex.ru

Аннотация. Современное состояние мирового рынка зерна предопределило новые подходы к его производству и реализации. Основным зернопроизводящим регионом в Российской Федерации является Южный федеральный округ, в частности Ростовская область, которая имеет более 4,7 млн. га пашни. В 2023 году средняя урожайность зерновых по Ростовской области составила 43,7 ц/га. Высокие урожаи способствуют значительному выносу питательных элементов из почвы, что снижает почвенное плодородие, восстановление которого возможно при эффективном использовании органических удобрений. Внесение твердых органических удобрений с дозами 40–60 т/га является затратным и малоэффективным. Перспективным направлением выступает внесение в почву концентрированных органических удобрений. На юге России таким является удобрение марки «Агровит-Кор». Однако физико-механические свойства (пылевидная форма, влажность около 45 %) «Агровит-Кор» не позволяют вносить его поверхностно серийными машинами. Рабочие распределяющие органы серийных машин не адаптированы к свойствам концентрированного органического удобрения, а также не обеспечивают эффективное внесение удобрений с дозами до 4 т/га. Для этой цели проведена модернизация машин марки РУМ (МВУ), где серийные распределяющие органы заменены пневмоцентробежными распределяющими органами, что позволило качественно распределять концентрированные органические удобрения с дозами от 2 до 4 т/га при рабочей ширине внесения 8 м. Применение на пневмопроводах регулирующих задвижек позволило получить неравномерность по ширине внесения не более 15 %. Приведена экономическая эффективность применения модернизированной машины в десятипольном севообороте Ростовской области за счет снижения недобора урожая сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: концентрированные органические удобрения, качество распределения удобрений, продовольственная безопасность, почвенное плодородие, экономическая эффективность

Для цитирования: Бондаренко А. М., Качанова Л. С., Попенко А. Ю. Эффективность внесения концентрированных органических удобрений машиной с пневмоцентробежным распределяющим рабочим органом // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 136–143.

Original article

Efficiency of application of concentrated organic fertilizers by a machine with a pneumocentrifugal distributing working body

Anatoliy M. Bondarenko[1], Lyudmila S. Kachanova[2], Alexander Yu. Popenko[3]
[1, 3] Azov-Black Sea Engineering Institute (branch of Don State Agrarian University) Rostov region, Zernograd, Russia

[2] Russian Customs Academy, Moscow region, Lyubertsy, Russia
[1] bondanmih@rambler.ru, [2] l.kachanova@customs-academy.ru, [3] popenkoalexander@yandex.ru

Abstract. The current state of the world grain market has predetermined new approaches to its production and sale. The main grain-producing region in the Russian Federation is the Southern Federal District, in particular, Rostov region, which has more than 4.7 million hectares of arable land. In 2023, the average grain yield in Rostov region was 43.7 c/ha. High yields contribute to a significant removal of nutrients from the soil, which reduces soil fertility, the restoration of which is possible with the effective use of organic fertilizers. The application of solid organic fertilizers with doses of 40–60 t/ha is costly and ineffective. A promising direction is the introduction of concentrated organic fertilizers into the soil. In the south of Russia, this is the fertilizer of the brand "Agrovit-Kor". However, the physical and mechanical properties (pulverized form, humidity about 45%) of "Agrovit-Kor" do not allow surface application of this fertilizer by serial machines. The working distributing bodies of serial machines are not adapted to the properties of concentrated organic fertilizer, and also do not ensure effective fertilizer application with doses up to 4 t/ha. For this purpose, the modernization of machines of the RUM brand (MVU) was carried out, where the serial distributing bodies were replaced by pneumocentrifugal distributing bodies, which made it possible to qualitatively distribute concentrated organic fertilizer with doses from 2 to 4 t/ha with a working width of 8 m. The use of regulating valves on pneumatic pipelines made it possible to obtain unevenness in the width of the application of no more than 15%. The economic efficiency of the use of the upgraded machine in the 10-field crop rotation of Rostov region is shown by reducing the shortage of crops.

Keywords: concentrated organic fertilizers, quality of fertilizer distribution, food security, soil fertility, economic efficiency

For citation: Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Popenko A. Yu. Efficiency of application of concentrated organic fertilizers by a machine with a pneumocentric distributing working body. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:136–143 (in Russ.).

Введение. Продовольственная безопасность Российской Федерации зависит от развития АПК и его составляющей отрасли – растениеводства. Ростовская область является одним из крупнейших регионов России по производству зерновых и зернобобовых культур [1, 2].

По данным зональной системы земледелия, в Ростовской области за последние 16 лет (2005–2021 гг.) площадь земель сельскохозяйственного назначения постоянно растет: с 8 756,8 тыс. га (2005 г.) до 8 833 тыс. га (2015 г.) и до 8 863,1 тыс. га (2021 г.). Прирост составил 106,3 тыс. га. Увеличению способствовали повышенный интерес к землям и заинтересованность сельхозтоваропроизводителей в производстве продукции [3].

Средняя урожайность озимой пшеницы в 2015 г., 2020 г. и 2022 г. составила 30; 35 и 42 ц/га соответственно. Фактический сбор урожая со всей площади зерновых в Ростовской области вырос на 31,66 %. Следствием высоких урожаев является значительный вынос питательных веществ с продукционного слоя почвы, что привело к снижению почвенного плодородия во всех шести природно-сельскохозяйственных зонах Ростовской области.

Базовым приемом восстановления почвенных ресурсов является применение высококачественных органических удобрений, разновидностью которых на юге России является концентрированное органическое удобрение марки «Агровит-Кор». Отличительной его особенностью от традиционных органических удобрений являются: малые дозы внесения (от 2 до 4 т/га); пылевидная форма; влажность около 45 %; высокое содержание азота, фосфора и калия за счет использования биодобавок.

Серийные технические средства не могут качественно распределять концентрированные органические удобрения по поверхности поля с заданными дозами.

В Азово-Черноморском инженерном институте Донского государственного аграрного университета разработана машина на базе разбрасывателей типа РУМ (МВУ) с пневмоцентробежными распределяющими органами, представляющими собой сочетание центробежного разбрасывания путем подачи потока удобрений на разбрасывающий диск в задней части кузова по оси движения машины. По бокам кузова установлены вентиляторы высокого давления с пневмопроводами, направленными влево и вправо по ходу движения машины. К каждому пневмопроводу подаются с кузова потоки удобрения. Пневмопроводы в нижней части имеют отверстия с задвижками для управления движением потоков удобрений, изменяя их траекторию в процессе выгрузки по заданным направлениям (рис. 1). Принцип действия машины и конструктивно-технологическая схема достаточно представлены в других публикациях [4].

Данная конструкция распределяющих рабочих органов позволяет снизить неравномерность распределения концентрированных органических удобрений (КОУ) по ходу движения агрегата до уровня 15 %. Данный показатель позволяет дополнительно получить прибавку урожая возделываемых культур.

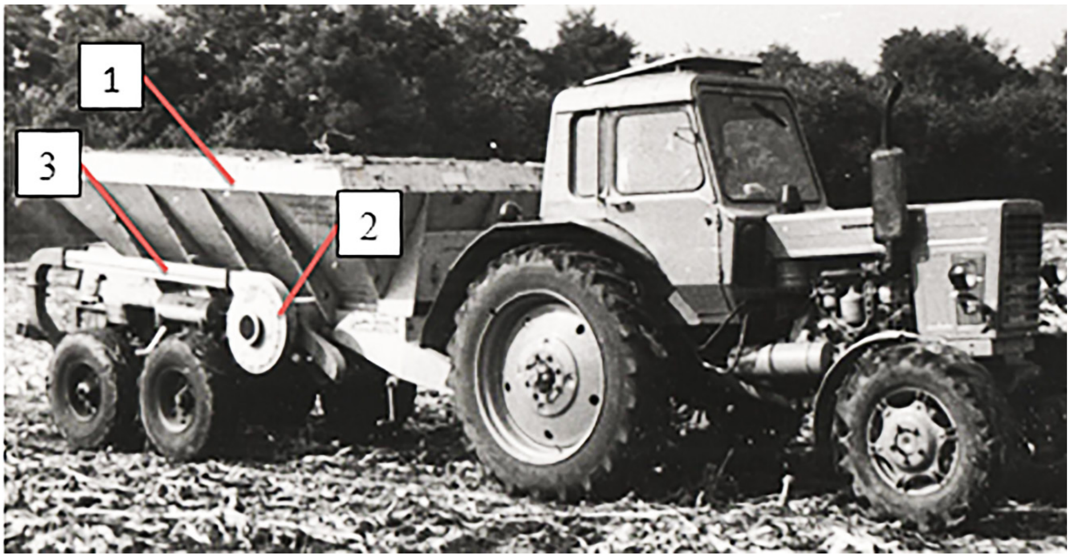
Цель исследования – *определение экономической эффективности внесения концентрированных органических удобрений машиной с пневмоцентробежным распределяющим рабочим органом в системе десятипольного севооборота на примере Ростовской области.*

Материалы и методы исследования. Экономическая эффективность применения разбрасывателя с пневмоцентробежным рабочим органом для поверхностного внесения концентрированных органических удобрений обоснована на примере типичного 10-польного севооборота, принятого в сельскохозяйственных предприятиях Ростовской области. Примерная площадь под каждой культурой севооборота принята 200 га. Известны сроки внесения концентрированных органических удобрений. Дозы внесения составляют от 2 до 4 т/га, при плотности равной 0,70 т/м^3.

Методика определения неравномерности внесения КОУ применялась согласно требованиям ГОСТ 28718–2016 «Техника сельскохозяйственная. Машины для внесения твердых органических удобрений. Методы испытаний».

Влияние качества внесения удобрений разбрасывателем на величину урожайности устанавливалось через показатель неравномерности внесения КОУ.

Рассмотрим диапазон значений от 15 до 45 % неравномерного внесения удобрения с учетом потерь урожайности. Стандарт определяет допустимую величину неравномерности не более 25 % [5]. Интервал варьирования от 15 до 25 % выступает желаемо достижимым уровнем;



1 – бункер машины; 2 – вентилятор высокого давления; 3 – пневмопровод

Рисунок 1 – Машина с пневмоцентробежным распределяющим рабочим органом

Figure 1 – Machine with pneumocentrifugal distributing working body

интервал от 35 до 45 % наиболее часто встречается в практической деятельности сельскохозяйственных предприятий. Таким образом, исследование изменения показателей экономической эффективности целесообразно проводить в интервале неравномерности внесения органических удобрений от 15% до 45 %.

Исследованиями ученых-агрономов установлено, что при использовании органических удобрений урожайность сельскохозяйственных культур увеличивается в среднем на 30 % [6]. Таким образом, учитывая повышение урожайности от использования КОУ и сокращение ее при неравномерности их внесения, расчетным путем определили урожайность культур 10-польного севооборота (табл. 1).

Для перевода в стоимостные единицы измерения используем информацию Федеральной службы государственной статистики о ценах реализации сельскохозяйственных культур из открытых источников. Данные рисунка указывают на сокращение дохода от возделывания культур при использовании КОУ по причине роста неравномерности внесения органических удобрений (рис. 2).

По расчетным данным, доход от реализации подсолнечника, выращенного при использовании КОУ по сравнению с его возделыванием без органических удобрений, сократится на 9,94 тыс. руб. при росте неравномерности внесения КОУ с 15 до 35 %. Доход от реализации озимой пшеницы уменьшится на 6,93 тыс. руб., от реализации кукурузы на зерно и на силос на 4,93 и 4,89 тыс. руб. соответственно.

Стоит отметить, что при росте неравномерности внесения КОУ более чем 40 % при возделывании ярового ячменя, эффект от применения КОУ полностью утрачивается.

Для расчета окупаемости капитальных вложений в технологический процесс внесения КОУ с учетом неравномерности их внесения воспользуемся методикой оценки экономической эффективности инвестиционных проектов с определением коэффициента (индекса) доходности, внутренней нормы доходности (расчетным путем и графически), срока окупаемости

Таблица 1 – Значения урожайности культур при 10-польном севообороте при применении КОУ

Table 1 – Crop yield values at 10-field crop rotation when using COF

Культура	Средняя урожайность в 2022 году, ц/га	Сокращение урожайности при неравномерности внесения КОУ, ц/га							Дополнительный урожай при применении КОУ, ц/га
		15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	
Пар черный	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая пшеница	44,00	1,70	2,00	3,19	3,60	4,15	5,05	6,25	13,20
Озимая пшеница	44,00	1,70	2,00	3,19	3,60	4,15	5,05	6,25	13,20
Кукуруза на силос	48,70	1,90	2,15	3,20	3,70	4,25	5,25	6,15	14,61
Озимая пшеница	44,00	1,70	2,00	3,19	3,60	4,15	5,05	6,25	13,20
Горох	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Озимая пшеница	44,00	1,70	2,00	3,19	3,60	4,15	5,05	6,25	13,20
Кукуруза на зерно	55,00	1,90	2,10	3,20	3,68	4,20	5,30	6,20	16,50
Яровой ячмень	16,20	1,55	2,29	3,50	3,92	4,54	5,35	6,35	4,86
Подсолнечник	27,10	1,98	2,50	3,50	3,93	4,50	5,50	6,50	8,13

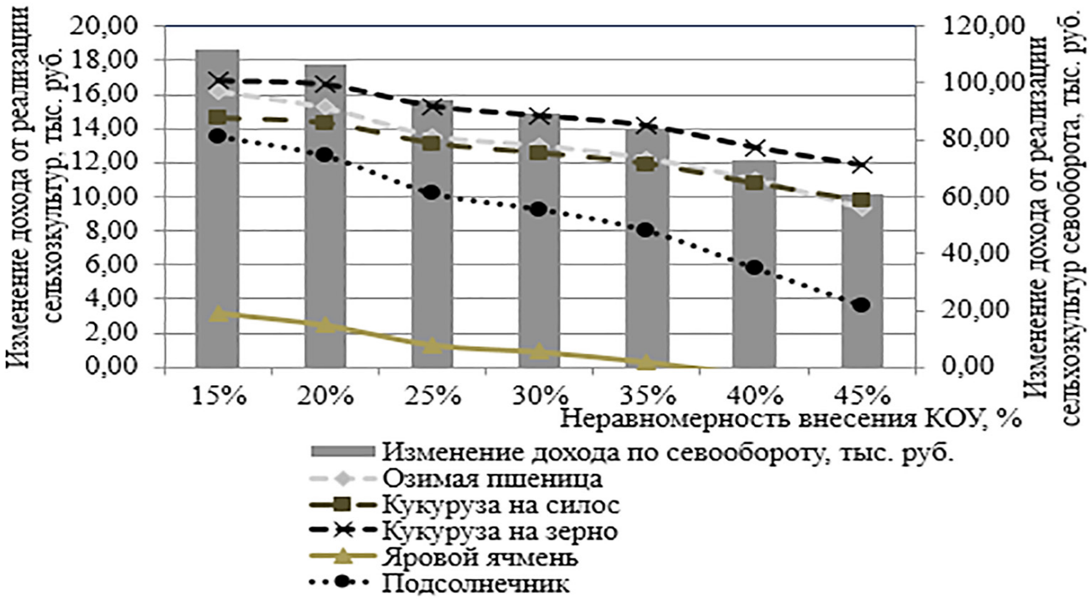


Рисунок 2 – Влияние неравномерности внесения КОУ на величину изменения дохода от реализации культур

Figure 2 – Impact of uneven COF application by amount of change in income from sale of crops

вложений (расчетным путем и графически), а также расчета чистого дисконтированного дохода в принятом временном горизонте семь лет [6–8].

По данным таблицы 2, срок окупаемости увеличивается с ростом неравномерности внесения КОУ с 2,93 года при значении неравномерности равном 15 % до 3,19 года при 45 %. При использовании графического метода нахождения срок окупаемости примерно одинаков и варьирует с 3 до 3,1 года.

Внутренняя норма доходности снижается при расчете с 14,92 % при 15 % неравномерности до 9,20 % при 45 % неравномерности внесения КОУ. Графический метод определения также указывает на ее сокращение в диапазоне от 15,0 до 9,0 %. Чистый дисконтированный доход с горизонтом расчета, составляющим семь лет, уменьшается с 3 059 до 2 627 руб., то есть на 432 тыс. руб. по севообороту.

Результаты исследования и их обсуждение. Расчет показал, что на типичный 10-польный севооборот, принятый в хозяйствах Ростовской области, для внесения и равномерного распределения по поверхности поля органических удобрений достаточно использования одного агрегата (МВУ-8 агрегатируется с тракторами типа МТЗ-82; Т-150К). Капитальные затраты 1 800 тыс. руб. при неравномерности внесения удобрений 15 % окупятся в течение 2,93 года, при этом внутренняя норма доходности проекта будет достигать 14,92 %, чистый дисконтированный доход – 3 059,92 тыс. руб.

По верхней исследуемой границе (при неравномерности распределения КОУ 45 %) – срок окупаемости повысится и составит 3,19 года, внутренняя норма доходности сократится, составив 9,20 %, чистый дисконтированный доход окажется равным 2 627,39 тыс. руб.

Таким образом, при росте неравномерности внесения удобрений на 30 % чистый дисконтированный поток снижается на 432,53 тыс. руб., то есть по семи исследуемым точкам в среднем изменения составляют 61,79 тыс. руб. Варьирование носит характер синусоиды с экстремумами в пиковых значениях. Однако оптимальная величина – участок, наиболее близко расположенный к среднему значению, располагается в интервале от 25 до 30 % неравномерности внесения (рис. 3).

Достижение неравномерности внесения в районе 20 % вызывает резкое увеличение чистого дисконтированного дохода на 100 тыс. руб. Однако дальнейшее

Таблица 2 – Показатели эффективности и окупаемости капитальных затрат
Table 2 – Indicators of efficiency and return on capital costs

Показатели	Изменения показателей при неравномерности внесения КОУ						
Неравномерность внесения КОУ, %	15	20	25	30	35	40	45
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	2,93	2,95	3,01	3,04	3,07	3,13	3,19
Срок окупаемости проекта (графический метод определения), лет	3,00	3,00	3,00	3,10	3,10	3,10	3,10
Внутренняя норма доходности, %	14,92	14,34	13,04	12,45	11,74	10,51	9,20
Внутренняя норма доходности (графический метод определения), %	15,00	14,50	14,00	13,00	11,50	10,50	9,00
Чистый дисконтированный доход, тыс. руб.	3 059,92	3 014,61	2 913,50	2 868,58	2 814,83	2 722,88	2 627,39

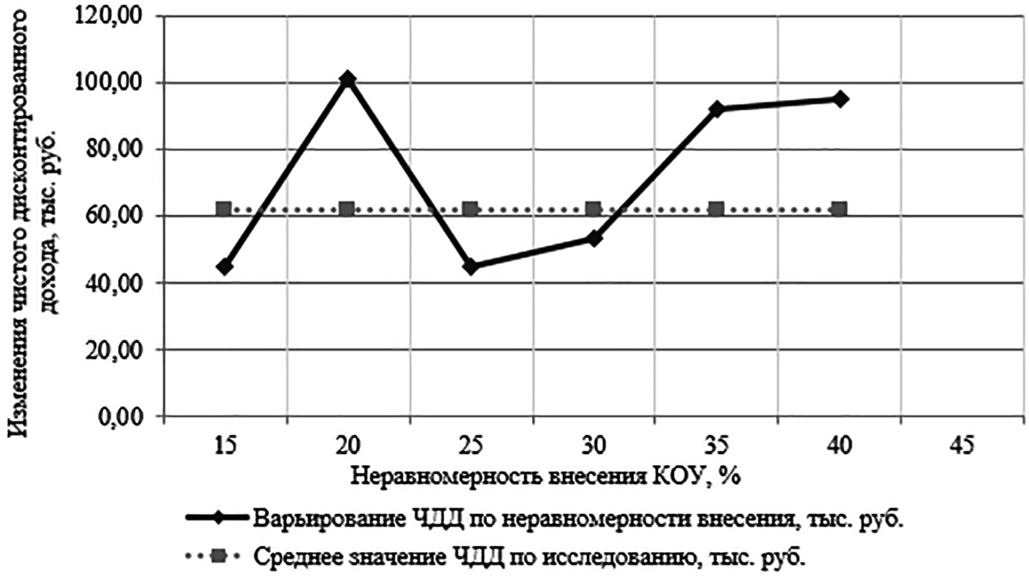


Рисунок 3 – Изменение чистого дисконтированного дохода при варьировании неравномерности внесения КОУ
Figure 3 – Change in NPV when varying the unevenness of COF application

сокращение неравномерности внесения до 15 % отражается снижением чистого дисконтированного дохода более чем в два раза ввиду затратности технологии.

По результатам проведенных исследований выявлен экономически эффективный и рациональный участок неравномерности внесения удобрений, составляющий от 20 до 25 %, позволяющий получить оптимальную величину чистого дисконтированного дохода, затрат на применение технологии внесения и выполнить требования регулирующего данное направление государственного стандарта (ГОСТ 28718–2016 «Техника сельскохозяйственная. Машины для внесения твердых органических удобрений. Методы испытаний»).

Заключение. *Проведенный расчет экономической эффективности указывает не только на необходимость применения концентрированных органических удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур, но применение на научно обоснованном уровне с заданным уровнем неравномерности.*

Это обусловлено тем, что при повышении уровня неравномерности распределения удобрений сокращается экономическая эффективность от применения органических удобрений и затраты, понесенные при этом, не окупятся дополнительной нормой прибыли от использования органических удобрений.

По результатам проведенных исследований, экономически эффективный и рациональный участок неравномерности внесения удобрений составляет от 20 до 25 %, что позволяет получить оптимальную величину чистого дисконтированного дохода, затрат на применение технологии внесения.

Список источников

1. Санду И. С., Рыженкова Н. Е., Харебава А. Р., Гусева А. А. К вопросу о совершенствовании научных подходов по обеспечению технологического суверенитета России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2023. № 2. С. 38–44. DOI: 10.33938/232-38.

2. Научно-технологическое развитие АПК России в новых экономических условиях: механизмы и направления. М. : Научный консультант. 2022. 176 с.

3. Зональные системы земледелия Ростовской области на 2022–2026 годы. Ростов-на-Дону : Альтаир, 2022. 736 с.

4. Бондаренко А. М., Попенко А. Ю., Качанова Л. С., Челбин С. М. Совершенствование технологии внесения концентрированных органических удобрений в условиях засушливого земледелия // Вестник аграрной науки Дона. 2023. Т. 16. № 2 (62). С. 37–45. DOI: 10.55618/20756704_2023_16_2_37-45.

5. Липкович Э. И., Бельтюков Л. П., Бондаренко А. М. Органическая система земледелия // Техника и оборудование для села. 2014. № 8 (206). С. 2–7. EDN: SJWBDV.

6. Лимаренко Н. В. Моделирование технологического процесса утилизации стоков животноводства // Современные проблемы математического моделирования, обработки изображений и параллельных вычислений : материалы междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону : ДГТУ-ПРИНТ, 2017. С. 158–166.

7. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Поликутина Е. С., Кузнецова О. А. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. 148 с.

8. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с.

References

1. Sandu I. S., Ryzhenkova N. E, Harebava A. R., Guseva A. A. On the issue of improving scientific approaches to ensure the technological sovereignty of the Russia. *Ekonomika, trud, upravlenie v sel'skom hozjajstve,* 2023;2:38–44 (in Russ.). DOI: 10.33938/232-38.

2. *Scientific and technological development of the Russian agro-industrial complex in new economic conditions: mechanisms and directions,* Moscow, Nauchnyj konsul'tant, 2022, 176 p. (in Russ.).

3. *Zonal farming systems of the Rostov region for 2022–2026,* Rostov-on-Don, Al'tair, 2022, 736 p. (in Russ.).

4. Bondarenko A. M., Popenko A. Yu., Kachanova L. S., Chelbin S. M. Improvement of the technology of applying concentrated organic fertilizer under the conditions of

dry farming. *Vestnik agrarnoj nauki Dona,* 2023;16;2:(62):37–45 (in Russ.). DOI: 10.55618/20756704_2023_16_2_37-45.

5. Lipkovich E. I., Beltyukov L. P., Bondarenko A. M. Organic farming system. *Tehnika i oborudovanie dlja sela,* 2014;8(206):2–7. (in Russ.). EDN: SJWBDV.

6. Limarenko N. V. Modeling of technological process of recycling livestock waste. Proceedings from Modern problems of mathematical modeling, image processing and parallel computing: *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferenciya. – International Scientific Conference.* (PP. 158–166), Rostov-on-Don, DGTU-PRINT, 2017 (in Russ.).

7. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Polikutina E. S., Kuznetsova O. A. *Increase of longitudinal-transverse stability and reduction of technogenic impact on the soil of wheeled mobile energy vehicles: monograph,* Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, 148 p. (in Russ.).

8. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Increase of the efficiency of using mo bile energy resources in crop cultivation technology: monograph,* Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 30.10.2023; одобрена после рецензирования 28.11.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 30.10.2023; approved after reviewing 28.11.2023; accepted for publication 05.12.2023.

Информация об авторах

Бондаренко Анатолий Михайлович, *доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Землеустройство и кадастры», Азово-Черноморский инженерный институт (филиал Донского государственного аграрного университета), bondanmih@rambler.ru;*

Качанова Людмила Сергеевна, *доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Финансовый менеджмент», Российская таможенная академия, l.kachanova@customs-academy.ru;*

Попенко Александр Юрьевич, *аспирант, Азово-Черноморский инженерный институт (филиал Донского государственного аграрного университета), popenkoalexander@yandex.ru*

Information abour authors

Anatoliy M. Bondarenko, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Land Management and Cadastre", Azov Black Sea Engineering Institute (branch of Don State Agrarian University), bondanmih@rambler.ru;*

Lyudmila S. Kachanova, *Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Financial Management", Russian Customs Academy, l.kachanova@customs-academy.ru;*

Alexander Yu. Popenko, *Postgraduate Student, Azov Black Sea Engineering Institute (branch of Don State Agrarian University), popenkoalexander@yandex.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 631.8:339
EDN HLZZCN

Развитие рынка органической продукции в обеспечении технологического суверенитета РФ

Анатолий Михайлович Бондаренко[1], Людмила Сергеевна Качанова[2], Сергей Михайлович Челбин[3]
[1] Азово-Черноморский инженерный институт (филиал Донского государственного аграрного университета), Ростовская область, Зерноград, Россия
[2] Российская таможенная академия, Московская область, Люберцы, Россия
[3] Россельхозцентр (филиал по Ростовской области)
Ростовская область, Ростов-на-Дону, Россия
[1] bondanmih@rambler.ru, [2] l.kachanova@customs-academy.ru, [3] rsc61lab@yandex.ru

Аннотация. Органическое аграрное производство способствует решению продовольственной проблемы, содействуя обеспечению технологического суверенитета государства. Аграрный сектор на протяжении ряда лет, особенно с 2014 года, является динамично развивающимся комплексом отраслей народного хозяйства. В 2022 году рынок органической продукции составил более 220 млн. евро. По величине земель сельскохозяйственного назначения, пригодных для производства органической продукции, Россия занимает четвертое место в мире; по объемам экспорта органической продукции она находится на двадцать первом месте. Цель исследования заключается в разработке комплекса рекомендаций по повышению эффективности производства и экспорта органической продукции аграрного сектора экономики для обеспечения технологического суверенитета государства. Проект федерального уровня «Экспорт продукции АПК» предусматривает увеличение экспорта органической продукции с высокой добавленной стоимостью. Программа рационального привлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и расширения мелиоративного комплекса на 2022–2031 гг. обосновывает вовлечение в оборот 13,2 млн. га неиспользуемых земель. Наиболее значимой статьей производства и экспорта продукции агропромышленного комплекса являются зерновые культуры. Представлены этапы декларирования и сертификации зерновой продукции, прохождения процедуры органической сертификации, таможенной процедуры экспорта. На основе сценарного подхода долгосрочного планирования подтвержден высокий экспортный потенциал, состоятельность и перспективность органического производства продукции аграрного сектора. В среднем за 10 лет рационального привлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и расширения мелиоративного комплекса России затраты на органическую составляющую составят от 9 млрд. руб. до 11 млрд. руб. в год, годовая выручка от реализации зерновых – 347 млрд. руб, годовой размер прибыли варьируется от 274 млрд. руб. до 276 млрд. руб. Предлагаемые мероприятия по увеличению экспортного потенциала органической продукции РФ способствуют росту общих поступлений в бюджет от экспорта органической продукции на 1,3 %, от ненефтегазовых поступлений – на 4,3 %.

Ключевые слова: финансово-экономическая безопасность, продовольственная безопасность, органическое аграрное производство, экспорт, добавочная стоимость, выручка, прибыль

Для цитирования: Бондаренко А. М., Качанова Л. С., Челбин С. М. Развитие рынка органической продукции в обеспечении технологического суверенитета РФ // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 144–155.

Original article

Development of the organic product market in providing technological sovereignty of the Russian Federation

Anatoliy M. Bondarenko[1], Lyudmila S. Kachanova[2], Sergey M. Chelbin[3]
[1] Azov-Black Sea Engineering Institute (branch of Don State Agrarian University) Rostov region, Zernograd, Russia
[2] Russian Customs Academy, Moscow region, Lyubertsy, Russia
[3] Russian Agricultural Center (Rostov region branch), Rostov Region, Rostov-on-Don, Russia
[1] bondanmih@rambler.ru, [2] l.kachanova@customs-academy.ru, [3] rsc61lab@yandex.ru

Abstract. Organic agricultural production promotes to solving the food problem by contributing to ensuring the technological sovereignty of the state. The agricultural sector has been a dynamically developing complex of sectors of the national economy for a number of years, especially since 2014. In 2022, the organic product market amounted to more than 220 million euros. In terms of the size of agricultural land suitable for the organic product production, Russia ranks fourth in the world, in terms of organic product export, Russia is in the 21st place. The purpose of the study is to develop a set of recommendations to improve the efficiency of production and export of organic products of the agricultural sector of the economy within the framework of ensuring the technological sovereignty of the state. The federal level project "Export of agricultural products" provides for an increase in the export of organic products with high added value. The program of rational attraction of agricultural land into circulation and expansion of the reclamation complex for 2022–2031 justifies the involvement of 13.2 million hectares of unused land into circulation. The most significant item of production and export of agro-industrial complex products are grain crops. The stages of declaring and certifying grain products, passing the organic certification procedure, and the customs export procedure are presented. Based on the scenario approach of long-term planning, the high export potential, viability and prospects of organic production of agricultural sector products have been confirmed. On average, over 10 years of rational attraction of agricultural land into circulation and expansion of the reclamation complex of the Russian Federation, the costs of the organic component will amount to 9 billion rubles in year to 11 billion rubles in year; the annual revenue from the sale of grain is 347 billion rubles, the annual profit varies from 274 billion rubles to 276 billion rubles. The proposed measures to increase the export potential of organic products of the Russian Federation contribute to the growth of total budget revenues from the export of organic products by 1.3%, non-oil and gas revenues – by 4.3%.

Keywords: financial and economic security, food security, organic agricultural production, export, added value, revenue, profit

For citation: Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Chelbin S. M. Development of the organic product market in providing technological sovereignty of the Russian Federation. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:144–155 (in Russ.).

Введение. Стратегия национальной безопасности России основными факторами, определяющими положение и роль страны в мире на долгосрочную перспективу, указывает способность обеспечить технологическое лидерство и перевод экономики на новую технологическую основу. Сокращение экспорта первичных сырьевых ресурсов и продукции аграрного сектора, переориентация на их глубокую переработку, создание новых и развитие действующих высокотехнологических производств способствуют формированию новых рынков. Указанные элементы трансформации обеспечивают структурные изменения в экономике страны, а также формирование новых конкурентных преимуществ.

В настоящее время рынок органической продукции в России формируется из 80 % импортной продукции и только из 20 % продукции отечественного производства. Объем внутреннего потребления органики уже составляет 28 млрд. руб.

При этом в реестре Национального органического союза числится 193 компании, из которых 105 предприятий располагают отечественным сертификатом и отражены в реестре Министерства сельского хозяйства РФ. Остальные имеют иностранные органические сертификаты, по большей части европейской принадлежности.

Одна из поступательно развивающихся отраслей национальной экономики – аграрный сектор. Он демонстрирует увеличение производства основных видов продукции из года в год. По основным видам продукции здесь достигнута полная самообеспеченность и задача импортозамещения в контексте продовольственной безопасности государства выполнена.

Одной из наиболее востребованных в экспортном потенциале является органическая продукция аграрного сектора. Произведенная по принципам биологического (экологического, органического) сельского хозяйства, она представляет продукцию, полученную без использования искусственных (синтетических) удобрений, кормовых добавок, генномодифицированных организмов. Процесс производства основан на применении органических удобрений, борьбы с вредителями и сорными растениями, научно обоснованных севооборотов, минимальной обработки посевных площадей тяжелой техникой, других экологичных приемов [1].

На государственном уровне разработан механизм рационального привлечения в оборот земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения и расширения мелиоративного комплекса в период с 2022 по 2031 год. В государственной программе указана необходимость вернуть в оборот около 13,2 млн. га неиспользуемых земель. На указанных землях в течение 20 лет и более не применяются синтетические химические удобрения. Этот факт позволяет использовать вводимые земли при производстве органической продукции растительного и животного происхождения (паспорт национального проекта (программы) «Международная кооперация и экспорт»).

По данным статистики Еврокомиссии, объем российского экспорта органической продукции в 2021 году составил 1 % от общего объема экспортируемой продукции. По величине земель сельскохозяйственного назначения, пригодных для производства органической продукции, Россия занимает четвертое место в мире; по объемам экспорта органической продукции находится на двадцать первом месте. Таким образом, потенциал производства, внутреннего использования, а также экспорта органической продукции аграрного сектора значительный (FiBL Statistics – European and global organic farming statistics).

Цель исследования *состоит в обосновании совокупности рекомендаций по повышению эффективности производства и реализации органической продукции аграрного сектора экономики в рамках обеспечения технологического суверенитета государства.*

Методика исследований. Методический аппарат исследования базируется на монографическом, статистико-экономическом и абстрактно-логическом методах. Проводилось изучение и обобщение работ ведущих отечественных и зарубежных ученых, посвященных технологическому суверенитету, экономической безопасности, продовольственной безопасности государства, производству органической продукции.

Технологические процессы, технологии и технические средства производства и применения органических удобрений исследованы при использовании системного подхода и расчетно-конструктивного метода. Сценарии прогноза развития производства и динамики объемов экспорта органической продукции разработаны на основе корреляционно-регрессионного анализа, при использовании метода прогнозных сценариев.

Технологии производства органической продукции животноводства основаны на беспривязном содержании, отказе от применения синтетических кормов, пищевых добавок и гормональных препаратов. Органические отходы отрасли животноводства выступают основой замкнутого производственного цикла получения органической продукции.

Результаты исследований. По данным Московского института органического сельского хозяйства, в Российской Федерации насчитывается приблизительно 40 млн. га плодородных земель, на которых в течение долгого времени не использовались удобрения. Указанное количество земель больше, чем используемые площади для возделывания органической продукции во всем мире. Ввод в органическое производство дополнительных плодородных земель позволит, по прогнозам специалистов Института органического сельского хозяйства, к 2025 году России занять в экспортной нише мирового рынка органической продукции до 20 % от объема всей экспортируемой продукции.

Важным на данном этапе является соблюдение принципов и методов производства и реализации органической продукции. Здесь на первое место выходит задача обеспечения сельскохозяйственных угодий органическими удобрениями.

Технологии производства органических удобрений реализуются на основе переработки сырья – органических отходов животноводства. Последние 30 лет развития животноводства ознаменовались сокращением поголовья сельскохозяйственных животных (рис. 1).

Наиболее значительны темпы сокращения численности животных в овцеводстве и козоводстве – 92 %; поголовье лошадей сократилось на 89 %; крупного рогатого скота – на 83 %. Темп сокращения поголовья свиней составил 25 %; птицы – 7 % [2].

При производстве и переработке органических отходов животноводства их делят на группы в зависимости от технологического процесса уборки отходов на объекте животноводства и консистенции (табл. 1).

Данные таблицы свидетельствуют о сокращении производства органических отходов и органических удобрений по всем видам. В качестве примера рассматривается концентрированная форма органических удобрений, позволяющая применять их с дозой 1–4 т/га (против 40–60 т/га при использовании традиционных удобрений). В этой связи обеспеченность органическими удобрениями посевов сельскохозяйственных культур сокращается аналогично снижению поголовья животных и объемам производства органических отходов и удобрений.

Данные фактического уровня обеспечения удобрениями посевных площадей с 2010 года демонстрируют устойчивую динамику роста. В 2010 году органические удобрения внесены на 7,5 %

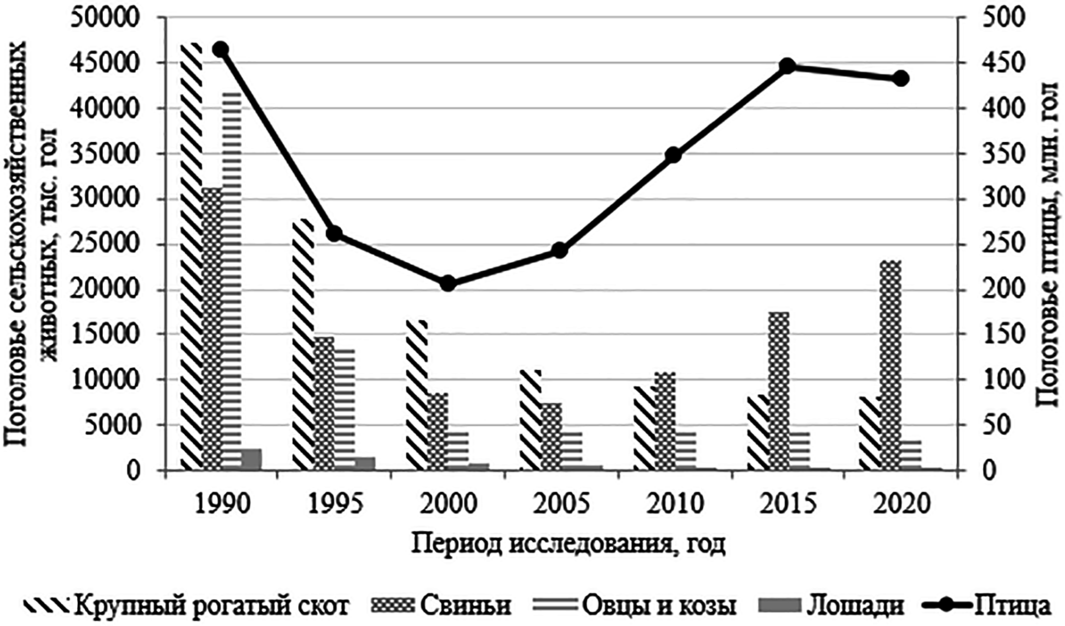


Рисунок 1 – Поголовье сельскохозяйственных животных в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации

Figure 1 – Livestock of farm animals in agricultural organizations of the Russian Federation

Таблица 1 – Производство органических отходов и удобрений в РФ
Table 1 – Production of organic waste and fertilizers in the Russian Federation

Вид органических отходов (удобрений)	Анализируемый период, год							Изменения	
	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	тыс. т	%
Производство органических отходов, тыс. тонн									
Твердые отходы	558 929	308 503	176 778	120 564	102 437	93 863	88 369	–470 560	–84
Полужидкие отходы	503 258	294 887	178 817	126 474	115 144	113 222	109 167	–394 092	–78
Жидкие отходы	114 018	53 705	31 091	26 705	39 479	64 247	85 086	–28 932	–25
Производство органических удобрений, тыс. тонн									
ТКОУ	637 312	362 034	213 357	148 223	130 548	124 251	118 521	–518 791	–81
ЖКОУ	449 376	238 807	137 158	99 043	100 941	120 565	138 108	–311 268	–69
КОК	462 957	261 444	157 431	114 884	115 967	133 102	145 690	–317 268	–69

Примечания: ТКОУ – твердые концентрированные органические удобрения;
ЖКОУ – жидкие концентрированные органические удобрения;
КОК – концентрированный органический компост.

всех посевных площадей; в 2020 году показатель составил 9,4 %.

Также наблюдается увеличение внесения органических удобрений на один гектар посевной площади, составившее с 1,1 т в 2010 году до 1,6 т в 2020 году. Однако значения рассмотренных показателей незначительны для восстановления и повышения плодородия почв сельскохозяйственного назначения, а также для получения высококачественной экологически безопасной продукции, органической продукции аграрного сектора (рис. 2) [2].

В ситуации переработки полного объема получаемых органических отходов в 2020 году уровень органообеспеченности при применении ТКОУ повысился до 37,06 % при полном соответствии доз внесения, то есть при наличии перспективы полного восстановления и повышения плодородия почв. То есть более одной трети сельскохозяйственных земель получили бы органические удобрения соответствующего качества и в полном объеме.

Технологии производства жидких концентрированных органических удобрений с переработкой полного объема органических отходов позволят получить уровень органообеспеченности 43,19 %, технологии производства концентрированного органического компоста – 45,56 %.

Наиболее значимой статьей производства и экспорта продукции агропромышленного комплекса являются зерновые культуры. В 2020 году экспорт сельскохозяйственной продукции составил 22 993,55 млн. долл., из которого экспорт зерна пшеницы – 8 210,30 млн. долл.

Собранное зерно подлежит декларированию. Для зерновых культур (пшеницы, кукурузы, ячменя, овса и др.) необходим обязательный документ – декларация о соответствии зерна техническому регламенту (рис. 3).

В Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» указывается, что формой оценки соответствия зерна выступает государственный контроль за его переработкой, хранением, перевозками, реализацией и утилизацией [3]. В первую очередь, следует убедиться в качестве декларируемого зерна. По органолептическим параметрам зерна (цвет, форма и т. д.), его влажности, наличию различного вида вредных примесей, по наличию показателей зараженности вредителями, грибами, головней и другими объектами, по наличию токсич-

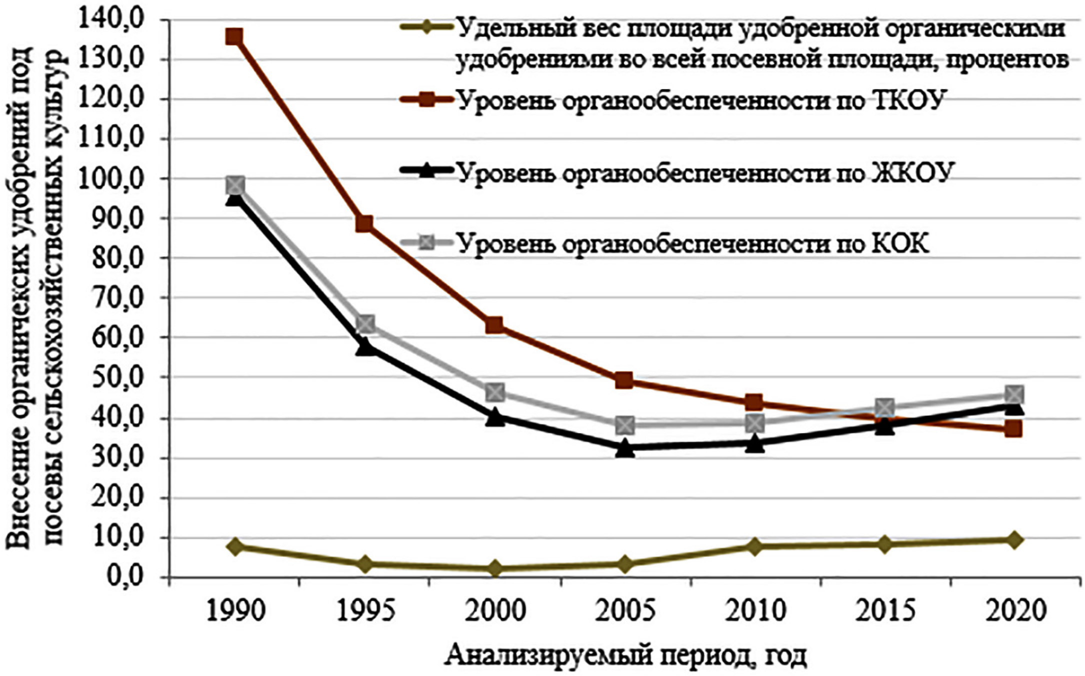


Рисунок 2 – Потенциальная динамика обеспеченности разновидностями органических удобрений посевных площадей

Figure 2 – Potential dynamics of availability of organic fertilizer varieties of sown areas

Рисунок 3 – Укрупненная схема производства и экспорта органической продукции с указанием нормативной базы осуществления процессов

Figure 3 – Enlarged scheme of production and export of organic products indicating the regulatory framework for the implementation of processes

ных элементов, пестицидов, микотоксинов, эксперты проверяют зерно [4].

В Государственном реестре декларации о соответствии зерна подлежат обязательной регистрации. При этом соблюдаются правила маркировки (знак ЕАС наносится на потребительскую упаковку или сопроводительную документацию, если зерно перевозят насыпью). Продолжительность действия декларации соответствует выбранной схеме. К примеру, декларация на зерно, производимое серийно, действует до трех лет.

Следующим этапом в процедуре оформления органической продукции выступает сертификация. Сертификат на зерно оформляется только в дополнение к декларации. Сертификация предусмотрена при экспорте зерновой продукции, участии в тендере, государственном заказе, заключении долгосрочного контракта. Сертификат оформляется по отечественному стандарту или согласно международным требованиям.

В общем виде процедуры декларирования и сертификации аналогичны. Они включают в себя подготовку и анализ техдокументации, проведения испытаний образцов зерна, проверку технологических процессов производства (по определенным схемам), оформление и сдачу декларации по единой форме Таможенного союза, регистрацию декларации, нанесение знака ЕАС.

При декларировании зерновой продукции сельхозтоваропроизводитель имеет право выбрать лабораторию для проведения оценки образцов зерна, несет личностную ответственность за предоставляемый документ. Стоит отметить, что сертификат на зерновые культуры и продукты их переработки формирует доверие к его владельцу, так как ответственность за непосредственно выдачу документа и отмеченное в нем качество продукта частично берет на себя орган сертификации, проводивший испытания [5, 6].

Экспорт зерновой продукции в США, Японию или страны Европейского Союза в категории «органик» возможен только при наличии сертификата, устанавливающего соответствие межгосударственным или национальным стандартам. Например, для экспорта в Америку сертификация проводится через национальную органическую программу США (NOP), в Японию – выполняется посредством национальных органических стандартов Японии (JAS), в страны Европейского Союза – на основании постановления относительно органического производства (постановление Совета Европейского Союза 834/2007) [7–10].

Получение сертификата предусматривает следующие процедуры. Началом является оформление и подача заявки на прохождение органической сертификации. Стоит отметить, что факт подачи заявки не предусматривает финансовых обязательств между заказчиком и органом по сертификации. Производится предварительный анализ заявки, по итогам которого выносится решение о заключении договора на реализацию работ по сертификации органической продукции. Одновременно, по результатам анализа, органом сертификации формируется план проведения инспекции, смета. Документы передаются на рассмотрение заказчику. После урегулирования и согласования всех вопросов и условий проведения сертификации между заказчиком и органом сертификации подписывается договор.

На основании договора органу сертификации предоставляется необходимая документация заявителем. Данный орган формирует экспертную группу из аккредитованных специалистов данной области направленности, которая приступает к проверке производства зерновых культур. Проверке подлежит полный цикл технологических процессов – от закупки семян до уборки культур, а также процессы транспортировки, хранения зерна, первичной переработки при условии ее выполнения.

Результаты проверки оформляются в отчет, который с подтверждающей документацией передается на рассмотрение в центральный офис ICEA (Институт этической и экологической сертификации (Istituto per la Certificazione Etica ed Ambientale) (Италия). В случае положительного решения ICEA, заявитель получает сертификат соответствия согласно предварительно выбранного органического стандарта. Процедура сертификации в ICEA также предусматривает выездную проверку-инспекцию. После выдачи сертификата институт оставляет за собой право на мониторинг и проверки соответствия производства зерновых культур и других технологических процессов стандартам органического производства.

Сертификат соответствия выдается на один год, стоимость сертификационных работ варьируется в зависимости от масштабов производства и категории продукции.

Процедура перемещения через таможенную границу Таможенного союза предусматривает проведение экспортного контроля, под которым понимается совокупность мероприятий, способствующих реализации внешнеэкономической деятельности в отношении товаров, информации, работ, услуг, результатов интеллектуальной деятельности (прав на них), которые могут быть использованы при создании оружия массового поражения, средств его доставки, иных видов вооружения и военной техники либо при подготовке и (или) совершении террористических актов.

Помещение зерна и продуктов его переработки под таможенную процедуру экспорта упреждает не только непосредственное перемещение товара через таможенную границу – экспорт, но и процедуру временного вывоза товаров, переработку вне таможенной территорий РФ. Таможенная процедура экспорта предусматривает размещение товара при условиях:

1) уплачены вывозные таможенные пошлины, если не установлены льготы по уплате данных пошлин;

2) соблюдены существующие запреты и ограничения;

3) представлен сертификат о происхождении товара в отношении товаров, включенных в сводный перечень, формируемый Комиссией Таможенного союза в соответствии с международными договорами государств-членов Таможенного союза, регулирующими вопросы применения вывозных таможенных пошлин в отношении третьих стран.

Таможенный кодекс ЕАЭС в ст. 139 «Содержание и применение таможенной процедуры экспорта» указывает, что товары, помещенные под таможенную процедуру экспорта и фактически вывезенные с таможенной территории Таможенного союза, утрачивают статус товаров Таможенного союза.

Для экспорта органической продукции в режиме таможенной процедуры экспорта следует внести вывозные пошлины; беспрекословно выполнять нормы по запретам и ограничениям; сформировать пакет документов и предоставить их в строго определенные для этого сроки.

Обсуждение результатов исследования. Выводы. По итогам выполнения амбициозной программы с позиции рационального привлечения земельных ресурсов сельскохозяйственного назначения и расширения мелиоративного комплекса Российской Федерации предусматривается ввод 13,2 млн. га земель сельскохозяйственного назначения в период с 2022 года по 2031 год. Используя сценарный подход в рамках долгосрочного планирования, обоснуем эффективность производства и экспорта органических зерновых. Для этого определим затраты и доходную часть от производства и экспорта органической пшеницы на вводимых в оборот посевных площадях (табл. 2).

Поэтапный ввод в оборот сельскохозяйственных земель предусматривает увеличение затрат на применение органических удобрений, обладающих пролонгированным действием, только в части вновь вводимых почв. Валовой выход зерновых рассчитан по средней урожайности культур, составившей в целом по России на уровне 30,3 ц/га. Стоит отметить, выращивание сельскохозяйственных культур в режиме органического производства предусматривает увеличение урожайности в среднем до 50–60 ц/га.

Себестоимость возделывания зерновых по традиционной технологии возделывания принята на уровне от 8 877,2 до 9 478,7 руб./га. Выручка от реализации зерновых рассчитана по 238 долл./т в рамках экспортных цен, сложившихся на период весна – лето 2021 года.

По итогам первого года реализации госпрограммы, при вводе 1,32 млн. га земель сельскохозяйственного назначения, затраты при возделывании зерновых с использованием ТКОУ достигнут уровня 22,25 млрд. руб. В 2031 году (последний год реализации госпрограммы), при вводе 13,2 млн. га земель, совокупные затраты на обработку почвы и возделывание зерновых культур в режиме органического производства составят 134,85 млрд. руб.

Таблица 2 – Производство и экспорт органических зерновых культур и продуктов их переработки

Table 2 – Production and export of organic grain crops and their processed products

Показатель	Период реализации государственной программы, год										Среднее значение
	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
Вводимые в оборот площади, млн. га	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	–
Валовой выход зерновых, млн. т	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	20
Выручка от реализации зерна, млрд. руб.	69	139	208	278	347	416	486	555	625	694	347
Себестоимость зерновых по традиционной технологии, млрд. руб.	13	25	38	50	63	75	88	100	113	125	63
Затраты на органическую составляющую, млрд. руб.											
При применении ТКОУ	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
При применении ЖОУ	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
При применении КОК	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Прибыль от реализации зерновых, млрд. руб.											
Возделывание с ТКОУ	47	104	161	218	275	332	389	445	502	559	275
Возделывание с ЖОУ	48	105	162	219	276	333	389	446	503	560	276
Возделывание с КОК	46	103	160	217	274	331	388	445	501	558	274

При использовании жидких концентрированных удобрений затраты первого года реализации госпрограммы составят 21,34 млрд. руб., затраты последнего года равны 133,93 млрд. руб.; при использовании концентрированных органических компостов затраты на возделывание зерновых в первый год реализации программы составят 23,18 млрд. руб., по итогам последнего года реализации программы затраты равны 135,78 млрд. руб.

Выручка от реализации зерновой органической продукции на экспорт увеличивается – с 69 млрд. руб. в 2022 году до 694 млрд. руб. в 2031 году.

Прибыль от экспорта органической зерновой продукции в 2022 году составит от 46 до 48 млрд. руб. (в зависимости от используемых органических удобрений), в 2031 году прибыль варьирует от 558 до 560 млрд. руб.

В среднем за 10 лет рационального постепенного внедрения мероприятий по привлечению земель сельскохозяйственного назначения и расширения мелиоративного комплекса Российской Федерации годовые затраты на органическую составляющую будут достигать от 9 до 11 млрд. руб., годовая выручка от реализации зерновых – 347 млрд. руб., годовая прибыль – от 274 до 276 млрд. руб.

По данным Минфина РФ, по итогам первого квартала 2021 года доходная часть бюджета РФ от экспорта составила 5,3 трлн. руб., ненефтегазовые поступления – 1,6 трлн. руб. Таким образом, предлагаемые мероприятия увеличат общие поступления в бюджет от экспорта органической продукции на 1,3 %, ненефтегазовые поступления – на 4,3 %.

Проведенное исследование показало высокий экспортный потенциал, состоятельность и перспективность органического производства продукции аграрного сектора. Важность данного направления отмечена введением в силу с 1 января 2020 года закона об органической продукции (федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ). В РФ значительные площади сельскохозяйственных угодий имеют предпосылки к их использованию в органическом производстве. Проблема заключается в правильной организации полного цикла технологических процессов с соблюдением требований стандартов.

В нашем государстве реализуется совокупность мероприятий по формированию и развитию востребованной отрасли экологически безопасных продуктов питания, ориентированных на разработку концепции российского бренда на экологически чистую и безопасную продукцию, в частности, для ее продвижения и большей узнаваемости на внутреннем и внешнем рынках.

Проект «Экспорт продукции АПК» предусматривает меры, нацеленные на упразднение факторов, противодействующих увеличению объема экспорта продукции с низкой добавленной стоимостью. К комплексу предусмотренных мероприятий относятся (паспорт национального проекта (программы) «Международная кооперация и экспорт»):

1) совершенствование инфраструктуры передачи товаров и готовой продукции в части повышения пропускной способности транспортных магистралей, формирование в достаточных объемах подвижного состава каждой разновидности транспорта, формирование оптовых распределительных центров с ориентацией на реализацию экспортных операций;

2) сокращение торговых запретов и ограничений для продвижения отечественной продукции агропромышленного комплекса на перспективные рынки сбыта; в настоящее время указанные запреты и ограничения в большинстве связаны с принятыми в РФ фитосанитарными и ветеринарными требованиями, которые не соответствуют требованиям стран-импортеров; в данной части в свете реализации проекта введены и уже действуют системы прослеживаемости животных и продуктов из них, зерна и продуктов его переработки, ветеринарных препаратов; в планах реализовать системы прослеживаемости продукции рыболовства и аквакультуры.

Заключение. С 2000 года аграрный комплекс страны поступательно развивается, в том числе на основе применения современных технологий и технических средств. С 2014 года, с начала санкционной геополитической блокады РФ на мировом рынке, руководство страны целенаправленно поддерживает отрасли аграрного комплекса в достижении продовольственной независимости и обеспечении технологического суверенитета государства.

В настоящее время сектор органической продукции недостаточно развит. Как на внутреннем, так и на внешних рынках существует возможность для расширения и развития. Самое главное, аграрный сектор государства обладает необходимой ресурсной и сырьевой базой для производства и реализации органической продукции. В части технологий для производства органической продукции следует кропотливо работать и внедрять процедуры импортозамещения повсеместно, на всех стадиях реализации технологических процессов. Экспортировать органическую продукцию следует исключительно в переработанном виде, в качестве готовой продукции с добавочной стоимостью.

На это нацелены аграрии, желающие получать дополнительную норму прибыли, а также руководство регионов, страны, с ориентацией на пополнение бюджета за счет таможенных пошлин, тарифов и экспортной выручки.

Таким образом, отечественные технологии и технические средства выступают тем конкурентным преимуществом, которое способно поднять аграрный сектор на новый уровень развития. Наличие технологического суверенитета, независимость от иностранных технологий являются неотъемлемой частью национальной безопасности государства.

Список источников

1. Савкин В. И. Экспорт сельскохозяйственной продукции – новые возможности для российского агробизнеса // Вестник аграрной науки. 2019. № 4. С. 122–129. DOI: 10.15217/ISSN2587-666X.2019.4.122.

2. Ampatzidis Y., Bellis De L., Luvisi A. iPathology: Robotic applications and management of plants and plant diseases // Sustainability. 2017. Vol. 9. P. 1010– 1023.

3. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020. 148 с.

4. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный универстет, 2017. 272 с.

5. Санду И. С., Полухин А. А., Бурак П. И. Экономические аспекты технико-технологической модернизации сельского хозяйства в условиях интеграции в Евразийский экономический союз // Экономика сельского хозяйства России. 2015. № 7. С. 84–89.

6. Kuznetsov N. I., Ukolova N. V., Monakhov S. V., Shikhanova J. A. Provisions for effective development of regional agricultural systems in Russia's economy // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2017. Vol. 8. No. 2. P. 490–495. DOI: 10.14505//jarle.v8.2(24).19.

7. Sandu I. S., Veselovsky M. Ya., Fedotov A. V., Semenova E. I., Doshchanova A. I. Methodological aspects of social and economic efficiency of the regional activities // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2015. Vol. 6. No. 3. P. 650–659. DOI: 10.14505/jarle.v6.3(13).19.

8. Рукина И. М., Филатов В. В., Женжебир В. Н., Положенцева И. В. Экономическая конвергенция и технологическое предвидение // Микроэкономика. 2018. № 2. С. 112–127.

9. Кузнецов Е. Е., Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Кучер А. В. Повышение эффективности использования мобильных транспортных энергетических средств в условиях низкотемпературной эксплуатации. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. 175 с.

10. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Поликутина Е. С. Повышение продольно-поперечной устойчивости и снижение техногенного воздействия на почву колесных мобильных энергетических средств. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2020.148 с.

References

1. Savkin V. I. Export of agricultural products – new opportunities for Russian agribusiness. *Vestnik agrarnoj nauki,* 2019;4:122–129 (in Russ.) DOI: 10.15217/ISSN2587-666X.2019.4.122.

2. Ampatzidis Y., Bellis De L., Luvisi A. iPathology: Robotic applications and management of plants and plant diseases. Sustainability, 2017;9:1010– 1023.

3. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. *Increasing longitudinal-transverse stability and reducing the technogenic impact of wheeled mobile energy vehicles on the soil,* Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, 148 p. (in Russ.).

4. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. *Increasing the efficiency of using mobile energy resources in the technology of cultivating agricultural crops: monograph,* Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).

5. Sandu I. S., Poluhin A. A., Burak P. I. Economic aspects of technical and technological modernization of agriculture in the condition of integration into the Eurasian Economic Union. *Ekonomika sel'skogoho zyajstva Rossii,* 2015;7:84–89. (in Russ.).

6. Kuznetsov N. I., Ukolova N. V., Monakhov S. V., Shikhanova J. A. Provisions for effective development of regional agricultural systems in Russia's economy. Journal of Advanced Research in Law and Economics, 2017;8;2:490–495. DOI: 10.14505//jarle.v8.2(24).19.

7. Sandu I. S., Veselovsky M. Ya., Fedotov A. V., Semenova E. I., Doshchanova A. I. Methodological aspects of social and economic efficiency of the regional activities. Journal of Advanced Research in Law and Economics, 2015;6;3:650–659. DOI: 10.14505/jarle.v6.3(13).19.

8. Rukina I. M., Filatov V. V., Zhenzhebir V. N., Polozhenceva I. V. Economic convergence and technological foresight. *Mikroekonomika,* 2018;2:112–127 (in Russ.).

9. Kuznetsov E. E., Shchitov S. V., Krivutsa Z. F., Kucher A. V. I*ncreasing the efficiency of using mobile energy transport vehicles in low-temperature operation conditions: monograph,* Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022, 175 p. (in Russ.).

10. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Polikutina E. S. *Improvement of longitudinal-transverse stability and reduction of anthropogenic impact on soil of wheeled mobile energy vehicles,* Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2020, 148 p. (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 11.09.2023; одобрена после рецензирования 18.10.2023; принята к публикации 20.11.2023.

The article was submitted 11.09.2023; approved after reviewing 18.10.2023; accepted for publication 20.11.2023.

Информация об авторах

Бондаренко Анатолий Михайлович, *доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Землеустройство и кадастры», Азово-Черноморский инженерный институт (филиал Донского государственного аграрного университета), bondanmih@rambler.ru;*

Качанова Людмила Сергеевна, *доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Финансовый менеджмент», Российская таможенная академия, l.kachanova@customs-academy.ru;*

Челбин Сергей Михайлович, *кандидат экономических наук, заместитель руководителя филиала «Россельхозцентр» по Ростовской области, rsc61lab@yandex.ru*

Information abour authors

Anatoliy M. Bondarenko, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Land Management and Cadastre", Azov Black Sea Engineering Institute (branch of Don State Agrarian University), bondanmih@rambler.ru;*

Lyudmila S. Kachanova, *Doctor of Economic Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Financial Management", Russian Customs Academy, l.kachanova@customs-academy.ru;*

Sergey M. Chelbin, *Candidate of Economic Sciences, Deputy Head of Branch of the Russian Agricultural Center in the Rostov region, rsc61lab@yandex.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 631.35(571.61)
EDN BHCEQZ

Анализ удельных показателей зерноуборочных комбайнов Ростсельмаш, используемых в АПК Амурской области

Иван Васильевич Бумбар[1], Алексей Алексеевич Кувшинов[2]
[1] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[2] Всероссийский научно-исследовательский институт сои
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] bumbariv@outlook.com, [2] kyaa@vniisoi.ru

Аннотация. Уборка является заключительным этапом возделывания сельскохозяйственных культур. От состояния парка уборочных машин зависит качество убранного зернового материала и сроки уборки, которые не должны превышать 10–12 дней. Однако в условиях Амурской области уборка сои продолжается более 40 дней, что приводит к потере урожайности из-за перестоя растений сои на корню и их низкой влажности (11–13 %). Решением данной проблемы может являться совершенствование структуры парка зерноуборочных комбайнов за счет покупки новых агрегатов с высокой производительностью и шириной захвата жатки не менее 9 м, а также выбор научно обоснованных режимов настройки в работе уборочных машин в условиях уборки сои. Исходя из наличия разных моделей комбайнов завода Ростсельмаш, применяемых в АПК Амурской области, нами проведен расчет удельных показателей отношения мощности двигателя комбайна к емкости бункера и к ширине захвата жаток от минимального значения (4,1 м) до максимального (9,0 м).

Ключевые слова: уборка сои, зерноуборочный комбайн, жатка, бункер, выгрузной шнек

Для цитирования: Бумбар И. В., Кувшинов А. А. Анализ удельных показателей зерноуборочных комбайнов Ростсельмаш, используемых в АПК Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 156–166.

Original article

Analysis of specific indicators of Rostselmash combine harvesters used in the agro-industrial complex of Amur region

Ivan V. Bumbar[1], Alexey A. Kuvshinov[2]
[1] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[2] All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] bumbariv@outlook.com, [2] kyaa@vniisoi.ru

Abstract. Harvesting is the final stage of cultivation of agricultural crops. The quality of the harvested grain material and the terms of harvesting, which should be a maximum of 10–12 days, depend on the condition of the fleet of harvesting machines. However, in the conditions of the Amur region, soybean harvesting lasts for more than 40 days, which leads to a loss of yield due to the stagnation of soybean plants on the root and its low humidity (11–13%). The solution to this problem may be to improve the structure of the combine harvester fleet by purchasing new units with high productivity and a reaper width of at least 9 m, as well as the choice of scientifically sound modes of adjustment to the operation of harvesting machines in soybean harvesting conditions. Based on the variety of combines of Rostselmash used in the agro-industrial complex of the Amur region, the calculation of specific indicators of the ratio of the engine power of the combine to the hopper capacity and to the width of the reapers from the minimum value (4.1 m) to the maximum (9.0 m)

was carried out.

Keywords: soybean harvesting, combine harvester, harvester, hopper, unloading auger

For citation: Bumbar I. V., Kuvshinov A. A. Analysis of specific indicators of Rostselmash combine harvesters used in the agro-industrial complex of Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:156–166 (in Russ.).

Введение. Основной и экономически эффективной культурой, возделываемой в Амурской области, является соя. Она используется во многих отраслях, особенно в пищевой, что обусловлено содержанием в ней большого количества белка (40–43 %), масла (20–21 %) и других полезных элементов.

Основными проблемами при возделывании данной культуры являются длительные сроки уборки, которые в некоторых районах области доходят до 40 и более дней; а также дробление семян сои рабочими органами комбайнов, в частности выгрузным шнеком. Это связано с такими факторами, как особенность легкой обмолачиваемости сои, несовершенный парк зерноуборочных комбайнов, недостаточно обоснованные режимы работы комбайнов, исходя из потребностей хозяйств с различной структурой посевных площадей (зерновые, соя, кукуруза).

С целью точного и надежного определения производительности зерноуборочного комбайна в режиме реального времени предлагается метод мониторинга производительности, основанный на объединении уровней принятия решений с несколькими датчиками, а также система мониторинга производительности зерноуборочного комбайна (TMS). При использовании данной системы достигается точное определение производительности уборочной машины [1].

Для определения рационального состава уборочного агрегата из списка рассматриваемых моделей расчетно-графическим методом определены модели комбайнов, загрузка которых может быть обеспечена в Сибирском регионе на уровне, близком или равном максимальной производительности. Установлено, что при условии использования жаток шириной захвата 9,0 м с российскими моделями комбайнов и 9,2 м – с белорусскими, для проведения уборочных работ рационально использовать комбайн Vector 410 при урожайности, составляющей от 1,8 до 2,4 т/га и GS 10 PRO – 2,45–3,0 т/га. На основе проведенных исследований получены диаграммы, с помощью которых можно провести подбор уборочного агрегата «комбайн + жатка», с учетом уровня урожайности и контура полей в конкретном хозяйстве, варьируя шириной захвата жатки [2].

Предлагаемая авторами работы [3] система оценки эффективности работы зерноуборочного комбайна в полевых условиях позволяет получать информацию о параметрах работы зерноуборочного комбайна в режиме реального времени. Система использует уровни индекса оценки зерноуборочного комбайна, весовой коэффициент индекса и матрицы вероятностных переходов для оценки эффективности работы агрегата в полевых условиях. Система представляет собой оценку производительности зерноуборочного комбайна, которая обеспечивает техническую поддержку процесса уборки урожая зерноуборочной машиной.

В Китае учеными изучается закон динамического управления корреляцией между параметрами риса и пшеницы, параметрами операции очистки зерноуборочных комбайнов, коэффициентом потерь при очистке и количеством примесей. Модель интеллектуального управления уборочной машиной для риса и пшеницы создается на основе обоснования конкретных ситуаций (CBR – Case-based reasoning.). Благодаря разработке экспертной системы интеллектуального управления очисткой проверяется осуществимость и эффективность данного метода в системе интеллектуального управления соответствующими комбайнами [4].

Основными факторами, снижающими производительность, являются агрономические, погодные, эксплуатационные. В результате исследований установлено, что оптимальные настройки и регулировки зерноуборочных комбайнов экономят до 10 % топлива, а использование барабана-ускорителя в классической конструкции молотильно-сепарирующего устройства повышает качество зерна в бункере [5].

В условиях Тамбовской области исследователями был проведен анализ производительности уборочной техники (РСМ 161 и Acros 595 Plus с жатками Float Stream с шириной захвата 7 и 9 м) на уборке сои. Намолот по времени использования РСМ 161 на сорте Аляска составил 5,44 т/ч, а на сорте Пруденс 8,0 т/ч; для Acros 595 Plus показатель намолота составил 4,31 т/ч и 6,94 т/ч соответственно [6].

КЗС-1218А-1 с обычной жаткой произвел намолот на сорте Лиссабон на уровне 10,24 т/ч, но при этом наблюдались потери сои несрезанными бобами, а комбайн, оборудованный жаткой низкого среза, показал уровень производительности в интервале от 6,79 до 7,07 т/ч из-за низкой скорости, составившей 4–6 км/ч, нужной для эффективной эксплуатации жаток низкого среза. Показатель потерь сои за КЗС-1218А-1 составлял до 14 % и оказался соответственно в три раза выше показателя потерь КЗС-1218-29. Определено, что при уборке сои с урожайностью до 30 ц/га необходимости эксплуатации высокопроизводительных уборочных машин с подачей растительной массы более 8 кг/с нет [6].

В условиях увеличения производства сои основное значение имеет возможность снижения побочных потерь в виде дробленого зерна при уборке урожая. Модернизированный образец уборочной машины способен собрать в отдельной секции бункера до 60 % качественной семенной фракции с низким содержанием сорных примесей. Обмолот соевых бобов происходит при щадящем режиме работы первого молотильного барабана. Повреждения семян первой фракции составляют 4,2 % и не превышают установленных норм на уборочные машины по дроблению и микроповреждениям (5 %). В дальнейшем использование полученных семян первой фракции при посеве приводит к уменьшению затрат на производство семенного материала [7].

С целью выявления более щадящего вида и режима работы молотильного аппарата комбайнов, используемых на уборке сои на семенные, товарные и кормовые цели, исследованы показатели качества их работы в условиях Воронежской и Липецкой областей [8]. При работе барабанных молотильно-сепарирующих систем (МСС), которые отличаются ударным воздействием на поступающую растительную массу, наблюдается значительное (8–10 %) дробление обмолоченного зерна. Однобарабанные МСС, исходя из состояния стеблестоя и технологических регулировок, могут механически повреждать до 20–30 % семян.

Установка роторных соломотрясов, внедрение механизма предварительного обмолота APS с дополнением в виде барабана-ускорителя, в совокупности с комплексом автоматического выбора и изменения режимов работы МСС приводят к уменьшению повреждений соевых семян до 5 %. Положительные показатели установлены при обмолоте сои комбайном John Deere S660 с роторной МСС при частоте вращения ротора 350 мин$^{-1}$ и молотильном зазоре – 20–22 мм. Для уборки сои на семенные цели рекомендуются уборочные машины с комбинированной МСС фирмы Claas серий Lexion и Tucano с частотой вращения основного молотильного барабана не более 350 мин$^{-1}$ и молотильным зазором на выходе 22 мм. Уборочные машины с барабанной МСС с одним молотильным барабаном (Acros 585 Plus при частоте вращения молотильного барабана 350 мин$^{-1}$ и молотильном зазоре на выходе 20 мм) предлагается использовать для уборки сои на товарные и кормовые цели.

В условиях переувлажненных почв уборку сои рекомендуется выполнять гусеничными зерноуборочными комбайнами типа Vector 450 Track, оборудованными соевыми жатками. В статье предложена модель для определения потерь за жаткой, а также метод решения с использованием набора независимых безразмерных групп. Ее анализ показывает, что общее количество потерь зерна во время уборки с использованием соевой жатки, установленной на гусеничном зерноуборочном комбайне, равно 5,46 %. Такое количество потерь будет в том случае, если скорость уборки не превысит 7 км/ч, а средняя высота среза растений составит 5–7 см [9].

В работе [10] представлен анализ потенциальной величины площади уборки сои и ее намолота в зависимости от ширины захвата жатки и других параметров, а также получены результаты по показателям уборки сои различными комбайнами с шириной захвата жаток 7,5; 9,0 и 9,3 м.

Используемые сельхозтоваропроизводителями и представленные к продаже уборочные машины отечественного и зарубежного производства в большей мере не отвечают условиям уборки в регионах, которые связаны, в первую очередь, с особенностями технологических свойств убираемых сельскохозяйственных культур. Имеющийся алгоритм закупок уборочных машин не способствует созданию в условиях Амурской области рационального парка, который будет способствовать своевременной, с точки зрения соблюдения агротехнических норм, уборке урожая.

Несмотря на проводимые исследования по оптимизации уборки зерновых (в частности сои) зерноуборочными комбайнами, вопросы сокращения сроков уборки и обеспечения выполнения агротехнических норм по качеству уборочного процесса остаются до конца нерешенными.

Цель исследования – *провести анализ удельных показателей отношения мощности двигателя к ширине захвата жаток и к емкости бункера на примере зерноуборочных комбайнов завода Ростсельмаш.*

По данным регионального министерства сельского хозяйства, в уборке основной культуры сои в Амурской области на площади 859 555 га в 2022 году участвовало около 2 300 уборочных машин; при этом показатель теоретической нагрузки на один комбайн составил 374 га, что увеличивает продолжительность уборки (более 40 дней).

В таблице 1 представлена величина показателей уборки сои в период 2018–2022 годы.

На рисунках 1–3 представлена динамика хода уборки сои по величине убранной площади, намолоту и изменению урожайности в 2022 году.

Таким образом, увеличение длительности уборки сои приводит к снижению ее урожайности с 21,6 ц/га до 18,4 ц/га, а, следовательно, к значительным финансовым потерям для АПК Амурской области.

Материалы и методы исследований. Зерноуборочные комбайны со сроком полезного использования (на основании нормативных актов) свыше 7 лет до 10 лет включительно относятся к пятой амортизационной группе.

В таблице 2 представлены показатели состояния комбайнового парка, эксплуатируемого в Амурской области, по данным министерства сельского хозяйства.

Несмотря на обновление машинно-тракторного парка с превышением сроков амортизации (более 10 лет) работает 42,4 % зерноуборочных комбайнов, которые требуют ежегодного ремонта. Из данного количества 14,6 % составляют технически устаревшие комбайны семейства Енисей.

В 2015–2020 годы заметна тенденция уменьшения количества уборочных машин на гусеничном ходу (табл. 3). В данное время их величина не превышает 28 %, причем около 50 % этого количества составляют комбайны семейства Енисей. Тенденция снижения гусеничных комбайнов существенно влияет на увеличение продолжительности уборочного периода, особенно на уборке зерновых, где наблюдается переувлажнение почвы.

Результаты исследований и их обсуждение. Исходя из тенденции увеличения парка зерноуборочных комбайнов

Таблица 1 – Показатели уборки сои в АПК Амурской области в период 2018–2022 гг.
Table 1 – Indicators of soybean harvesting in the agro-industrial complex of the Amur region in the period 2018–2022

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	Среднее значение
Площадь уборки, га	988 774	869 979	844 538	882 323	859 555	889 033
Намолот, т	1 055 300	863 200	978 600	1 150 000	1 618 325	1 133 058
Урожайность, т/га	1,07	0,99	1,16	1,3	1,9	1,3

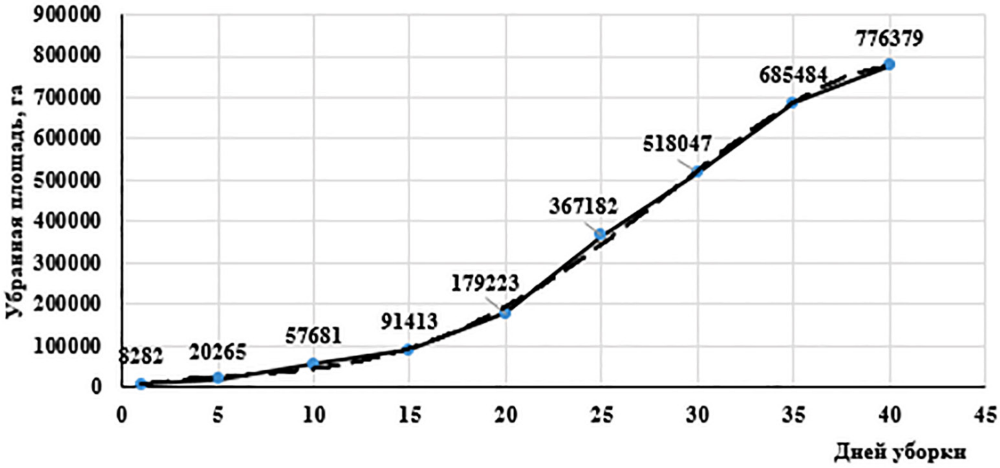


Рисунок 1 – Величина убранной площади сои (га) по периоду дней уборки
Figure 1 – The value of the harvested area of soybean (ha) according to the harvesting period of days

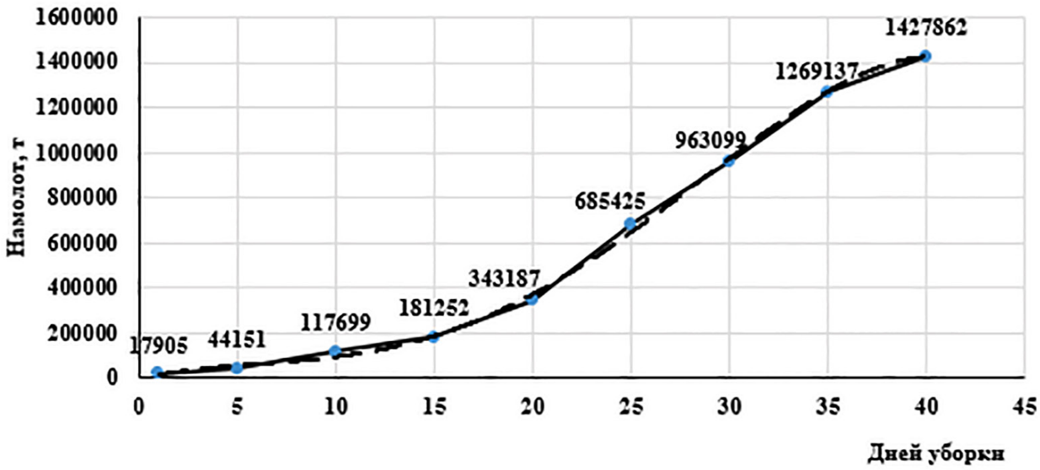


Рисунок 2 – Намолот сои (т) по периоду дней уборки
Figure 2 – Soybean threshing (t) according to the harvesting period of days

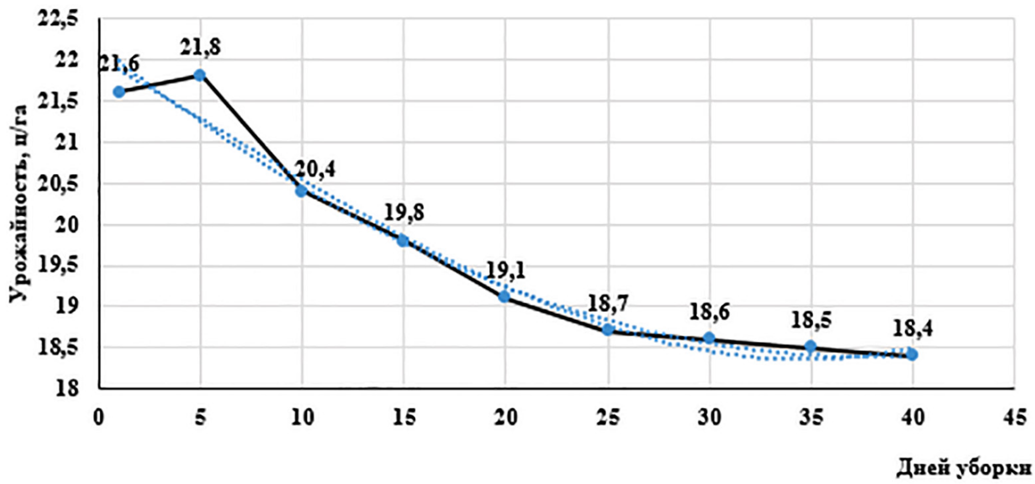


Рисунок 3 – Изменение урожайности сои (ц/га) по периоду дней уборки
Figure 3 – Change in soybean yield (c/ha) according to the harvesting period of days

Таблица 2 – Комбайновый парк Амурской области на 01.01.2022 г.
Table 2 – Combine harvester fleet of Amur region on 01.01.2022

Наименование техники	Всего		Срок службы					
			до 3 лет		3–10 лет		более 10 лет	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
Зерноуборочные комбайны, всего	2 340	100	334	14,3	1 013	43,3	993	42,4
типа Дон, Acros	119	5,1	34	1,5	85	3,6	–	–
типа Niva, Vector	650	27,7	145	6,2	359	15,3	146	6,2
типа Полесье	737	31,5	101	4,3	335	14,3	301	12,9
Енисей	341	14,6	–	–	–	–	341	14,6
импортные John Deere, Claas	493	21,1	54	2,3	234	10,0	205	8,8

Таблица 3 – Структура гусеничных комбайнов в районах Амурской области (на 01.07.2020 г.)
Table 3 – The structure of tracked combines in Amur region (on 01.07.2020)

Район	Всего комбайнов	Парк гусеничных комбайнов			
		Енисей-1200Р	Vector-450 Track	КЗС-812 С	всего в процентах
Архаринский	117	24	1	3	24
Белогорский	232	56	3	8	29
Бурейский	72	25	3	2	42
Ивановский	241	23	20	2	19
Константиновский	206	10	31	17	28
Октябрьский	119	2	5	7	12
Ромненский	162	46	14	2	38
Тамбовский	284	0	4	78	29
Мазановский	133	64	1	6	53
Благовещенский	123	7	2	1	8
Завитинский	54	17	0	5	41
Зейский	11	1	0	0	9
Свободненский	81	4	6	2	15
Серышевский	285	52	20	27	35
Шимановский	20	0	0	0	0
Михайловский	298	48	17	9	25
Итого	**2 438**	**379**	**127**	**169**	**28**

завода Ростсельмаш с шириной захвата жатки 9 м и емкостью бункера до 12 м^3, нами проведен анализ удельных показателей отношения мощности двигателя к ширине захвата жаток и к емкости бункера.

Были проведены соответствующие расчеты, представленные в таблице 4. При этом удельные показатели обозначены коэффициентами k_1, k_2 и k_3:

k_1 и k_2 – отношение мощности двигателя комбайна к соответствующей одному метру минимальной и максимальной ширине захвата жатки, кВт/м.

k_3 – отношение мощности двигателя к одному кубическому метру емкости бункера, кВт/м^3.

Значения соответствующих коэффициентов представлены в таблице 4.

Из таблицы видно, что с увеличением минимальной ширины захвата жатки с 4,1 до 6 м, удельный показатель мощности двигателя, приходящейся на один метр ширины ее захвата, имеет минимальное значение k_1 у комбайна Niva. У комбайнов Vector, Acros и Torum происходит снижение коэффициента k_2.

У комбайна Vector указанный показатель равен 17,1 кВт/м, что может характеризовать его предельную возможность применения на уборке зерновых и сои в условиях их урожайности до 30 ц/га. При этом объем растительной массы, поступающей в комбайн, для сои до 40 ц/га, что соответствует небольшой ее подаче (около 7 кг/с) при ее расчете методом произведения ширины захвата жатки на скорость комбайна и на урожайность растительной массы (деленное на 360):

$$9 \text{ м} \times 7 \text{ км/ч} \times 40 \text{ ц/га} / 360 = 7 \text{ кг/с}$$

Для определенных нами условий уборки вполне могут соответствовать комбайны Acros и Torum.

По величине коэффициента k_3 наибольший показатель затрат мощности на один кубический метр бункера имеет комбайн Niva, где величина коэффициента в 1,55 раза больше, чем у комбайна Torum. Отсюда предположим большую эффективность по затратам мощности двигателя на наполнение и транспортировку зерна в бункере у комбайнов Acros и Torum, имеющих более мощный двигатель.

В сводной таблице 5 представлены показатели по качеству зерна из бункера зерноуборочных комбайнов и после выгрузки в кузов транспортного средства. Повторность взятия проб зерна – трехкратная. Разбор проб производили по стандартной методике в соответствии с ГОСТ 28301–2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний».

Представлены результаты проб по дроблению зерна сои сортов Рось, Дебют в бункере комбайна Vector 410 (без использования дополнительной опции – понижающего редуктора) в период с 11 по 18 октября 2022 г., а также из кузова транспортных средств марки КамАЗ.

Сравнение этих показателей связано с необходимостью оценить влияние работы выгрузного шнека на величину дробления семян сои. Установлено, что дробление зерна сои, взятого из бункера комбайна Vector, находилось в пределах от 3,14 до 7,94 %, а после выгрузки в кузове автомобиля дробление составило от

Таблица 4 – Расчет удельных показателей зерноуборочных комбайнов
Table 4 – Calculation of specific indicators of combine harvesters

Модель комбайна	Мощность двигателя, кВт	Ширина захвата жатки, м		Емкость бункера, м^3	Расчетные значения коэффициентов		
		min	max		k_1, кВт/м	k_2, кВт/м	k_3, кВт/м^3
Niva	114	4,1	5,0	3,0	27,8	22,8	38,0
Vector	154	5,0	9,0	6,0	30,8	17,1	25,7
Acros	188	5,0	9,0	9,0	37,6	20,9	20,9
Torum	294	6,0	9,0	12,0	49,0	32,7	24,5

Таблица 5 – Сводная таблица средних показателей зернового материала, взятого из бункеров зерноуборочных комбайнов и кузовов грузовых автомобилей

Table 5 – Summary table of average indicators of grain material taken from bunkers of combine harvesters and truck containers

Навеска пробы, грамм	Целое зерно		Дробленое зерно		Поврежденное плодожоркой		Мертвый сор		Влажность семян, процент
	грамм	процент	грамм	процент	грамм	процент	грамм	процент	
Зерно сои сорта Рось из бункера комбайна Vector 410 (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 11.10.2022 г.)									
185,84	171,49	92,29	10,53	5,66	2,76	1,48	0,78	0,63	8,5
Зерно сои сорта Рось, взятое из транспортного средства (КамАЗ) (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 11.10.2022 г.)									
245,26	221,78	90,45	19,88	8,11	2,48	1,01	1,11	0,42	8,5
Зерно сои сорта Рось из бункера комбайна Vector 410 (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 12.10.2022 г.)									
308,10	281,41	91,12	24,45	7,94	1,94	0,62	0,30	0,11	10,1
Зерно сои сорта Рось, взятое из транспортного средства (КамАЗ) (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 12.10.2022 г.)									
309,36	280,23	90,38	26,61	8,56	1,94	0,62	0,66	0,19	10,1
Зерно сои сорта Рось из бункера комбайна Vector 410 (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 14.10.2022 г.)									
205,25	194,25	94,65	7,80	3,78	2,52	1,22	0,68	0,34	10,6
Зерно сои сорта Рось, взятое из транспортного средства (КамАЗ) (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 14.10.2022 г.)									
187,52	171,66	91,48	12	6,44	3,08	1,62	0,77	0,44	10,6
Зерно сои сорта Рось из бункера комбайна Vector 410 (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 18.10.2022 г.)									
309,29	296,44	95,84	9,74	3,14	2,64	0,85	0,55	0,17	8,5
Зерно сои сорта Рось, взятое из транспортного средства (КамАЗ) (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 18.10.2022 г.)									
307,23	285,26	92,84	18	5,85	2,94	0,95	1,02	0,35	8,5
Зерно сои сорта Дебют из бункера комбайна Vector 410 2020 г. выпуска (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 18.10.2022 г.)									
378,70	357,11	94,34	15,69	4,14	5,53	1,41	0,37	0,08	9,5
Зерно сои сорта Дебют, взятое из транспортного средства (КамАЗ) (отдел семеноводства Дальневосточного ГАУ, 18.10.2022 г.)									
392,05	355,73	90,73	30,53	7,78	5,04	1,28	0,74	0,20	9,5

5,85 до 8,56 %, то есть увеличилось соответственно на 4,8 и 2,71 %. Чистота зерна в бункере отвечает агротехническим требованиям (96 %).

В результате проведенной оценки величины дробления сои в бункере зерноуборочного комбайна и величины дробления сои из кузова транспортного средства определили величину различия этого показателя. Исследования проводилось на режимах работы, установленных заводом-изготовителем, то есть при частоте вращения выгрузного шнека, составляющего 105 об./мин.

Из-за больших оборотов выгрузного шнека было принято решение снизить его частоту вращения до 50–60 об./мин., за счет снижения оборотов двигателя до 1 200–1 300 об./мин., что способствовало снижению дробления семян сои от 1,5 до 1,8 раза. Однако следует отметить, что снижение оборотов выгрузного шнека привело к увеличению на 2–3 минуты времени выгрузки зерна из бункера емкостью 6 м^3 (комбайн Vector 410).

Для снижения дробления обязательным условиям является установка дополнительной опции в виде понижающего редуктора, который позволяет уменьшать обороты молотильного барабана в условиях уборки сои до 300 об./мин.

Альтернативой может являться приобретение и использование на уборке сои с целью снижения дробления зерна зерноуборочных комбайнов с роторным молотильно-сепарирующим устройством, например, Torum 740.

Заключение. *Установлено, что в существующих условиях наличия комбайнового парка, уборка сои в АПК Амурской области составляет в среднем не менее 40 дней, что является одной из причин потерь сои до 1,5–2,0 ц/га, созревшей к первому октября, то есть к началу уборки. Работа выгрузного шнека в режимах, установленных заводом-изготовителем для комбайна Vector, приводит к увеличению на 2–3 % дробления сои при влажности семян 8–10 % независимо от настройки МСУ.*

Для снижения дробления зерна при обмолоте обязательно должен устанавливаться понижающий редуктор, который позволяет уменьшать обороты молотильного барабана до 300 об./мин.

У завода Ростсельмаш имеется возможность поставлять в наш регион комбайны с роторной системой обмолота и жатки с шириной захвата 9 м, что будет способствовать уменьшению длительности уборки сои, снижению дробления зерна и сокращению потерь урожая.

Список литературы

1. Yawei Zh., Yanxin Y., Zhijun M., Du Ch., Wuchang Q., Qian W. [et al.]. Development and testing of a grain combine harvester throughput monitoring system // Computers and Electronics in Agriculture. 2022. Vol. 200 (2). P. 107253. DOI:10.1016/j.compag.2022.107253.

2. Михальцов Е. М., Чекусов М. С., Кем А. А., Шмидт А. Н., Даманский Р. В. О рациональном выборе зерноуборочного комбайна и жатки для уборки зерновых в условиях Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 6. С. 74–82. DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-9.

3. Man Ch., Chengqian J., Youliang N., Tengxiang Ya., Guangyue Zh. Online field performance evaluation system of a grain combine harvester // Computers and Electronics in Agriculture. 2022. Vol. 198 (z1). P. 107047. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107047.

4. Bo L., Yanli L., Heng Zh., Qing J. A knowledge-based system for intelligent control model of rice and wheat combine harvester // International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence. 2023. Vol. 36 (03). DOI: 10.1142/S021800142259008X.

5. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. Ussuriysk : Springer, 2022. P. 415–423. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_47.

6. Ерохин Г. Н., Коновский В. В., Першин И. А. Производительность зерноуборочных комбайнов на уборке сои // Наука в Центральной России. 2022. № 1 (55). С. 33–41. DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-33-41.

7. Присяжная И. М., Присяжная С. П., Липкань А. В. Разработка адаптирующих устройств комбайна для получения качественных семян при уборке сои // Вестник

российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 2. С. 84–88. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/2/84-88.

8. Гиевский А. М., Оробинский В. И., Чернышов А. В., Баскаков И. В., Дружинин Р. А. Обоснование выбора типа комбайна для уборки посевов сои на кормовые и семенные цели // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2022. Т. 15. № 1 (72). С. 12–22. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_12.

9. Лонцева И. А., Соболева Н. В. Модель для прогнозирования потерь сои за жаткой // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 93–98. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-93-98.

10. Popov A., Bumbar I. V. Ways to increase the efficiency of grain and soybean harvesting in the Amur region // INTERAGROMASH 2022 : XV International Scientific Conference. Rostov-on-Don : Springer, 2023. P. 189–199. EDN IWVNEU.

References

1. Yawei Zh., Yanxin Y., Zhijun M., Du Ch., Wuchang Q., Qian W. [et al.]. Development and testing of a grain combine harvester throughput monitoring system. Computers and Electronics in Agriculture, 2022;200(2):107253. DOI:10.1016/j.compag.2022.107253.

2. Mikhaltsov E. M., Chekusov M. S., Kem A. A., Shmidt A. N., Damanskii R. V. On the rational choice of a combine harvester and a reaper for grain harvesting in conditions of Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skohozyaistvennoi nauki,* 2023;53(6):74–82 (in Russ.). DOI: 10.26898/0370-8799-2023-6-9.

3. Man Ch., Chengqian J., Youliang N., Tengxiang Ya., Guangyue Zh. Online field performance evaluation system of a grain combine harvester. Computers and Electronics in Agriculture, 2022;198(z1):107047. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107047.

4. Bo L., Yanli L., Heng Zh., Qing J. A knowledge-based system for intelligent control model of rice and wheat combine harvester. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2023;36(03). DOI: 10.1142/S021800142259008X.

5. Lontseva I., Sennikov V. Improving the efficiency of combine harvesters, Proceedings from Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems. (PP. 415–423), Ussuriysk, Springer, 2022. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_47.

6. Erohin G. N., Konovskiy V. V., Perchin I. A. Productivity of combine harvesters for harvesting soybeans. *Nauka v Tsentral'noi Rossii = Science in the Central Russia,* 2022;1(55):33–41 (in Russ.) DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-33-41.

7. Prisyazhnaya I. M., Prisyazhnaya S. P., Lipkan A. V. Development of combine harvester adaptive devices for obtaining high-quality seeds when soybeans harvesting. *Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki,* 2023;2:84–88 (in Russ.). DOI: 10.31857/2500-2082/2023/2/84-88.

8. Gievskij A. M., Orobinsky V. I., Chernyshov A. V., Baskakov I. V., Druzhinin R. A. Rationale for choosing combine harvester type for harvesting soybean crops for feed and seed purposes. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2022;15;1(72):12–22 (in Russ.). DOI: 10.53914/issn2071-2243_2022_1_12.

9. Lontseva I. A., Soboleva N. V. A model for predicting header soy bean losses in a combine harvester. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik,* 2021;3(59):93–98 (in Russ.). DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-93-98.

10. Popov A., Bumbar I. V. Ways to increase the efficiency of grain and soybean harvesting in the Amur region. Proceedings from INTERAGROMASH 2022: XV International Scientific Conference. (PP. 189–199), Rostov-on-Don, Springer, 2023. EDN IWVNEU.

Статья поступила в редакцию 18.09.2023; одобрена после рецензирования 02.11.2023; принята к публикации 22.11.2023.

The article was submitted 18.09.2023; approved after reviewing 02.11.2023; accepted for publication 22.11.2023.

Информация об авторах

Бумбар Иван Васильевич, *доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, ORCID: 0000-0001-7584-2083, Author ID: 552396, bumbariv@outlook.com;*

Кувшинов Алексей Алексеевич, *кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-6332-5406, AuthorID: 898389, kyaa@vniisoi.ru*

Information about the authors

Ivan V. Bumbar, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, ORCID: 0000-0001-7584-2083, Author ID: 552396, bumbariv@outlook.com;*

Alexey A. Kuvshinov, *Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, kyaa@vniisoi.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 664.69
EDN GISLPR

Разработка рецептуры и технологии макаронных изделий с использованием продуктов переработки регионального растительного сырья

Анна Владимировна Ермолаева[1], Наталья Эдуардовна Парфенюк[2]
[1, 2] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] ermolaeva3919679@mail.ru, [2] nata12101999@gmail.com

Аннотация. В статье представлена разработка рецептуры и технологии макаронных изделий с использованием продуктов переработки соевого зерна и моркови, а именно соевого изолята и порошка из жома моркови (морковный порошок). Экспериментальным путем доказано, что оптимальное количество соевого изолята и морковного порошка составило 20 и 10 % соответственно от количества муки. При добавлении в рецептуру соевого изолята макаронные изделия обогащаются незаменимыми аминокислотами, необходимыми для нормального функционирования организма человека. Данное изменение в рецептуре также позволяет сбалансировать необходимые элементы для организма, исключить образование сложных неусвояемых компонентов, уменьшить дефицит белка, увеличить полезные свойства готового изделия. Доказано, что использование порошка моркови позволяет обогатить макаронные изделия витаминами группы А (его провитамином β-каротином), В, РР, а также пищевыми волокнами, макро- и микроэлементами, пантотеновой и фолиевой кислотой, что способствует профилактике ряда заболеваний. При потреблении в пищу 100 г макаронных изделий с добавками суточная норма потребления витамина А будет удовлетворена на 40 %, β-каротина на 31 % и витамина С на 2 %. За счет снижения содержания углеводов энергетическая ценность разработанного продукта снизилась, а за счет увеличения белков пищевая ценность повысилась. Нами рассчитан предполагаемый годовой экономический эффект и экономическая эффективность научной разработки, что доказывает целесообразность внедрения ее в производство, так как срок окупаемости невелик с учетом средств, которые были вложены. Отпускная цена за один килограмм макаронных изделий с добавками составляет 134,84 рубля. Цена изделий невысокая для данного вида продукции, значит, продукция будет пользоваться спросом потребителей. Внедрение в производство данных макаронных изделий позволит удовлетворить спрос различных групп потребителей региона.

Ключевые слова: макаронные изделия, соевый изолят, порошок моркови, незаменимые аминокислоты, витамины, технология макаронных изделий

Для цитирования: Ермолаева А. В., Парфенюк Н. Э. Разработка рецептуры и технологии макаронных изделий с использованием продуктов переработки регионального растительного сырья // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 167–175.

Original article

Development of the recipe and technology of pasta using products of processing of regional vegetable raw materials

Anna V. Ermolaeva[1], Natalya E. Parfenyuk[2]
[1, 2] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] ermolaeva3919679@mail.ru, [2] nata12101999@gmail.com

Abstract. The article presents the development of a recipe and technology for pasta using soybean grain and carrot processing products, namely soybean isolate and carrot pulp powder (carrot powder). It has been experimentally proved that the optimal amount of soybean isolate and carrot powder was 20 and 10%, respectively, of the amount of flour. When soybean isolate is added to the formulation, pasta is enriched with essential amino acids necessary for the normal functioning of the human body. This change in the formulation also allows you to balance the necessary elements for the body, eliminate the formation of complex indigestible components, reduce protein deficiency, and increase the beneficial properties of the finished product. It has been proven that the use of carrot powder makes it possible to enrich pasta with vitamins of group A (its provitamin β-carotene), B, PP, as well as dietary fibers, macro- and microelements, pantothenic and folic acid, which contributes to the prevention of a number of diseases. When eating 100 g of pasta with additives, the daily intake of vitamin A will be satisfied by 40%, beta-carotene by 31%, vitamin C by 2%. Due to a decrease in the carbohydrate content, the energy value of the developed product decreased, and due to an increase in proteins, the nutritional value increased. We have calculated the estimated annual economic effect and economic efficiency of scientific development, which proves the expediency of introducing it into production, since the payback period is short, taking into account the funds that have been invested. The selling price for one kilogram of pasta with additives is 134.84 rubles. The price of the products is low for this type of product, which means that the products will be in demand by consumers. The introduction of these pasta products into production will meet the demand of various consumer groups in the region.

Keywords: pasta, soybean isolate, carrot powder, essential amino acids, vitamins, pasta technology

For citation: Ermolaeva A. V., Parfenyuk N. E. Development of the recipe and technology of pasta using products of processing of regional vegetable raw materials. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:167–175 (in Russ.).

Введение. Разработка новых технологий макаронных изделий, характеризующихся высокой пищевой ценностью, является одним из перспективных направлений в решении проблем улучшения здоровья населения и предупреждения развития многих заболеваний.

Для сохранения качества мучных изделий на предприятиях макаронного производства необходимо использовать улучшители: безвредные; доступные для всех предприятий отрасли, независимо от их мощности и местоположения; дешевые и эффективно воздействующие на качество готовой продукции. Наиболее рациональным способом является введение в рецептуру натуральных ингредиентов растительного и животного происхождения, нетрадиционных для макаронной отрасли. Перспективными улучшителями качества макаронных изделий являются растительные добавки, получаемые при переработке овощей и бобовых культур [1, 2].

Особый интерес для производства представляют такие растительные добавки как морковь и соя, а именно продукты их переработки – морковный порошок и соевый изолят.

Для уменьшения дефицита белка, увеличения полезных свойств готового продукта, улучшения его органолептических показателей и снижения себестоимости продукции авторами предлагается использовать в макаронном производстве соевые белки. Внесение в рецептуру макаронных изделий порошка моркови позволит обогатить их витаминами и придать изделиям привлекательный вид.

Цель исследования – *разработка технологии макаронных изделий с использованием продуктов переработки сои и овощей.* В соответствии с поставленной целью необходимо решить ряд задач: подобрать оптимальные дозы внесения соевого изолята и порошка моркови; разработать рецептуру и технологию обогащенных макаронных изделий; определить физико-химические и органолептические показатели готовых изделий; изучить их пищевую ценность; доказать экономическую целесообразность выпуска данного продукта.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований в данной работе являются соевый изолят, порошок моркови и обогащенные макаронные изделия.

Экспериментальная часть работы проводилась в лаборатории кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции Дальневосточного государственного аграрного университета.

В качестве содержащего белок сырья использовали соевый изолят, полученный на маслоэкстракционном заводе «Амурский» города Белогорска Амурской области. В качестве витаминной добавки применялся морковный порошок, соответствующий требованиям стандарта ГОСТ 32065–2013 «Овощи сушеные. Общие технические условия».

В ходе выполнения работы применяли общепринятые и специальные современные экспериментально-аналитические методы проведения физико-химического, органолептического анализа, которые предоставили возможность получить данные о составе, свойствах и качественных показателях готовых макаронных изделий.

Органолептический анализ макаронных изделий включает в себя рейтинговую оценку формы, цвета, вкуса и запаха изделий с использованием балльной шкалы: 5 баллов (отличное качество), 4 балла (хорошее качество), 3 балла (удовлетворительное качество) и 2 балла (неудовлетворительное качество).

Органолептические и физико-химические показатели готовых изделий определяли согласно требованиям государственного стандарта ГОСТ 31964–2012 «Изделия макаронные. Правила приемки и определения качества».

Для определения содержания провитамина β-каротина в макаронных изделиях был использован метод, основанный на его экстрагировании из продуктов органическим растворителем с последующим анализом экстракта спектрофотометрическим методом в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ EN 12823–2–2014 «Продукты пищевые. Определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии».

Витамин С определяли титриметрическим методом в соответствии с государственным стандартом ГОСТ 24556–89 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С».

Результаты исследований. Для разработки рецептуры макаронных изделий с добавлением соевого изолята и порошка моркови необходимо, в первую очередь, *определить оптимальное соотношение изолята и муки.*

В этой связи были составлены опытные образцы с различным соотношением соевого изолята и муки соответственно (г): образец № 1 – 10:90, образец № 2 – 20:80, образец № 3 – 30:70.

Дегустационной комиссией в составе пяти человек проведена органолептическая оценка представленных образцов. Оценка проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 31743–2017 «Изделия макаронные. Общие технические условия». Результаты органолептической оценки представлены на рисунке 1 [3].

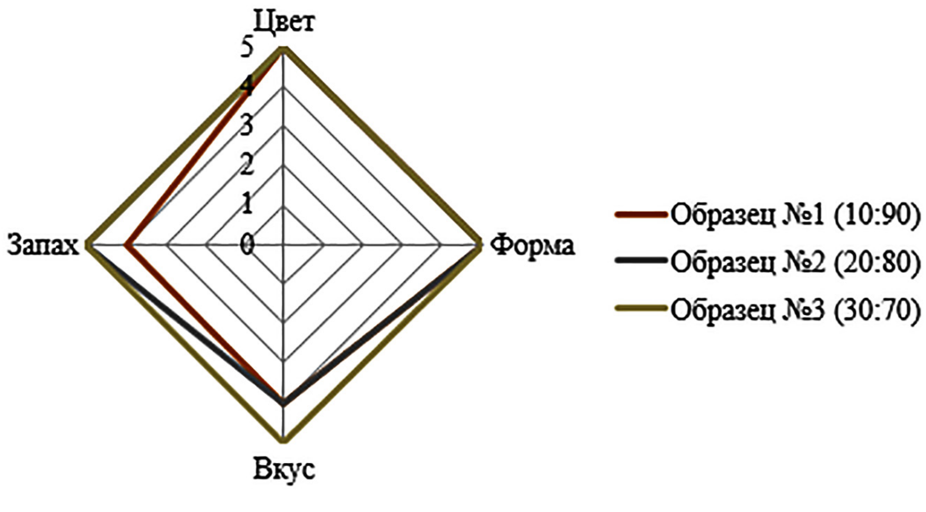


Рисунок 1 – Профилограмма органолептических показателей образцов
Figure 1 – Profilogram of organoleptic indicators samples

По результатам органолептической оценки максимальную оценку по всем показателям получил образец № 3 [3, 4].

Следующий этап работы состоял в *определении дозировки порошка моркови.* Для этого было приготовлено три образца макаронных изделий с различным соотношением муки, соевого изолята и морковного порошка: образец № 1 – эталонный (без добавления растительного сырья); образец № 2 – в соотношении 10:20:70 г морковного порошка, соевого изолята и муки соответственно; образец № 3 – 10:30:60 г тех же ингредиентов соответственно.

При проведении органолептического анализа установлено, что оптимальным соотношением является 10:20:70 г морковного порошка, соевого изолята и муки соответственно (образец № 2) (рис. 2) [5].

При добавлении 10 г порошка моркови и 30 г соевого изолята (образец № 3) ухудшаются реологические свойства теста. Это связано с тем, что порошок моркови и соевый изолят гигроскопичны и требуют внесения большого количества воды. Структура теста становится рыхлой, что не свойственно тесту для данного вида изделий.

Количество воды, вносимое в рецептуру макаронных изделий, определяется расчетным методом. Соевый изолят и порошок моркови отличаются большим поглощением воды, в сравнении с пшеничной мукой, что означает недостаток воды для набухания белков клейковины во время замеса теста, из-за чего появляется слабое взаимодействие белков друг с другом. Также причиной этого является то, что сахароза и белки клейковины борются за влагу, вводимую в муку, что препятствует набуханию клейковины и уменьшает ее выход [4]. Количество воды (мл), необходимое для замеса теста, рассчитывали по формуле (1):

$$G_{\text{в}} = \frac{\sum G_{\text{с.в.}} \cdot 100}{100 - W_{\text{т}}} - G_{\text{с}} \qquad (1)$$

где $\sum G_{\text{с.в.}}$ – содержание сухих веществ в сырье по рецептуре, г;

$W_{\text{т}}$ – влажность теста (32 %).

Подставляя исходные данные в формулу (1), получаем значение количества воды, соответствующее 28 мл.

По результатам проведенного эксперимента и анализа полученных данных *нами составлена комплексная технология производства макаронных изделий, которая включает следующие этапы: получение порошка моркови; замес макаронного теста с добавками; формование изделий и сушка.*

Получение порошка моркови состоит из следующих операций: подготовка моркови (мойка, чистка); измельчение;

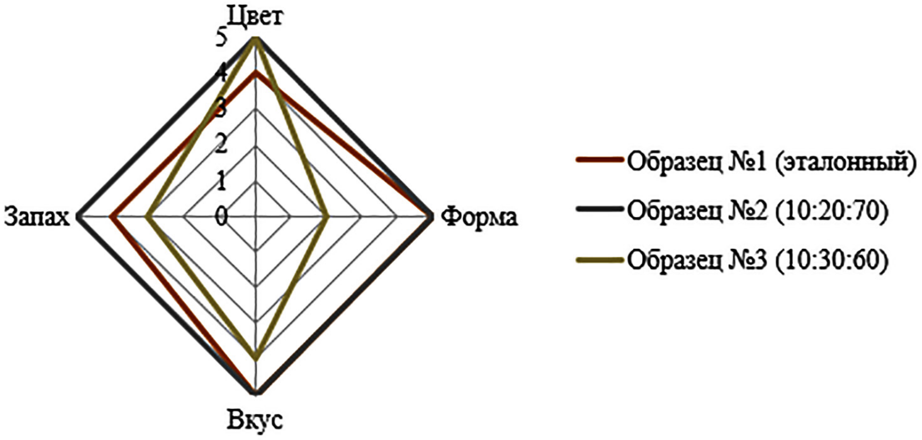


Рисунок 2 – Профилограмма органолептических показателей образцов
Figure 2 – Profilogram of organoleptic indicators samples

получение морковного жмыха; высушивание жмыха при температуре 50 °C в течение 240 минут; измельчение на мельнице до диаметра частиц 75 мкм.

При замесе макаронного теста вносимые добавки разводятся в рецептурном количестве воды. Так как применен холодный замес теста, необходимо использовать воду температурой 30 °C. Замес теста ведется в течение 10–15 минут.

После замеса тесто имело рыхлую консистенцию, которая для формовки изделий непригодна. Поэтому из тестомесильной машины тесто направляется на прессование. Здесь из крошковой структуры, благодаря интенсивному воздействию, оно становится связным, плотным и пластичным.

Далее осуществляется формование макаронных изделий, в данном случае резка – придание изделиям формы лапши.

После формования изделия подвергаются сушке. Сушка – это одна из важнейших операций макаронного производства. Макаронное тесто при сушке утрачивает пластичность и при определенной влажности становится хрупким. Поэтому необходимо соблюдать режимы сушки, которые складываются из температуры, влажности и скорости движения воздуха; времени сушки; чередования сушки и отволаживания. Макаронные изделия высушивали при температуре 60 °C в течение 60 минут.

Для выравнивания влажности между слоями в изделиях проводили процесс стабилизации в стабилизаторе-охладителе, где изделия медленно охлаждались воздухом температурой 25–30 °C и относительной влажностью 60–65 % в течение 120–180 минут.

Технологическая схема производства макаронных изделий с растительными добавками представлена на рисунке 3.

На основании полученных экспериментальных данных составлена рецептура (табл. 1).

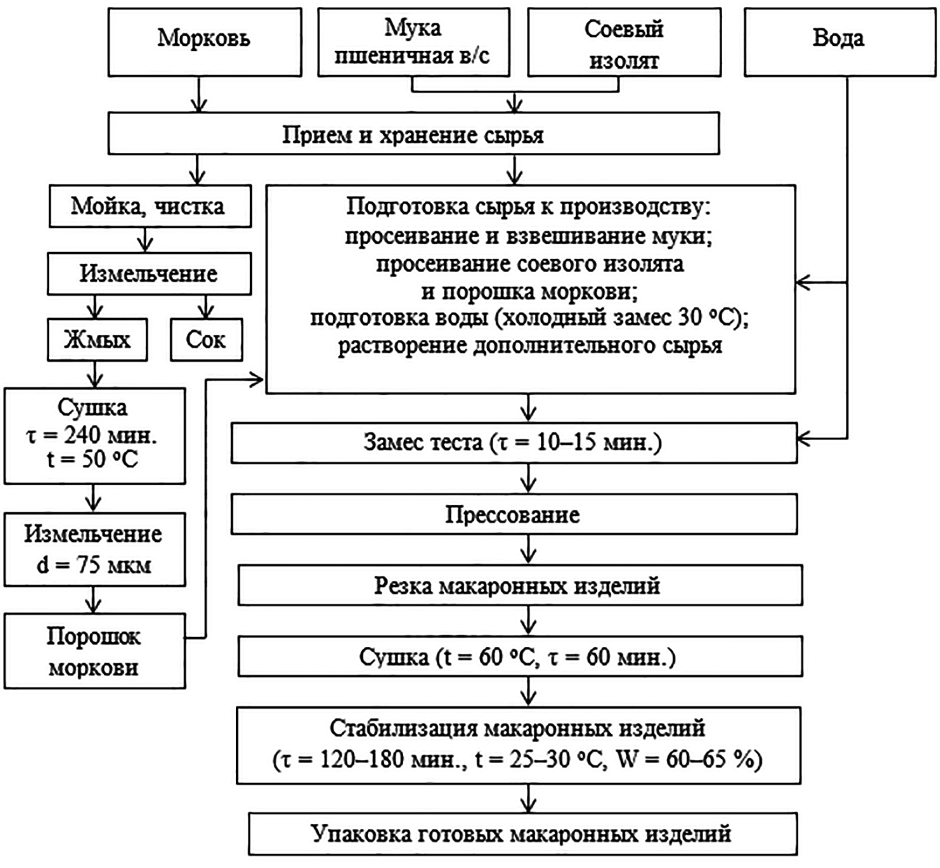


Рисунок 3 – Технологическая схема производства макаронных изделий с добавками
Figure 3 – Process flow diagram of production of pasta with additives

Таблица 1 – Рецептура макаронных изделий с добавками

Table 1 – Recipe for pasta with additives

Наименование сырья	Фактическая влажность, %	В натуральном выражении, г (мл)	В сухих веществах, г
Мука пшеничная в/с	14,5	70	59,85
Порошок моркови	13,5	10	8,65
Соевый изолят	7	20	18,60
Итого	–	100	87,10
Вода	–	28	–

Одной из задач исследований явилось *определение органолептических и физико-химических показателей разработанного продукта.*

Органолептическая оценка макаронных изделий с добавками проводилась дегустационной комиссией в составе пяти человек согласно ГОСТ 31743–2017 «Изделия макаронные. Общие технические условия». Результаты органолептической оценки и физико-химических показателей представлены в таблице 2.

При проведении лабораторных исследований доказано, что макаронные изделия с добавками из растительного сырья соответствуют всем показателям качества, нормируемым стандартом.

Далее *определена пищевая и энергетическая ценность макаронных изделий.* Результаты анализов представлены в таблице 3. Анализ данных показал, что при внесении в рецептуру соевого изолята и морковного порошка энергетическая ценность макаронных изделий с добавками снизилась на 6,6 %, а пищевая и биологическая ценность за счет обогащения полноценным белком и витаминами увеличилась.

Немаловажным является а*минокислотный и витаминный составы готовых макаронных изделий.* Сравнительный анализ аминокислотного состава макаронных изделий с добавками и без добавок представлен на рисунке 4. Данные по витаминному составу представлены в таблице 4.

Таблица 2 – Органолептическая оценка и физико-химические показатели готовых макаронных изделий с добавками

Table 2 – Organoleptic evaluation and physico-chemical parameters of finished pasta with additives

Наименование показателя	Характеристика, значение
Органолептические показатели	
Цвет	присутствует оранжевый оттенок, с частичками порошка моркови, соответствует вносимой добавке
Форма	правильная, соответствующая типу изделий
Вкус	свойственный данному изделию, присутствует вкус вносимых добавок
Запах	свойственный данному изделию, с присутствием запаха вносимых добавок
Поверхность	гладкая, без трещин
Физико-химические показатели	
Влажность, %	11,9
Кислотность, град.	3,7
Сохранность формы сваренных изделий, %	100

Таблица 3 – Пищевая и энергетическая ценность готовых макаронных изделий
Table 3 – Nutritional and energy value of finished pasta

Наименование показателя	Содержание в 100 г продукта, г			
	белки	жиры	углеводы	энергетическая ценность, ккал
Макаронные изделия без добавок	5,0	1,1	25	131,0
Макаронные изделия с добавками	13,8	0,8	15	122,4

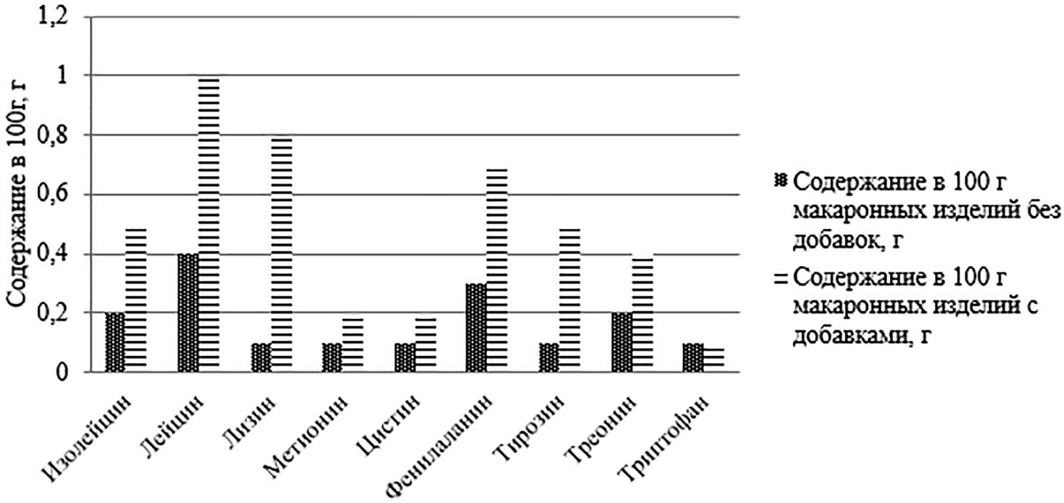


Рисунок 4 – Диаграмма сравнительного анализа аминокислотного состава макаронных изделий
Figure 4 – Diagram of comparative analysis of the amino acid composition of pasta

Таблица 4 – Витаминный состав макаронных изделий
Table 4 – The vitamin composition of pasta

В миллиграммах (in milligrams)

Витаминный состав	Содержание на 100 г макаронных изделий	
	макаронные изделия без добавок	макаронные изделия с добавками
А, ретинол	–	0,4
β-каротин	–	2,2
B_3 (РР), никотиновая кислота	3,1	3,3
B_4, холин	52,5	52,5
B_5, пантотеновая кислота	0,3	0,4
С, аскорбиновая кислота	–	0,7
К, филлохинон	–	0,003

При добавлении морковного порошка в рецептуру макаронных изделий увеличивается содержание уже присутствующих витаминов и пополняется их состав. Присутствие витамина А и его провитамина β-каротина позволит восполнить дефицит этих витаминов в организме человека при потреблении.

При потреблении в пищу 100 г макаронных изделий с содержанием в составе морковного порошка в количестве 10 %, суточная норма потребления витамина А будет удовлетворена на 40 %, β-каротина на 31 % и витамина С на 2 %.

Макаронные изделия с добавками по предложенной рецептуре характеризуются приятным вкусом, высокими показателями качества, а также обогащаются аминокислотным и витаминным составом. Также можно заметить, что снижается энергетическая ценность, что позволяет рекомендовать их людям, соблюдающим энергетическую ценность рациона.

Расчеты экономической эффективности доказывают целесообразность внедрения данной разработки в производство, так как срок окупаемости невелик (с учетом средств, которые вложены).

Отпускная цена за один килограмм макаронных изделий с добавками составляет 134,84 рубля. Внедрение в производство данных макаронных изделий позволит удовлетворить спрос различных групп потребителей региона.

Заключение. *Исходя из результатов исследований, можно сделать вывод, что использование добавок из продуктов переработки растительного сырья, таких как порошок моркови и соевый изолят, целесообразно. Их применение в оптимальных дозировках не дает отрицательного воздействия на реологические и структурно-механические свойства макаронного теста.*

Использование соевого изолята и порошка моркови позволяет обогатить макаронные изделия белками и витаминами, что окажет положительное влияние на организм человека.

Список источников

1. Смирнов С. О., Фазулина О. Ф. Использование нетрадиционного сырья в производстве макаронных изделий повышенной пищевой ценности // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 3. С. 454–469. DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469.

2. Анищенко Н. И. Перспектива использования соевого белка в пищевых целях. Благовещенск, 1998. 79 с.

3. Парфенюк Н. Э. Возможность использования продуктов переработки сои в производстве макаронных изделий // Молодежь XXI века: шаг в будущее : материалы XXIII регион. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет. 2022. С. 297–298. EDN: BGNDNK.

4. Ермолаева А. В., Парфенюк Н. Э. Влияние соевого изолята на качество макаронного теста // Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : материалы IV междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Наука и просвещение, 2023. С. 77–79. EDN: JIYNSE.

5. Парфенюк Н. Э., Ермолаева А. В. Возможность использования продуктов переработки овощей в производстве макаронных изделий // Современная наука, общество и образование: актуальные вопросы, достижения и инновации : материалы III междунар. науч.-практ. конф. Пенза : Наука и просвещение, 2022. С. 61–64. EDN: ARTLUV.

References

1. Smirnov S. O., Fazullina O. F. Non-traditional raw materials in pasta production of high nutrition value. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology,* 2019;49(3):454–469 (in Russ.). DOI: https://doi.org/10.21603/2074-9414-2019-3-454-469.

2. Anishchenko N. I. *The prospect of using soy protein for food purposes,* Blagoveshhensk, 1998, 79 p. (in Russ.).

3. Parfenyuk N. E. The possibility of using soybean processing products in the production of pasta. Proceedings from Youth of the XXI century: a step into the future: *XXIII Regional'naya nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 297–298), Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022 (in Russ.). EDN: BGNDNK.

4. Ermolaeva A. V., Parfenyuk N. E. The effect of soybean isolate on the quality of pasta dough. Proceedings from Modern science, society and education: current issues, achievements and innovations: *IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 77–79), Penza, Nauka i prosveshhenie, 2023 (in Russ.). EDN: JIYNSE.

5. Parfenyuk N. E., Ermolaeva A. V. The possibility of using vegetable processing products in the production of pasta. Proceedings from Modern science, society and education: current issues, achievements and innovations: *III Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 61–64), Penza, Nauka i prosveshhenie, 2022 (in Russ.). EDN: ARTLUV.

Статья поступила в редакцию 03.11.2023; одобрена после рецензирования 01.12.2023; принята к публикации 13.12.2023.

The article was submitted 03.11.2023; approved after reviewing 01.12.2023; accepted for publication 13.12.2023.

Информация об авторах

Анна Владимировна Ермолаева, *кандидат технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, ermolaeva3919679@mail.ru,*

Наталья Эдуардовна Парфенюк, *студент, Дальневосточный государственный аграрный университет, nata12101999@gmail.com*

Information about the authors

Anna V. Ermolaeva, *Candidat of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, ermolaeva3919679@mail.ru;*

Natalya E. Parfenyuk, *Student, Far Eastern State Agrarian University, nata12101999@gmail.com*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 637.116
EDN FCERIC

Исследование эффективности использования доильных установок

Галия Ергешевна Кокиева
Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия
Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова
Республика Бурятия, Улан-Удэ, Россия
kokievagalia@mail.ru

Аннотация. На молочных фермах используют различные технологические линии первичной обработки молока. Ставится задача выявить наиболее рациональную линию, не требующую затрат ручного труда. Молочное производство относится к пищевым отраслям с их ярко выраженной спецификой: нестационарность качественных показателей исходного сырья, биологическая активность сырья (скоропортящееся) и продуктов переработки, жесткие санитарно-гигиенические нормы производства, сезонность нагрузок и др. Анализ различных этапов молочного производства показывает, что обеспечение требуемого качества готовой продукции, выпуск ее в необходимом ассортименте затруднительны и часто срываются. Эту задачу можно решить, если создать гибкие технологические схемы производства продукции, в которых учитывались бы изменяющиеся показатели качества сырья и экспресс-методы определения последних. Одной из причин снижения эффективности использования доильных установок является нарушение их вакуумного режима. На снижение производительности насоса влияет и степень натяжения ремней привода. Слабое их натяжение приводит к проскальзыванию в шкивах и, как следствие, к износу и потере производительности насоса. В статье описывается исследование повышения эффективности использования доильных установок, производится оценка указанной эффективности.

Ключевые слова: доильные установки, эффективность использования доильных установок, технологическая линия

Для цитирования: Кокиева Г. Е. Исследование эффективности использования доильных установок // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 176–184.

Original article

Research on the efficiency of using milking machines

Galia E. Kokieva
Arctic State Agrotechnological University, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia
Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov
Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russia
kokievagalia@mail.ru

Abstract. Dairy farms use various technological lines for primary milk processing. The task is to identify the most rational line that does not require manual labour. Dairy production belongs to the food industries with their pronounced specifics: non-stationary quality indicators of raw materials, biological activity of raw materials (perishable) and processed products, strict sanitary and hygienic standards of production, seasonality of loads, etc. An analysis of the various stages of dairy production shows that ensuring the required quality of finished products and their release in the required range are difficult and often fail. This problem can be solved if we create flexible technological schemes for the production of products, which would take into account the changing indicators of the quality of raw materials, and express methods for determining the latter. One of the reasons for the decrease in the efficiency of using milking machines is a violation of their vacuum mode. The degree of tension of the drive belts also affects the decrease in pump performance. Weak tension leads to slipping in the pulleys and, as a consequence, to wear and loss of pump performance. The article describes a study of increasing the efficiency of using milking machines, and evaluates this efficiency.

Keywords: milking machines, efficiency of use of milking machines, technological line

For citation: Kokieva G. E. Research on the efficiency of using milking machines. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:176–184 (in Russ.).

Введение. На крупных молочных фермах и комплексах доильные установки нередко объединяют магистральным трубопроводом, к которому через ресивер подключают 1–2 вакуумных насоса [1, 2]. Централизованные вакуумные системы снижают затраты труда на обслуживание, повышают надежность работы доильных установок, улучшают условия труда обслуживающего персонала [3].

Вместе с тем, как показало обследование ряда животноводческих комплексов, несмотря на большую объемную подачу насосов, в системах не обеспечивается номинальный вакуумный режим, что снижает эффективность машинного доения коров [4, 5]. Одна из главных причин этого состоит в недостаточно обоснованном выборе режимно-конструктивных параметров централизованной вакуумной системы. Предполагается сосредоточенное поступление воздуха от установок в начале магистрального участка системы, постоянство диаметра вакуум-провода и малые гидравлические потери по его длине. Такие ограничения могут быть выполнены лишь в коротких вакуумных системах, характерных для ферм моноблочной застройки и доением в доильном зале.

Дестабилизация вакуума происходит в основном из-за увеличения расхода воздуха через неплотности вакуумной системы и снижения производительности вакуум-насосов. Нередко это является следствием низкого качества изготовления, сборки и монтажа оборудования, неудовлетворительного технического обслуживания и нарушения правил машинного доения (табл. 1).

Основной причиной уменьшения вакуума выступает снижение производительности вакуум-насосов. Насос также теряет производительность и выходит из строя вследствие того, что на его масленках не устанавливают стаканы, в результате чего масло испаряется, выплескивается, загрязняется и вызывает закоксовывание сопряженных поверхностей, ускоряя износ корпуса и подшипников. Из-за этого текстолитовые лопатки, роторы в процессе эксплуатации расслаиваются и вспучиваются. Происходит выкрашивание текстолитовых лопаток при быстром обратном вращении уже отключенных насосов, что нередко из-за отсутствия специального клапана в разделяющей диэлектрической вставке-предохранителе. При механической стимуляции (осуществляемой путем подталкивания и оттягивания вымени по вертикали) изменение частоты периодических воздействии существенно влияет на амплитуду колебаний вымени. Можно предположить, что наибольшие амплитуды колебаний вымени получаются при переходе к резонансным колебаниям, когда частота вынужденных колебаний возбудителя (доильного аппарата) совпадает с частотой собственных колебаний системы «вымя – доильный аппарат».

Материалы и методы исследований. Перед началом доения требуется вручную проворачивать вал насоса, чтобы смазать внутренние его поверхности. Однако это практически не производится. Не используется также возможность повышения производительности вакуумной установки за счет изменения частоты вращения ротора путем перестановки шкивов. Другие причины низкого вакуума состоят в наличии подсосов воздуха из-за износа прокладок молочных кранов, распределителей, соединительных муфт молоко- и вакуум-проводов, трещин в диафрагменных прокладках механизмов подъема молокопроводов, засорения посадочных мест клапанов спуска конденсата.

В зимнее время под влиянием отрицательных температур пластмассовые трубы молокопроводов в конце проездов остывают и сжимаются сильнее, чем рези-

Таблица 1 – Причины неудовлетворительного технического обслуживания и нарушения правил машинного доения [6]

Table 1 – List of reasons for unsatisfactory maintenance and violations of the rules of machine milking [6]

Причины	Последствия
Использование вакуумных насосов при производительности менее 80 % от номинальной; передержка доильных аппаратов и снятие их рывком без применения клапана коллектора	Отсутствие резервного воздуха в клапане вакуум-регулятора; значительное снижение и медленное восстановление вакуума, что вызывает спадание доильных стаканов и торможение рефлекса молокоотдачи, заболеваемость молочных желез и потерю продуктивности коров
Монтаж магистрального вакуум-провода и стояков из труб диаметром менее 1,5"; сверление отверстий диаметром менее 10 мм под молочно-вакуумный кран	Снижение величины вакуума в подсоединенной ветви вакуум-провода или доильном аппарате на 0,001 МПа
Параллельное включение насосов; присоединение молокосборника и магистрального вакуум-провода одной трубой диаметром менее 1,5"	Снижение величины вакуума в системе или в ветвях, подключенных к молокосборнику на 0,001 МПа; работа доильных аппаратов в физиологически недопустимых режимах
Вода и конденсат в вакуумном или молочном помещениях	Повышение влажности воздуха более 75 % при температуре 15 °С, а при более низких температурах – конденсация влаги; в результате усиливается коррозионная активность металла корпуса вакуум-насоса и вакуум-провода
Монтаж выхлопных труб с уклоном менее одного градуса в сторону глушителя; отсутствие пробок с дренажными отверстиями под глушителями	Затруднение выхлопа из-за скапливания масла; повышение нагрева вакуумного насоса по сравнению с температурой окружающего воздуха более чем на 80 °С; снижение его производительности
Несвоевременная регулировка натяжения клиновидных ремней привода вакуумных насосов	Проскальзывание и износ ремней в шкивах; уменьшение производительности вакуумного насоса
Отсутствие фитилей в масленках; несвоевременная регулировка уровня масла в них	Ускоренный износ деталей; закоксовывание внутренних поверхностей; снижение производительности вакуумного насоса
Отсутствие обратного клапана в предохранителе или вакуум-баллоне	Изнашивание и выщербливание текстолитовых лопаток при обратном вращении ротора насоса; попадание промывочной жидкости в насос из вакуум-проводной системы
Навешивание дополнительных грузов на пружину клапана вакуум-регулятора	Исключение подсоса резервного воздуха через клапан; повышение вакуума в системе до 0,065–0,075 МПа
Монтаж вакуум-регулятора с отклонением от вертикали; отсутствие распорных втулок между амортизирующими и грузовыми шайбами; высокий или низкий уровень, отсутствие или несвоевременная замена масла в колпаках вакуум-регулятора и дифференциального клапана	Замедление удаления молока из коллектора и шланга в молокопровод из-за перекрытия молочного крана; изменение вакуума после заполненного молоком участка молокопровода; уменьшение разрежения в доильном стакане под соском; стаканы плохо удерживаются на сосках; увеличение продолжительности доения; снижение полноты выдаивания, жирности молока и продуктивности коров

Продолжение таблицы 1

Причины	Последствия
Отсутствие клапанов спуска конденсата в самых низких точках вакуум-провода; наличие отложений и прогибов различной формы на его отдельных участках; соединение участков вакуум-провода сваркой или резиновыми муфтами	Скопление конденсата и промывочной жидкости в вакуум-проводе; перекрытие его сечения увеличивает гидравлическое сопротивление и снижает пропускную способность вакуум-провода; перепад вакуума по длине вакуум-провода, превышающий допустимое значение; заболевания животных
Несвоевременная регулировка натяжения сосковой резины в доильном стакане	Неравномерное выдаивание долей вымени (разница скоростей выведения молока из сосков достигает 15 %); «сухое» доение приводит к нарушению взаимодействия соска и сосковой резины, возникновения у коров болевых или непривычных раздражений, повреждение мелких кровеносных сосудов и травмы тканей соска, уменьшение продуктивности коров
Несвоевременная регулировка частоты пульсаций пульсаторов	Раздражение молочной железы; заболевание коров маститом из-за чрезмерного увеличения частоты пульсаций
Промывка кипятком молочной линии после окончания дойки; отсутствие операции промывки молокопровода и доильных аппаратов перед доением горячей водой	Нарушение герметичности и формы пластмассовых элементов от температурных воздействий; смешивание с молоком случайных загрязнений и остатков твердых частиц моющих средств; отсутствие подогрева доильных стаканов (до 36–38 ^{o}C) для улучшения молокоотдачи
Не действуют автоматы или устройства циркуляционной промывки; несистематическая мойка и длительная эксплуатация сосковой резины и молочных шлангов; начало дойки с коров, стоящих в конце стойлового молокопровода (считая от молочного отделения)	Снижение качества и повышение продолжительности мойки элементов; молочный жир вызывает старение, потерю эластичности и образование молочного камня на резиновых изделиях доильных аппаратов; к концу доения на внутренней поверхности молокопровода накапливаются трудно смываемые остатки молочного жира
Отсутствие пластинчатого охладителя молока	Ускоренный износ холодильной установки из-за более длительного времени работы

новые муфты. В результате постоянного подсоса воздуха в систему через неплотности в соединениях, а также потерь его при надевании и снятии (или спадании) доильных стаканов, производительность вакуум-насосов становится ниже номинального расхода вакуума. Об этом свидетельствует отсутствие подсоса воздуха на большинстве индикаторов запаса его производительности.

Одной из причин низкого вакуума является также неправильное соединение вакуум-насоса с вакуумной и молочной магистралями. Оба насоса одной доильной установки должны работать с одинаковой внешней нагрузкой. На практике же нередко используют только один насос. Подключение при монтаже доильной установки только одного насоса к молокосборнику является причиной снижения величины вакуума на 15–20 %. Подсоединение второго вакуум-насоса к магистральному вакуум-проводу приводит к повышению величины вакуума в молокопроводе до номинального уровня.

Эффективна схема соединения двух вакуум-насосов, всасывающие патрубки которых выведены на один общий вакуум-баллон, после которого магистральный вакуум-провод прокладывают из труб диаметром 2". Насосы можно включать параллельно с вакуум-баллонами при соединении их общим коллектором (труба диаметром 2") у молокосборника. Параллельное соединение двух насосов перемычкой непосредственно перед вакуумными баллонами недостаточно эффективно, так как не удается получить их суммарную производительность из-за снижения давления вследствие повышения скорости откачки воздуха. Необходимый показатель достигается при замене двух насосов одним большей производительности или такой системой распределения вакуума в доильных установках, при которой каждый вакуум-насос имеет свое назначение и включается в вакуумную линию самостоятельно. При этом один насос служит для транспортирования молока, другой – для работы доильных аппаратов, третий – для осуществления автоматизации производственных процессов.

К наиболее часто встречаемому существенному недостатку в монтаже, который снижает величину вакуума, относится несоблюдение диаметров труб магистрального и рабочего вакуум-проводов. Используются в качестве магистрального вакуум-провода и на выхлопе трубы диаметром менее 1,5", что не соответствует диаметрам впускного и выпускного отверстий насоса. На снижение величины вакуума в вакуум-проводе диаметр трубопровода влияет больше, чем его длина. Поэтому даже небольшое уменьшение его сечения, особенно в изгибах и местах технологического подъема, неизбежно приводит к падению вакуума против нормы.

Одной из основных причин, влияющих на уменьшение сечения трубопровода и, как следствие, на режим работы и возникновение параметрических отказов доильных установок, является засоренность вакуум-провода. Как правило, она определяется качеством монтажа и состоянием среды – наличием агрессивных газов, водяных паров, мельчайших частичек кормов, подстилки и навоза, а также микроорганизмов. Во время доения нередко резиновые шайбы коллекторов фиксируются в положении «промывка», поэтому при случайном спадании стаканов с вымени коровы коллектор не отключается от вакуума и грязь всасывается в молочную линию. Быстрому загрязнению вакуум-провода способствует отсутствие или неправильная установка клапанов спуска конденсата. Отсутствие пробок на поворотах вакуум-провода затрудняет его чистку. Нередко вакуум-проводы не промываются кислотными растворами. В результате на внутренней поверхности накапливаются отложения различной формы и размеров; они изменяют шероховатость и проходное сечение и часто делают невозможным машинное доение. Такие отложения или пробки при промывке не разрушаются, и для их устранения приходится заменять отдельные участки вакуум-провода. Эти недостатки можно исключить, если вакуум-провода изготовить из отдельных разъемных секций.

Изменение режимов работы доильных аппаратов снижает качество машинного доения. Например, с увеличением частоты пульсаций увеличивается расход воздуха и создается дополнительная нагрузка на вакуум-насос. С ростом упругости сосковой резины стаканы наползают на вымя, из-за чего снижается молокоотдача коров и увеличивается время доения. При этом смыкание стенок чулка происходит только в центральной части, а по краям остаются просветы, через которые вакуум продолжает воздействовать на сосок, что исключает его отдых и восстановление кровообращения. Неполное закрытие сосковой резины приводит к попаданию обратных струй молока из подсосковой камеры стакана в вымя коровы, что увеличивает продолжительность доения и вызывает заболевания маститом.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что качество доения обусловлено соответствием физиологических особенностей животных и энергетического обеспечения процесса выведения молока, стабильности вакуума, других параметров. Однако большинство доильных установок не отвечают этому требованию. В результате получается недодой, травмируется молочная железа, снижается качество молока.

Учет отрицательных последствий доения во взаимосвязи с их причинами создает предпосылки для объективной оценки эффективности применения доильных установок.

Проведенные в хозяйствах Забайкальского края коллективом ученых Бурятской государственной сельскохозяйственной академии исследования показали, что молокоотдача животного может характеризоваться параметром (*J*), равным скорости истечения молока через канал соска, при которой за период молокоотдачи оно выводится полностью, а отсасывающая способность (*E*) доильного аппарата – средней ее скоростью, которую он способен обеспечить.

Параметр (*J*) определяется с использованием формулы (1):

$$J = \frac{Q_p}{4FT} \qquad (1)$$

где Q_p – разовый удой, м^3;

F – сечение струи молока, м^2;

T – период молокоотдачи, с.

Значение E устанавливают из соотношения (2):

$$E = \alpha\varphi/(\alpha+1)\sqrt{2\mathrm{H}/\rho} \qquad (2)$$

где α – соотношение тактов «отсасывание» и «разгрузка»;

φ – коэффициент скорости;

Н – величина вакуума в подсосковой камере, Па;

ρ – плотность молока, кг/м^3.

Соотношение между этими параметрами определяет качество процесса доения. При $J = 2/3E$ молоко полностью выводится из организма животного, а величина избыточного вакуума минимальная. Если $J > 2/3E$, молоко не выводится полностью из организма животного, а величина остаточной порции Q_{n1} составит:

$$Q_{n_1} = Q_p\left(1 - \frac{2E}{3J}\right)^{\frac{3}{2}} \qquad (3)$$

При $J = 2/3E$ на вымя животного воздействует избыточный вакуум, который при определенном значении травмирует молочную железу. Потери продукции (Q_{n2}) в данном случае определяются из выражения (4):

$$\left(Q_{n_2}\right) = kQ_p \qquad (4)$$

где k – относительное движение продуктивности коров от заболевания маститом.

При средних отклонениях вакуума от номинального или заданного (ΔH_1 и ΔH_2), а также в зависимости от соотношения времени работы доильной установки в этих режимах, суммарные потери продукции Q_{n3} составят:

$$Q_{n3} = Q_p\left\{[1 - 2E_1/3J] + \frac{1}{(\Sigma+1)\left[1 - \frac{E_2}{3J}\right]^{\frac{3}{2}}} + [1 - 2E \cdot 3J]^{\frac{3}{2}}\right\} \qquad (5)$$

где E_1 и E_2 – отсасывающая способность доильного аппарата соответственно в режимах $H_1 = H + \Delta H_1$ и $H_2 = H - \Delta H_2$.

Значения параметра молокоотдачи, при котором происходит травмирование молочной железы, определяют с использованием формулы (6):

$$J_{min} = 2\alpha\varphi/3(\alpha+1)\sqrt{2\,(H_1 - H_g)/\rho} \qquad (6)$$

где H_g – допустимое (пороговое) значение избыточного вакуума, Па;

На величину недодоя и заболеваемость коров маститом оказывает влияние режим потока доения. Если период молокоотдачи больше машинного времени (t_m), то данная величина составит:

$$Q_{n^4} = Q_p\left[\left(1 - \frac{t_m^2}{2T^2}\right) + t_m^3/3T^3\right] \qquad (7)$$

Если же он меньше значения (t_m), то в течение времени холостого доения (t_x) на вымя воздействует избыточный вакуум, что увеличивает вероятность заболевания коров маститом. В данном случае потери продукции находим из формулы (8):

$$Q_{n^5} = kQ_pP(t_x) \qquad (8)$$

где $P(t_x)$ – вероятность заболевания коров маститом.

Потери, вызванные снижением сортности молока, определяют формулой (9):

$$Q_{n^6} = Q(G_{m_1} - G_{m_2}) \qquad (9)$$

где Q – количество произведенного молока, м^3;

G_{m1} и G_{m2} – цена молока соответственно первого и второго сорта, руб./м^3.

При получении несортового молока цель производства не достигнута, следовательно получаем:

$$Q_n = Q_{n^6} \quad (10)$$

Потери от снижения жирности молока при транспортировании его по молочным магистралям доильной установки составляют:

$$Q_{n^7} = Q[(g_b - g_v)/g_b] \quad (11)$$

где g_b, g_v – содержание жира в молоке на выходе соответственно из доильного аппарата и доильной установки, %.

Эффективность использования доильной установки определяется затратами, связанными с использованием трудовых, энергетических ресурсов и собственного ресурса доильной установки.

Количество продукции, эквивалентное по стоимости затратам на использование трудовых ресурсов, определяется по формуле (12):

$$Q_{n^8} = (C_p m T_g / G_{m_1}) \quad (12)$$

где C_p – стоимость одного часа работы обслуживающего персонала, руб./чел.-ч;

m – количество обслуживающего персонала, чел.;

T_g – время дойки,ч.

Количество продукции, эквивалентное по стоимости затратам на электроэнергию, определяется по формуле (13):

$$Q_{n^9} = (C_e N_e \eta T_g)/G_{m_1} \quad (13)$$

где C_e – стоимость единицы электроэнергии, руб./кВт·ч;

N_e – установленная мощность, кВт;

η – коэффициент использования установленной мощности.

Количество продукции, эквивалентное стоимости использованного ресурса доильной установки, определяется по формуле (14):

$$Q_{n^{10}} = (C_y k T_r T_g)/G_{m_1} \quad (14)$$

где C_y – стоимость доильной установки, руб.;

k – коэффициент увеличения капитальных вложений при монтаже доильной установки;

T_r – ресурс доильной установки, ч.

Значение i-го показателя (π_i) эффективности использования доильной установки находим из выражения (15):

$$\pi_i = (Q_b - Q_{ni})/Q_b \quad (15)$$

где Q_b – общее базовое количество продукции (молока) без учета ущерба или затрат по i-му показателю;

Q_{ni} – величина технологического эффекта или затрат по i-му показателю.

Коэффициент весомости i-го показателя устанавливается формулой (16):

$$k_{vi} = Q_{ni} / \sum_{i=1}^{n} Q_{ni} \quad (16)$$

Тогда обобщенный показатель эффективности использования доильной установки составит:

$$\pi_i = \left(Q_b - \sum_{i=1}^{n} Q_{ni}\right)/Q_b \quad (17)$$

На основе проведенных исследований и работ [7–9], нами разработаны алгоритм и прикладная программа оценки рассматриваемого процесса.

Производственная проверка показала, что эффективность использования доильных установок по обобщенному показателю находится в пределах 0,52–0,63, что соответствует потерям 1,8–2,3 л молока за дойку на одну корову.

Последовательная реализация резервов повышения эффективности в реальных условиях эксплуатации позволяет увеличить уровень использования доильных установок по обобщенному показателю до 0,85 и получать за дойку от коровы дополнительно 1,25 литров молока.

Заключение. *Эффективность использования машин, определяемая целью производства, может характеризоваться показателями качества технологического процесса, а ее критерии должны базироваться на их сопоставлении с затратами.*

Устранение обслуживающим персоналом этих недостатков позволит повысить эффективность использования доильных установок и надои молока.

Список источников

1. Барабанщиков Н. В. Качество молока и молочных продуктов. М. : Колос,1980. 254 с.

2. Иванов Ю. А. Молочное скотоводство в странах ЕС // Зоотехния. 1999. № 1. С. 31–32.

3. Гаджиев А. М. Технологический процесс молокоотдачи и контроль за затратами труда и временем доения // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2018. № 3. С. 31–33.

4. Фомичев Ю. П., Хрипякова Е. Н., Гуденко Н. Д. Методический практикум по контролю качества молока и молочных продуктов. Дубровицы : Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л. К. Эрнста, 2013. 234 с.

5. Морозов Н. М., Скоркин В. К., Хусаинов И. И., Всяких А. С., Прудов А. И., Шичалин А. В. [и др.]. Методические рекомендации по интенсивным технологиям производства молока на малых фермах. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт механизации животноводства РАСХН, 1992. 83 с.

6. Текучев И. К., Иванов Ю. А., Кормановский Л. П. Проблемы реализации технологических новаций в животноводстве // АПК: Экономика, управление. 2017. № 5. С. 21–29.

7. Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Результаты исследований по получению кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 4 (60). С. 165–172. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.

8. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Оптимизация энергетических затрат транспортно-производственного процесса // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С. 151–155. doi: 10.24411/1999-6837-2020-14063.

9. Школьников П. Н., Кузнецов Е. Е., Щитов С. В. Снижение энергетических затрат при приготовлении и раздаче кормовых рационов // Энергосбережение и энергоэффективность: проблемы и решения : материалы IX всерос. (нац.) науч.-практ. конф. Нальчик : Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, 2020. С. 184–189.

References

1. Barabanshchikov N. V. *Quality of milk and dairy products,* Moscow, Kolos, 1980, 254 p. (in Russ.).

2. Ivanov Yu. A. Dairy farming in EU countries. *Zootechniya,* 1999;1:31–32 (in Russ.).

3. Gadzhiev A. M. Technological process of milk production and control over labor costs and milking time. *Vestnik Vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizacii zhivotnovodstva,* 2018;3:31–33 (in Russ.).

4. Fomichev Yu. P., Khripyakova E. N., Gudenko N. D. *Methodological workshop on quality control of milk and dairy products,* Dubrovitsy, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut zhivotnovodstva imeni akademika L. K. Ernsta, 2013, 234 p. (in Russ.).

5. Morozov N. M., Skorkin V. K., Khusainov I. I., Vsyakikh A. S., Prudov A. I., Shichalin A. V. [et al.]. *Guidelines for intensive milk production technologies on small farms,* Moscow, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut mekhanizatsii zhivotnovodstva RASKhN, 1992, 83 p. (in Russ.).

6. Tekuchev I. K., Ivanov Yu. A., Kormanovskii L. P. Problems of implementation of technological innovations in animal husbandry. *APK: Ekonomika, upravlenie,* 2017;5:21–29 (in Russ.).

7. Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Results of research on obtaining fodder product for young farm animals. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2021;4(60):165–172 (in Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.

8. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Optimization of energy cost of transportation and production process. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2020;4(56):151–155 (in Russ.). doi: 10.24411/1999-6837-2020-14063.

9. Shkolnikov P. N., Kuznetsov E. E., Shchitov S. V. Reducing energy costs when preparing and distributing feed rations. Proceedings from Energy saving and energy efficiency: problems and solutions: *IX Vserossiiskaya (natsional'naya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya.* (PP. 184–189), Nal'chik, Kabardino-Balkarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2020 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 05.06.2023; одобрена после рецензирования 19.10.2023; принята к публикации 22.11.2023.

The article was submitted 05.06.2023; approved after reviewing 19.10.2023; accepted for publication 22.11.2023.

Информация об авторе

Галия Ергешевна Кокиева, *доктор технических наук, декан инженерного факультета, Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, Арктический государственный агротехнологический университет, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3447-1911, kokievagalia@mail.ru*

Information about author

Galia E. Kokieva, *Doctor of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Engineering, Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov, Arctic State Agrotechnological University, ORCID: http://orcid.org/0000-0003-3447-1911, kokievagalia@mail.ru*

Научная статья
УДК 621.436:681.518.5
EDN FFIVCH

Концептуальная модель диагностической системы для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания

Антон Федорович Курносов[1], Юрий Александрович Гуськов[2]
[1, 2] Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирская область, Новосибирск, Россия
[1] anton_kurnosov@mail.ru, [2] iinsau@yandex.ru

Аннотация. Предложена концептуальная модель диагностической системы для оценки технического состояния, на основе которой можно определить пути реализации нового подхода при проектировании встроенных информационных измерительных систем контроля за функциональными характеристиками двигателя внутреннего сгорания. С помощью установленных функциональных связей возможен переход к алгоритмизации изучаемой диагностической системы для разработки в дальнейшем научных и технологических основ ее применения. Апробация элементов нового подхода, предложенного на основе концептуальной модели, проводилась при экспериментальных исследованиях изменения параметров свободного выбега двигателя ЯМЗ-53445-22. В результате установлено, что время выбега двигателя составляет в среднем 3,2 с; за это время частота вращения коленчатого вала изменяется с 2 751 мин$^{-1}$ до 709 мин$^{-1}$. Ускорение коленчатого вала двигателя находится в пределах от минус 138 с^{2} до 0 с^{2}. Величина реакций опор в процессе выбега изменяется с 402 Н при частоте вращения коленчатого вала 2 663 мин$^{-1}$ до нуля при 709 мин$^{-1}$. Максимальное значение крутящего момента в процессе выбега составляет минус 234 Нм при частоте вращения коленчатого вала 2 663 мин$^{-1}$. Мощность механических потерь, исчисленная относительно текущего значения величины крутящего момента на опорах и соответствующего значения частоты вращения коленчатого вала, изменяется от минус 63 кВт до нуля при аналогичном изменении частоты вращения коленчатого вала. Разработанный на основе концептуальной модели алгоритм получения диагностической информации обеспечивает отражение совокупности входных воздействий на систему, состояний и взаимосвязи элементов системы, что говорит о высокой информативности измеряемых параметров.

Ключевые слова: диагностическая система, концептуальная модель, контроль характеристик двигателя внутреннего сгорания, информационная измерительная система

Для цитирования: Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А. Концептуальная модель диагностической системы для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 185–196.

Original article

Conceptual model of a diagnostic system for assessing technical condition of internal combustion engine

Anton F. Kurnosov[1], Yuriy A. Guskov[2]
[1, 2] Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk region, Novosibirsk, Russia
[1] anton_kurnosov@mail.ru, [2] iinsau@yandex.ru

Abstract. A conceptual model of a diagnostic system for assessing the technical condition is proposed, on the basis of which it is possible to determine the ways of implementing a new approach in the design of integrated information measuring systems for monitoring the functional characteristics of the internal combustion engine (hereinafter referred to as ICE). With the help of established functional connections, it is possible to make a transition to the algorithmization of the diagnostic system under study for further development of the scientific and technological foundations of its application. Approbation of the proposed conceptual model was carried out by experimental studies of changes in the parameters of the free run-out of the YAMZ-53445-22 engine. As a result, it was found that the engine run-out time is on average 3,2 seconds, during which time the crankshaft rotation speed changes from 2 751 min^{-1} to 709 min^{-1}. The engine crankshaft acceleration ranges from minus 138 s^{2} to 0 s^{2}. The magnitude of the reactions of the supports during the run-out changes from 402 H at a speed of rotation of the crankshaft 2 663 min^{-1} to 0 H at 709 min^{-1}. The maximum value of the torque during the run-out is minus 234 Hm at a speed of rotation of the crankshaft 2 663 min^{-1}. The power of mechanical losses calculated relative to the current value of the torque on the supports and the corresponding value of the crankshaft rotation frequency varies from minus 63 kW to zero with a similar change in the crankshaft rotation frequency. The developed conceptual model takes into account the totality of input effects on the system, the states of the system elements and the relationship of the system elements, which is confirmed by the experimental data obtained.

Keywords: diagnostic system, conceptual model, control of internal combustion engine characteristics, information measuring system

For citation: Kurnosov A. F., Guskov Yu. A. Conceptual model of a diagnostic system for assessing technical condition of internal combustion engine. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:185–196 (in Russ.).

Введение. В периоды проведения сельскохозяйственных работ требуется высокий коэффициент технической готовности самоходных машин; вероятность отказов должна быть минимальной, так как от этого зависит своевременность доставки рабочего персонала, запасных частей, ритмичность уборочных работ и других производственных процессов [1–3].

Эффективность использования самоходных машин в сельскохозяйственном производстве в значительной степени определяется работоспособностью двигателя внутреннего сгорания (ДВС), являющегося самым дорогостоящим и трудоемким в изготовлении, ремонте и техническом обслуживании агрегата [4–6]. Своевременное определение признаков снижения параметров его работы и получение достоверных диагностических данных позволяют прогнозировать остаточный моторесурс и принимать решение о проведении профилактических или ремонтных мероприятий [7–9].

С развитием современного диагностического оборудования возможна реализация новых методов контроля технического состояния ДВС, которые позволят сократить затраты труда и материальных ресурсов за счет сокращения разборочно-сборочных работ, а также повысить информативность диагноза при контроле.

Встроенные в современные самоходные машины технические системы определения эксплуатационных показателей неприемлемы в целях прогнозирования технического состояния ДВС [10]. С другой стороны, как показал анализ существующих технических решений и новых возможностей элементной базы, разработаны принципиально новые первичные преобразователи и информационные измерительные системы по контролю за функциональными характеристиками, а также цифровые методы передачи и обработки данных для их определения, что открывает новые возможности для внедрения цифровых диагностических систем [11].

Цель исследования – *разработать концептуальную модель диагностической системы технического состояния двигателя внутреннего сгорания на основе оценки единого диагностического параметра.*

Материалы и методы исследования. При создании новых и совершенствовании существующих диагностических систем в ряде случаев возникают задачи, связанные как с оценкой предлагаемых к использованию новых принципов и закономерностей, так и с выбором наилучшего сочетания значений параметров исследуемого объекта. Решение таких задач требует знания множества характеристик и особенностей объекта в зависимости от внешних условий и многих других факторов. В этих целях анализируемый объект рассматривают либо как целостный неделимый компонент, либо как совокупность взаимосвязанных частей. В первом случае к объектам подходят как к «черным ящикам», а во втором у объектов анализируются свойства их компонентов во взаимосвязи с точки зрения соответствия их функционирования общей цели на основе системных подходов.

При функциональном подходе диагностическая система для оценки технического состояния ДВС может быть описана тремя векторами, изменяющимися во времени:

1. Вектор состояния входов:

$X_i=(x_1, x_2, ..., x_m)$

2. Вектор состояния выходов:

$Y_i=(y_1, y_2, ..., y_n)$

3. Вектор внутренних состояний:

$Z_i=(z_1, z_2, ..., z_k)$

Между векторами существует связь, определяемая в обобщенном виде следующим образом:

$$Y_t = F(X_t, Z_t, t) \quad (1)$$

где F – некоторая функция;
t – время.

В зависимости от концептуальных представлений о структуре моделируемой системы анализируемый процесс обычно представляют в виде некоторой совокупности частных процессов и вместо выражения (1) оперируют совокупностью выражений вида (2):

$$\left.\begin{aligned} Y_1 &= f_1(x_1 \ldots x_n, z_1 \ldots z_r, u_1 \ldots u_m, t) \\ Y_2 &= f_2(x_1 \ldots x_n, z_1 \ldots z_r, u_1 \ldots u_m, t) \\ &\ldots \\ Y_k &= f_k(x_1 \ldots x_n, z_1 \ldots z_r, u_1 \ldots u_m, t) \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

где $f_1...f_k$ – функции связей выхода системы;
$x_1...x_n$ – входные воздействия на систему;
$z_1...z_r$ – состояния элементов системы;
$u_1...u_m$ – взаимосвязи элементов системы.

Наполняя описанные векторы содержанием с помощью функций $Y_1...Y_k$, пошагово воспроизводя изменения величин $u_1...u_m$, $x_1...x_n$ и $z_1...z_r$ во времени и взаимосвязи между собой, можно прийти к описанию функционирования системы.

Выражение вида (1) дает все основные сведения о функционировании системы. Однако аналитическое представление таких зависимостей во многих случаях является задачей весьма сложной. Поэтому исследователи вынуждены обратиться к поиску наиболее приемлемого инструмента для описания изучаемой модели сложного объекта.

Апробацию элементов при реализации нового подхода проводили на дизельном двигателе (рис. 1), установленном на автомобиле ГАЗ-САЗ-2507.

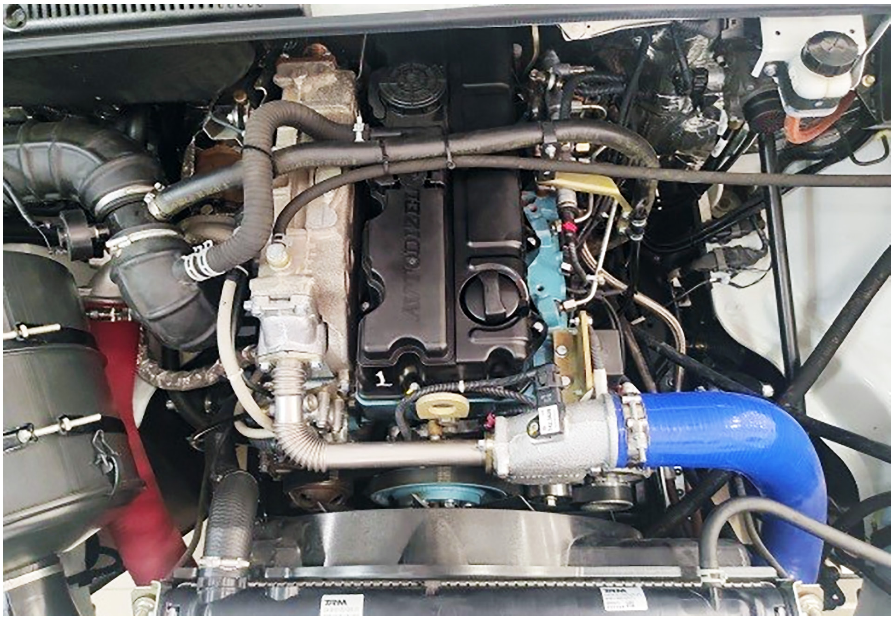


Рисунок 1 – Двигатель ЯМЗ-53445-22
Figure 1 – YAMZ-53445-22 engine

В переднюю правую и заднюю правую опоры устанавливали тензометрические датчики К-Р-16А (рис. 2, 3), аналоговый сигнал от которых поступал на преобразователь сигнала КСК1. Преобразование сигнала в цифровой вид происходило в блоке автомобильной диагностики АМД-4Д. Регистрация текущих параметров технического состояния двигателя осуществлялась путем считывания показателей из электронного блока управления через разъем OBDII мультимарочным сканером Scanmatik 2 PRO.

Синхронизация данных от блока автомобильной диагностики и мультимарочного сканера проходила по времени измерений относительно момента изменения положения педали акселератора, сигнал от которой поступал в блок автомобильной диагностики посредством щупа Диамаг 2 и в мультимарочный сканер. Регистрация данных происходила дискретно с частотой 35 Гц. Запись и хранение данных проводились с помощью персонального компьютера. Обработка полученных численных данных выполнялась в программе Microsoft Excel.

Порядок проведения экспериментов:

1. Пуск и прогрев двигателя до рабочей температуры охлаждающей жидкости и масла.

2. Включение и прогрев измерительного комплекса.

3. Вывод двигателя в режим свободного выбега с максимальной частотой вращения коленчатого вала путем резкого прекращения подачи топлива в цилиндр за счет перевода педали акселератора в свободное положение с одновременной регистрацией показателей: частота вращения коленчатого вала, давление топлива в рейле, цикловая подача топлива, реакции опор.

Результаты исследования и их обсуждение. Концептуальная модель может быть построена на основе динамической модели системы «КШМ – маховик» и представлена на рисунке 4. Рассмотрим моменты, действующие в ДВС на режиме холостого хода.

В результате взаимодействия индикаторного момента M_i и момента механических потерь $M_{тр}$ образуется их разность, результирующая которой представляет собой эффективный крутящий момент двигателя (M_e), равный динамическому моменту, определяемому формулой (3):

$$M_e = M_{mp} = Id\omega/dt \qquad (3)$$

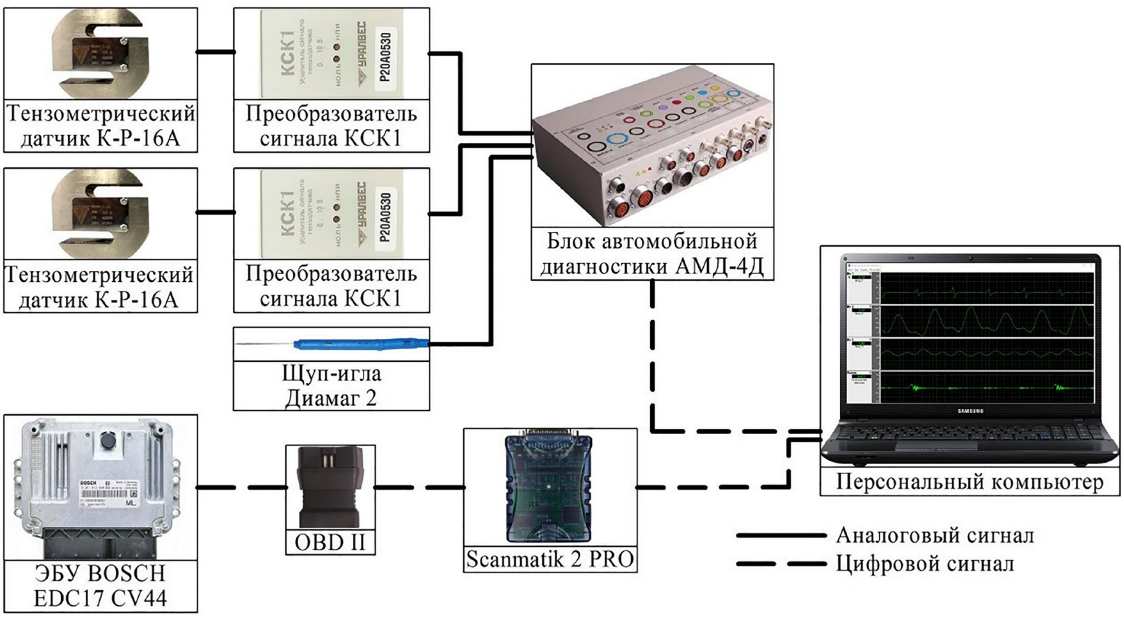
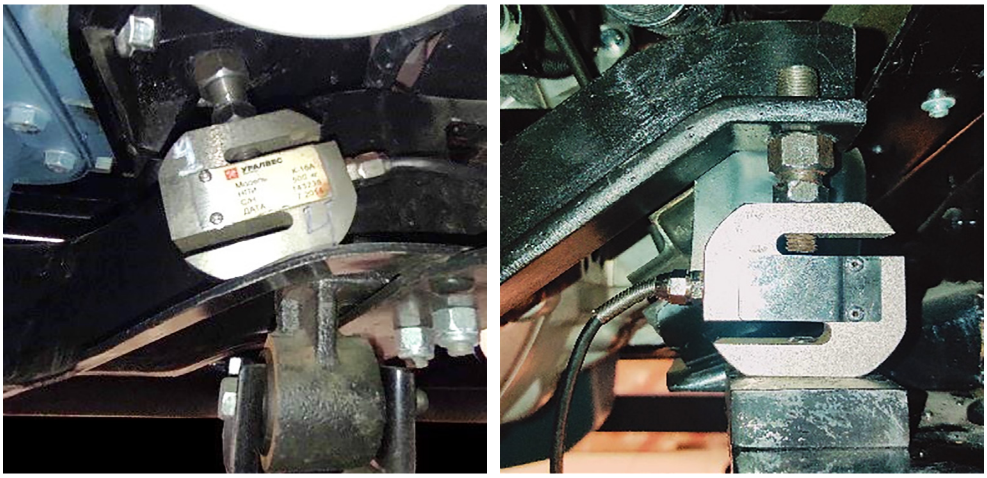


Рисунок 2 – Структура измерительного комплекса
Figure 2 – Structure of the measuring complex

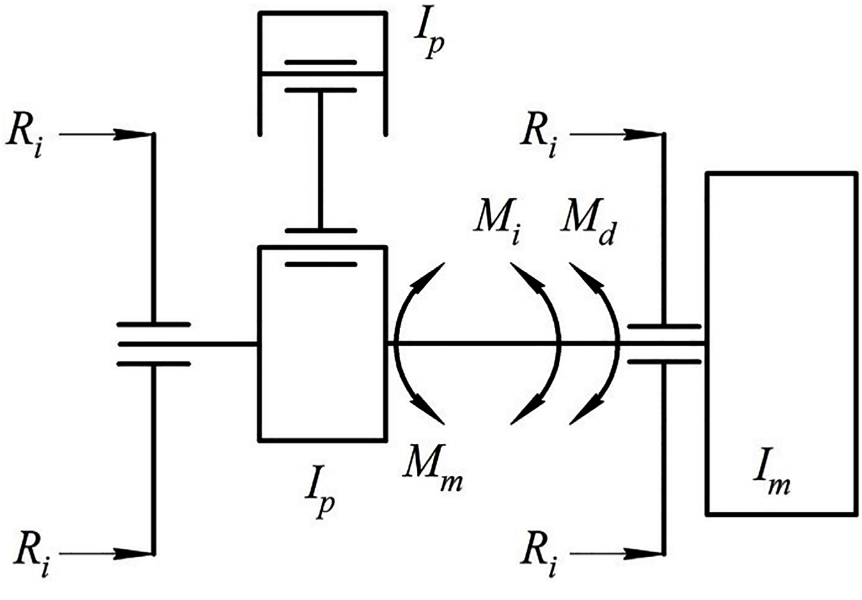


а) б)

а) правая передняя опора; б) правая задняя опора

Рисунок 3 – Места крепления тензометрических датчиков на опоры двигателя ЯМЗ-53445-22

Figure 3 – Mounting points of strain gauges on the supports of the YAMZ-53445-22 engine



I_p – момент инерции поступательно движущихся масс КШМ, приведенный к коленчатому валу; I_v, I_m – моменты инерции вращающихся масс КШМ и маховика; M_i – индикаторный момент; M_{mp} – момент механических потерь; M_d – динамический момент; R_i – реакция на опоре двигателя

Рисунок 4 – Динамическая модель системы «кривошипно-шатунный механизм – маховик»

Figure 4 – Dynamic model of the "crank mechanism – flywheel" system

На холостом ходу двигателя среднее значение угловой скорости коленчатого вала постоянно, а угловое ускорение равно $d\omega/dt = 0$. В этом случае уравнение равновесия приложенных к коленчатому валу моментов выражается уравнением динамики ДВС (4):

$$M_e = M_i - M_{mp} = I(d\omega/dt) = 0 \qquad (4)$$

Тогда $M_j = M_{mp}$ и на холостом ходу индикаторный момент двигателя затрачивается на преодоление момента механических потерь, величина которого на пониженных скоростных режимах имеет небольшое значение; при этом изменение величины реакции R_i на опорах двигателя будут также минимальные.

При резком изменении скорости вращения коленчатого вала ($\varepsilon \neq 0$) (примем состояние системы как Y_k) на опорах двигателя возникнет реакция $R_i = F(Y_k)$, означающая, что изучаемую диагностическую систему ДВС можно рассматривать как замкнутую, приведенную к практически единственному выходному диагностическому параметру R_i (рис. 5).

Безусловно, приведенная последовательность является в определенной степени условной, и на практике при реализации это будет сложный итеративный процесс [12], допускающий возврат к предыдущим этапам и их повторное проведение, однако обобщенно формализованное представление позволяет осуществить переход от технологического толкования возможного множества диагностических систем к их обобщенному функционально-алгоритмическому описанию.

В качестве примера проведем экспериментальные измерения изменения частоты вращения коленчатого вала от времени выбега, а также величины крутящего момента и мощности механических потерь двигателя от частоты вращения коленчатого вала в процессе свободного выбега.

По результатам экспериментальных данных установлено, что время свободного выбега двигателя составляет 3,2 с. За это время частота вращения коленчатого вала плавно снижается с уровня 2 751 до 709 мин$^{-1}$ (рис. 6). Давление топлива в рейле снижается ступенчато: сначала с уровня 1 346 до 956 кгс/см^2 за первые 0,717 с выбега, затем с 974 до 383 кгс/см^2 в интервале времени выбега 1,17–3,2 с.

Это связано с тем, что электронный блок управления двигателем прекращает процесс снижения давления топлива и в период с 0,717 до 1,17 с оценивает текущие диагностические параметры двигателя. Убедившись, что педаль акселератора находится в свободном положении, электронный блок управления продолжает уменьшать давление топлива.

Цикловая подача топлива (рис. 7) снижается с 25,92 до 0 мг/цикл за первые 0,11 с выбега и поддерживается на нулевом уровне до конца цикла выбега. Ускорение коленчатого вала изменяется не монотонно со средним размахом 39 с^2. Причем за первые 0,187 с выбега ускорение изменяется от 0 до минус 138 с^2, затем оно постепенно достигает значения минус 54 с^2 на 3,12 с выбега. В конце цикла выбе-

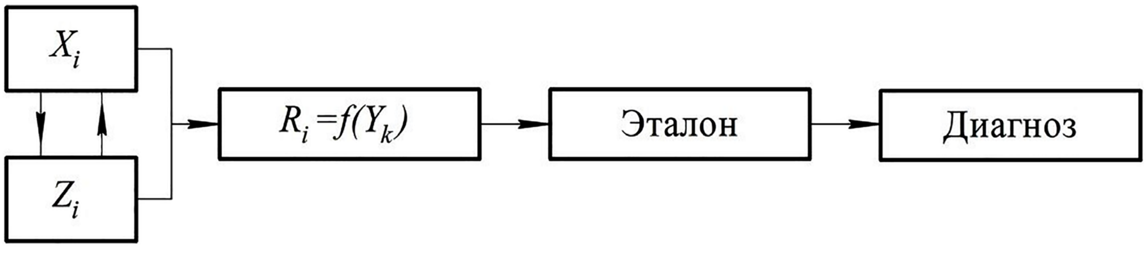


Рисунок 5 – Концептуальная модель диагностической системы ДВС
Figure 5 – Conceptual model of the internal combustion engine diagnostic system

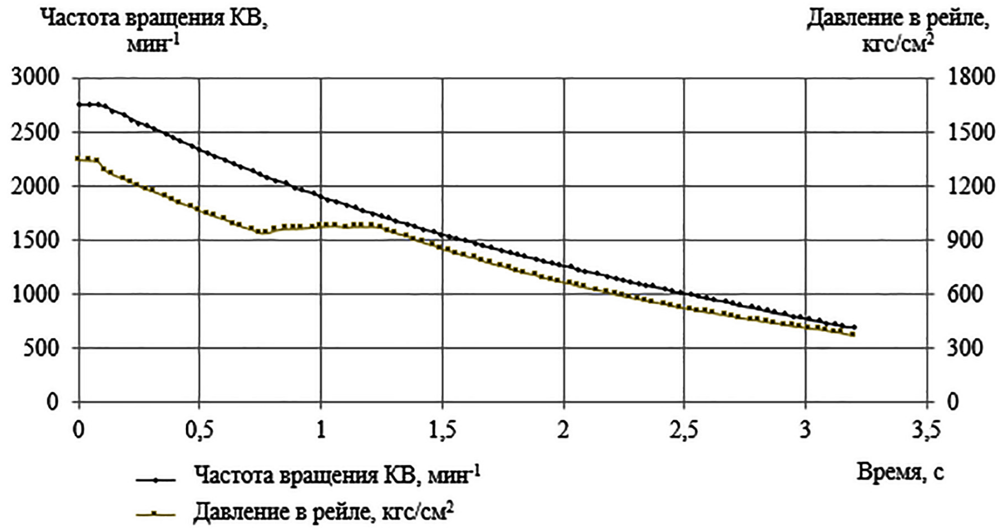


Рисунок 6 – Изменение частоты вращения коленчатого вала и давления топлива в рейле в процессе свободного выбега двигателя
Figure 6 – Change in the speed of the crankshaft and fuel pressure in the rail during the free run-out of the engine

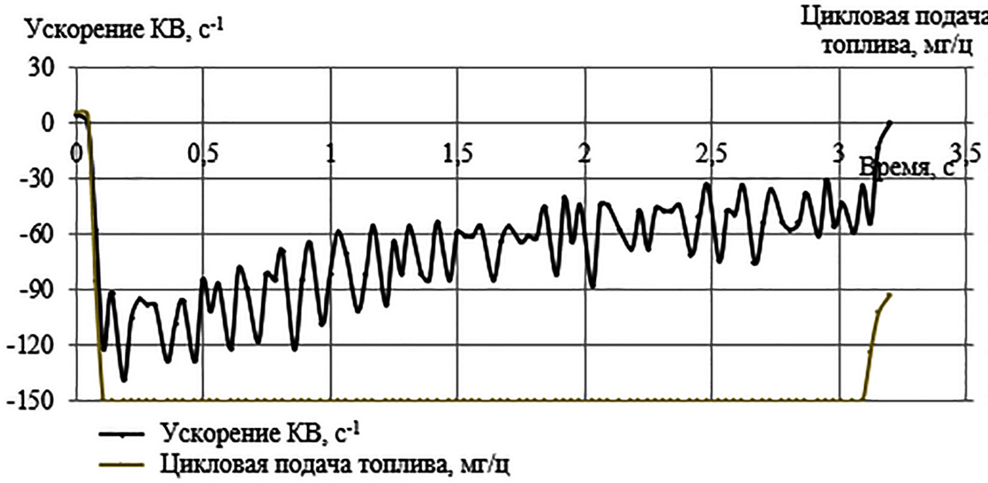


Рисунок 7 – Изменение ускорения коленчатого вала и цикловой подачи топлива в режиме свободного выбега двигателя
Figure 7 – Change in the acceleration of the crankshaft and the cyclic fuel supply in the free run-out mode of the engine

га ускорение коленчатого вала принимает нулевое значение за счет увеличения цикловой подачи топлива от 0 до 9,58 мг.

Суммарные реакции опор двигателя в режиме свободного выбега изменяются также не монотонно (рис. 8). Если в начале цикла выбега при частоте вращения коленчатого вала 2 751 мин$^{-1}$ размаха реакций опор практически не наблюдается, то в конце цикла выбега при изменении частоты вращения коленчатого вала в диапазоне 960–709 мин$^{-1}$ размах реакций достигает 1 270 Н.

Это связано с тем, что в процессе выбега на блок цилиндров двигателя оказывается периодическое силовое импульсное действие со стороны кривошипно-шатунного механизма. В результате в конце выбега частота собственных колебаний блока цилиндров двигателя совпадает с

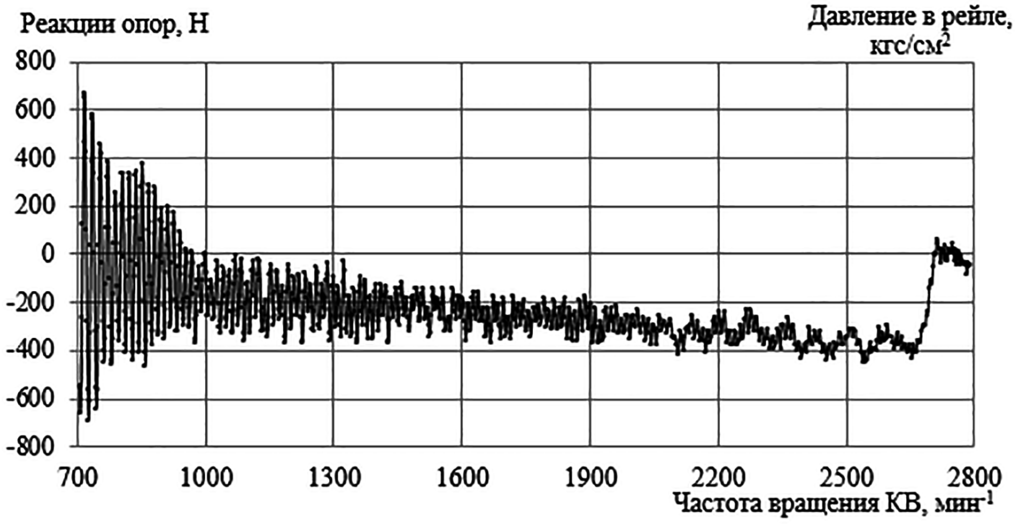


Рисунок 8 – Изменение суммарных реакций опор двигателя в процессе свободного выбега

Figure 8 – Change in the total reactions of the engine supports during the free run-out

частотой силового импульсного действия кривошипно-шатунного механизма, образуя резонансные явления.

Выбег сопровождается изменением реакций опор от нуля до минус 402 Н при снижении частоты вращения коленчатого вала от 2 751 до 2 663 мин$^{-1}$ (рис. 8). По мере снижения частоты вращения коленчатого вала с 2 663 до 960 мин$^{-1}$ величина реакций опор изменяется в среднем от 402 до 196 Н. При последующем снижении частоты вращения коленчатого вала до уровня 709 мин$^{-1}$, несмотря на большой размах, средние значения реакций опор достигают нулевого значения.

Крутящий момент на опорах в процессе свободного выбега двигателя изменяется аналогично реакциям опор. Наибольший размах значений также наблюдается при минимальной частоте вращения коленчатого вала в конце выбега и достигает 760 Нм. Максимальный крутящий момент на опорах наблюдается в начале выбега при частоте вращения коленчатого вала 2 663 мин$^{-1}$ и составляет минус 234 Нм. При последующем снижении ча-

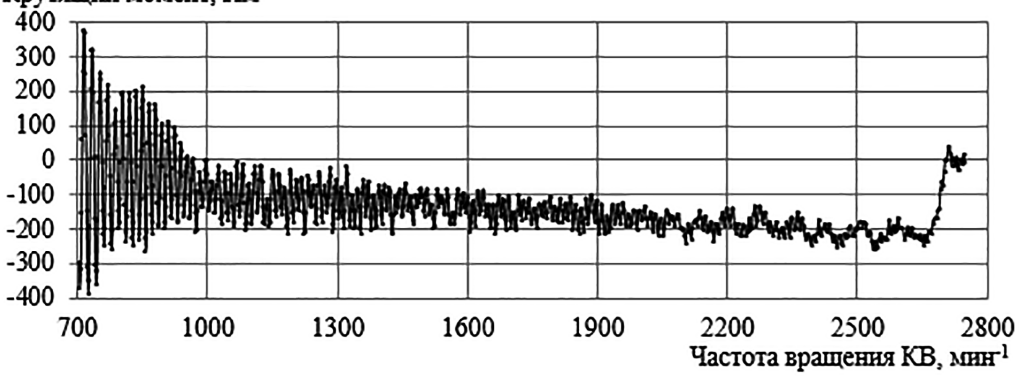


Рисунок 9 – Изменение крутящего момента на опорах в процессе свободного выбега

Figure 9 – Change of the torque on the supports during the free run-out

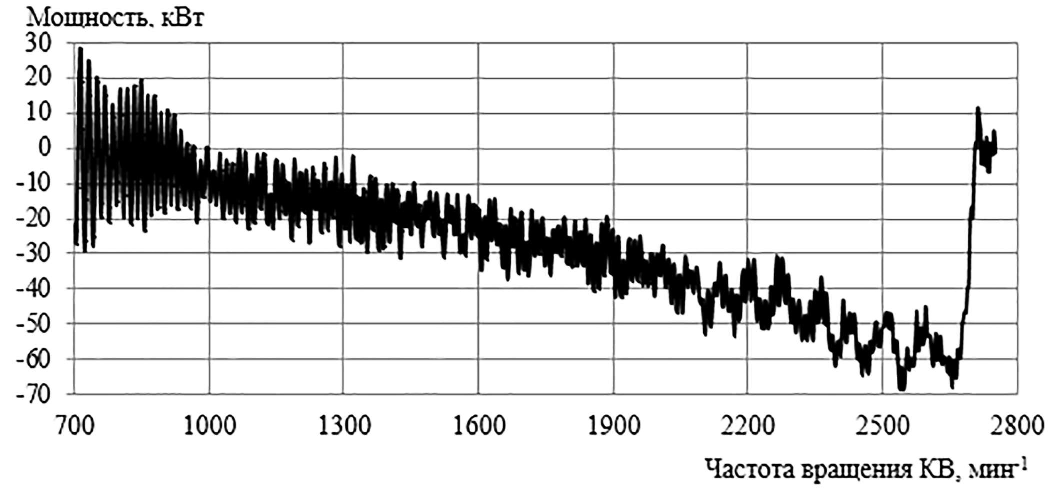


Рисунок 10 – Изменение мощности механических потерь двигателя в режиме свободного выбега
Figure 10 – Change in the power of mechanical losses of the engine in the free acceleration mode

стоты вращения коленчатого вала до уровня 960 мин$^{-1}$ крутящий момент достигает значения минус 93 Нм. В конце выбега при минимальной частоте вращения коленчатого вала среднее значение крутящего момента на опорах принимает нулевое значение (рис. 9).

Мощность механических потерь, исчисленная относительно текущего значения величины крутящего момента на опорах и соответствующего значения частоты вращения коленчатого вала, изменяется от нуля до минус 63 кВт при изменении частоты вращения коленчатого вала с 2 751 до 2 663 мин$^{-1}$; затем по мере уменьшения частоты вращения коленчатого вала до 709 мин$^{-1}$ принимает нулевое значение. Максимальный размах мощности наблюдается также при минимальной частоте вращения коленчатого вала и составляет 57 кВт (рис. 10).

Заключение. Предложенная концептуальная модель диагностической системы для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания, в сравнении с ранее известными подходами [13, 14], позволяет определить пути реализации нового направления при проектировании встроенных информационных измерительных систем контроля за функциональными характеристиками.

Модель позволяет на основе установленных функциональных связей осуществить переход к алгоритмизации изучаемой диагностической системы для разработки в дальнейшем научных и технологических основ ее применения.

При апробации элементов нового подхода, разработанного на основе полученной концептуальной модели, посредством проведения экспериментальных исследований на дизельном двигателе, установлено, что в процессе свободного выбега снижение частоты вращения коленчатого вала с 2 751 до 709 мин$^{-1}$ происходит в среднем за 3,2 с при максимальном значении ускорения коленчатого вала минус 138 с^{2}.

Максимальное значение величины реакций опор составляет 402 Н, крутящего момента на опорах – минус 234 Нм и мощности механических потерь соответственно минус 63 кВт, которые достигаются при частоте вращения коленчатого вала 2 663 мин$^{-1}$. Указанные факты свидетельствуют о высоком диагностическом потенциале измеряемого параметра – величины реакций опор.

Список источников

1. Михайлов М. Р., Жосан А. А. Оптимизация использования зерноуборочных комбайнов по параметрам надежности // Технология колесных и гусеничных машин. 2014. № 3. С. 17–27.

2. Ларионов В. И. Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники на современном этапе // Актуальные вопросы аграрной науки. 2015. № 15. С. 49–57.

3. Старостин И. А., Загоруйко М. Г. Материально-техническая база сельского хозяйства: обеспеченность тракторами и состояние тракторостроения // Аграрный научный журнал. 2020. № 10. С. 126–130. doi: 10.28983/asj.y2020i10pp126-130.

4. Охотников Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. 140 с.

5. Дзуганов В. Б., Апхудов Т. М., Болотоков А. Л., Губжоков Х. Л. Исследование работоспособности форсунок тракторных дизелей // Научная жизнь. 2022. Т. 17. № 6 (126). С. 965–972. doi: 10.35679/1991-9476-2022-17-6-965-972.

6. Akhmetov A. A., Karimov A. K., Kambarova D. U., Begmatov D. K. Issues of ensuring the operability of the mechanism for changing the base of a four-wheel tractor // Theoretical and Applied Science. 2021. No. 3 (95). P. 42–47. doi: 10.15863/TAS.2021.03.95.5.

7. Головин С. И., Ревякин М. М., Жосан А. А. К вопросу оценки условий эксплуатации и прогнозирования остаточного ресурса двигателей внутреннего сгорания // Агротехника и энергообеспечение. 2019. № 3. С. 103–110.

8. Филатов М. И., Пузаков А. В., Миркитанов В. И., Путрин А. С., Аверкиев А. А. Определение оптимальной периодичности диагностирования автотракторных генераторов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 61–64.

9. Потапов А. П. Формирование ресурсного потенциала аграрного производства как фактор обеспечения продовольственной безопасности России // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2021. № 3. С. 49–54.

10. Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А. Импульсно-силовой способ оценки технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя внутреннего сгорания // АгроЭкоИнфо. 2020. № 3. С. 25.

11. Сацкевич Н. Е., Курносов А. Ф., Галынский А. А. Интеллектуальная система диагностирования транспортных и технологических машин на основе идентифицированных импульсно-силовых характеристик двигателя // АгроЭкоИнфо. 2020. № 4. С. 30.

12. Патент № 2669224 Российская Федерация. Способ определения эффективной мощности двигателя внутреннего сгорания : № 2017104068 : заявл. 07.02.2017 : опубл. 09.10.2018 / Гуськов Ю. А., Курносов А. Ф. Бюл. № 28. 9 с.

13. Щитов С. В., Ус С. С., Маршанин Е. В., Кузнецов Е. Е. Применение современных цифровых приборов для фиксации параметров движения сельскохозяйственных агрегатов // Аграрный научный журнал. 2023. № 8. С. 147–154. doi: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154.

14. Кривуца З. Ф., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Оптимизация энергетических затрат транспортно-производственного процесса // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. № 4 (56). С.151–155. DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14063.

References

1. Mikhaylov M. R., Zhosan A. A. Optimization of the use of combine harvesters by reliability parameters. *Tehnologija kolesnyh i gusenichnyh mashin = Technology of Wheeled and Tracked Machines,* 2014;3:17–27 (in Russ.).

2. Larionov V. I. Improving the efficiency of the use of agricultural machinery at the present stage. *Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki,* 2015;15:49–57 (in Russ).

3. Starostin I. A., Zagoruyko M. G. Material and technical base of agriculture: availability of tractors and the state of tractor construction. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal,* 2020;10:126–130 (in Russ). doi: 10.28983/asj.y2020i10pp126-130.

4. Ohotnikov B. L. *Operation of internal combustion engines,* Ekaterinburg, Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2014, 140 p. (in Russ).

5. Dzuganov V. B., Aphudov T. M., Bolotokov A. L., Gubzhokov Kh. L. Study of the performance of tractor diesel injectors. *Nauchnaja zhizn',* 2022;17;6(126):965–972 (in Russ). doi: 10.35679/1991-9476-2022-17-6-965-972.

6. Akhmetov A. A., Karimov A. K., Kambarova D. U., Begmatov D. K. Issues of ensuring the operability of the mechanism for changing the base of a four-wheel tractor. Theoretical and Applied Science, 2021;3(95):42–47. doi: 10.15863/TAS.2021.03.95.5.

7. Golovin S. I., Revyakin M. M., Zhosan A. A. On the issue of assessing the operating conditions and forecasting the residual life of internal combustion engines. *Agrotehnika i energoobespechenie,* 2019;3:103–110 (in Russ.).

8. Filatov M. I., Puzakov A. V., Mirkitanov V. I., Putrin A. S., Averkiev A. A. Determination of the optimal frequency of diagnostics of automotive generators. *Izvestija Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2017;1(63):61–64 (in Russ.).

9. Potapov A. P. Formation of the resource potential of agricultural production as a factor in ensuring food security in Russia. *Regional'nye agrosistemy: ekonomika i sociologija,* 2021;3: 49–54 (in Russ.).

10. Kurnosov A. F., Guskov Yu. A. Pulse-power method for assessing the technical condition of the cylinder-piston group of an internal combustion engine. *AgroEkoInfo,* 2020;3:25 (in Russ.).

11. Sackevich N. E., Kurnosov A. F., Galynskiy A. A. Intelligent system for diagnosing transport and technological machines based on identified impulse-power characteristics of the engine. *AgroEkoInfo,* 2020;4:30 (in Russ.).

12. Guskov Yu. A., Kurnosov A. F. Method for determining the effective power of an internal combustion engine. *Patent RF, no 2669224 patenton.ru* 2018 Retrieved from https://patenton.ru/patent/RU2669224C2 (Accessed 10 August 2023) (in Russ.).

13. Shchitov S. V., Us S. S., Marshanin E. V., Kuznetsov E. E. Application of modern digital devices for fixation of parameters of movement of agricultural aggregates. *Agrarnyj nauchnyj zhurnal,* 2023;8:147–154 (in Russ.). doi: 10.28983/asj.y2023i8pp147-154.

14. Krivutsa Z. F., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Optimization of energy costs of the transport and production process. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik,* 2020;4(56):151–155 (in Russ.). DOI: 10.24411/1999-6837-2020-14063.

Статья поступила в редакцию 19.10.2023; одобрена после рецензирования 14.11.2023; принята к публикации 22.11.2023.

The article was submitted 19.10.2023; approved after reviewing 14.11.2023; accepted for publication 22.11.2023.

Информация об авторах

Курносов Антон Федорович, *кандидат технических наук, Новосибирский государственный аграрный университет, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3273-6229, AuthorID: 9904-7841, anton_kurnosov@mail.ru;*

Гуськов Юрий Александрович, *доктор технических наук, доцент, Новосибирский государственный аграрный университет, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7830-4990, AuthorID: 3666-7202, iinsau@yandex.ru*

Information about authors

Anton F. Kurnosov, *Candidate of Technical Sciences, Novosibirsk State Agrarian University, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3273-6229, AuthorID: 9904-7841, anton_kurnosov@mail.ru;*

Yuriy A. Guskov, *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Novosibirsk State Agrarian University, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7830-4990, AuthorID: 3666-7202, iinsau@yandex.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 631.35(571.61)
EDN BVAQTK

Определение оптимальных параметров комбинации рабочих органов культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области

Владимир Валерьевич Мазур[1], Константин Анатольевич Никульчев[2], Алексей Алексеевич Кувшинов[3], Владимир Александрович Сахаров[4]
[1, 2, 3, 4] Всероссийский научно-исследовательский институт сои
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] vmazur149@mail.ru, [2] nka@vniisoi.ru, [3] pzrk_igla1992@mail.ru, [4] sakharov.v.a@mail.ru

Аннотация. При разработке и использовании биологизированного земледелия необходимо снижать химическую нагрузку на почву. Применение химического способа борьбы с сорной растительностью приводит к появлению резистентности у некоторых видов сорняков к гербицидам, что требует увеличения доз внесения или разработки новых химических средств, и, в конечном итоге, приводит к большему загрязнению окружающей среды. Совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур призвано повысить уровень механизации, организовать правильный и своевременный уход за посевами, обеспечить качество обработки, гарантирующей реализацию потенциала сорта (гибрида) в данных климатических условиях. Важным элементом механизированного ухода за посевами кукурузы является междурядная обработка по уничтожению сорной растительности и улучшению водно-воздушного режима почвы. Цель исследования – определение оптимальных параметров культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области. Рассмотрены теоретические особенности процессов подрезания сорняков стрельчатой лапой и работа рыхлительной и плоскорежущей лап. По результатам применения культиватора с комбинациями: две односторонние плоскорежущие лапы (бритвы) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрельчатой лапой по центру междурядья; две универсальные стрельчатые лапы с перекрытием кромки рабочего органа с долотообразной лапой и игольчатыми дисками по центру междурядья, выбрана первая комбинация, как показавшая наилучшие предварительные результаты. Для определения режимных параметров рабочего процесса машинно-тракторного агрегата, состоящего из трактора и пропашного культиватора с выбранной ранее оптимальной комбинацией рабочих органов, проведен полнофакторный эксперимент 3^2. При рабочей скорости трактора 9,4–10 км/ч и глубине обработки 12,2–13,5 см достигнуто удаление более 60 % сорных растений в междурядьях посевов кукурузы.

Ключевые слова: кукуруза, междурядная обработка, культиватор

Для цитирования: Мазур В. В., Никульчев К. А., Кувшинов А. А., Сахаров В. А. Определение оптимальных параметров комбинации рабочих органов культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 197–208.

Original article

Determination of optimal parameters of cultivator working body combination for row-to-row processing of corn in Amur region

Vladimir V. Mazur[1], Konstantin A. Nikulchev[2], Alexey A. Kuvshinov[3], Vladimir A. Sakharov[4]
[1, 2, 3, 4] All-Russian Scientific Research Institute of Soybean
Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] vmazur149@mail.ru, [2] nka@vniisoi.ru, [3] pzrk_igla1992@mail.ru, [4] sakharov.v.a@mail.ru

Abstract. The development of biologization of agriculture focus on the necessity of soil chemical load reduction. The use of a chemical method of weed control leads to herbicide resistance in some weed species. It requires an increase in application dose or new chemical product designing, which ultimately will contribute to even greater environmental pollution. The development of crop cultivation technologies is aimed to enhance mechanization level, proper and timely care of crops, to ensure processing quality that guarantees realization of the variety (hybrid) potential in these climatic conditions. An important element of mechanized farming of corn crops is row-to-row treatment in order to destroy weeds and improve soil water-air regime. The objective of the work was to determine the optimal parameters of the cultivator for row-to-row processing of corn in Amur region. Theoretical features of weed cutting with a goose foot share, the work of chisel and scuffle knife were considered. Working bodies were applied in two combinations, two one-side scuffle knives (razors) with a goose foot share, and two universal goose foot shares with a chisel and wheel spiders. The first combination showed the best preliminary results and was selected as the most optimal. To determine the operating parameters of the working process of a machine-tractor unit consisting of a tractor and a tilled cultivator with the previously selected optimal combination of working bodies, a full-factor experiment 3^2 was conducted. With a tractor operating speed of 9.4–10 km/h and a processing depth of 12.2–13.5 cm, weed removal in the row spacing of corn crops was achieved by more than 60%.

Keywords: corn, row-to-row processing, cultivator

For citation: Mazur V. V., Nikulchev K. A., Kuvshinov A. A., Sakharov V. A. Determination of optimal parameters of cultivator working body combination for row-to-row processing of corn in Amur region. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:197–208 (in Russ.).

Введение. На Дальнем Востоке одной из стратегических культур, имеющих большое значение в экономике хозяйств, является кукуруза. Она занимает ведущее место по уровню и стабильности урожая зерна и играет роль страховой культуры среди зерновых. Необходимость производства кукурузы на зерно возрастает в связи с ростом потребности в концентрированных кормах для обеспечения животноводства в Амурской области.

Использование в течении десятилетий химических средств при производстве сельскохозяйственной продукции на фоне значительного роста продуктивности и увеличения продовольственной безопасности привело к появлению отрицательных явлений, связанных с загрязнением окружающей среды.

Биологические особенности выращиваемой культуры и климатические условия определенной зоны возделывания должны быть тесно связаны с технологией. Данное условие особенно важно при возделывании зерновой кукурузы, которая требует адаптивности к почвенно-климатическим условиям, особенностям выбранного гибрида и составу сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Главная задача технологии выращивания зерновой кукурузы в современных условиях – обеспечение раскрытия потенциала гибридов в рамках разработки и реализации биологизированного земледелия. Для ее решения проведен ряд исследований по улучшению элементов механизированной технологии ухода за широкорядными посевами зерновой кукурузы и уменьшению использования технологии с химической составляющей.

Правильный и своевременный уход за посевами кукурузы преимущественно и определяет величину урожая. Важным элементом механизированного ухода за широкорядными посевами кукурузы при возделывании на зерно является междурядная обработка, которая сводится в основном к уничтожению сорняков и улучшению водно-воздушного режима почвенных слоев [1, 2].

Почвенные гербициды вносятся после посева с заделкой зубовыми боронами. На полях Амурской области обработка посевов кукурузы включает использование гербицидов в фазу 3–5 листьев обрабатываемой культуры (2–4 листьев у сорняков) с одновременным внесением подкормки. Кроме химической прополки применяют междурядную культивацию с использование машинно-тракторного агрегата (трактор МТЗ-82 и культиватор КРН-5,6) с внесением второй подкормки [3].

В результате изучения различных технологий возделывания и методов ухода за посевами кукурузы установлено, что наибольшая урожайность и защита от сорняков достигаются при оптимальном сочетании химических и агротехнических способов ухода за посевами [4–6].

Учеными Азербайджана выявлено, что самое эффективное развитие растений кукурузы наблюдается при двух междурядных обработках (при норме высева, составляющей 47 тыс. семян на гектар и при внесении $N_{140}P_{100}$ + 20 тонн навоза), так и при замене второй междурядной обработки на обработку с окучиванием [5].

В условиях Ростовской области исследователями рассмотрены итоги трехлетнего изучения по действию междурядных обработок посевов кукурузы на плотность почвы, ее биологическую активность и продуктивность гибридов российского и иностранного производства. Выяснено, что междурядная обработка содействует уменьшению плотности почвы в слоях 0–5 и 5–10 см до оптимальных показателей. Урожайность зерна кукурузы при применении одной междурядной обработки увеличилась на 0,16 т/га, при двух обработках – на 0,20 т/га. В большей степени экономически выгодно проводить две междурядные обработки с дальнейшей защитой посевов от сорняков гербицидом Кассиус (0,05 кг/га) [6].

В 2016–2018 гг. в условиях лесостепной зоны Зауралья проводились исследования по влиянию механизированной обработки междурядий и гербицида на наличие засоренности в посевах при использовании гибрида кукурузы Обский 140. В варианте без использования химических средств защиты число сорняков к периоду уборки увеличилось до 189,7 шт./м^2. Выполнение одной обработки междурядий, проведенной в фазу 7–8 листа кукурузы на глубину от 3 до 5 см, обеспечило удаление сорняков до 29 %, но при этом отмечена низкая эффективность уничтожения многолетних сорняков. Применение гербицида Майстер Пауэр по рекомендации производителя обеспечило эффективность до 82 %, а вариант с совместным применением гербицида и междурядной обработки – до 88 % [7].

Исследования, проведенные в период 2017–2019 гг., в условиях лесостепной зоны Поволжья показали, что раннеспелые гибриды кукурузы в значительной мере реализовали свой потенциал и показали урожайность на уровне от 8,31 до 8,55 т/га зерна. Способы защиты посевов кукурузы от сорной растительности влияли как на уровень урожайности, так и на продуктивность, что объясняется разной степенью эффективности механизированной обработки междурядий и применения гербицида при защите культурных растений от сорняков. При междурядной обработке количество сорных растений в среднем составило 8,4 шт./м^2, притом, что при использовании гербицида оно достигало уровня 5,1 шт./м^2. Средняя урожайность зерна кукурузы при использовании гербицида увеличилась на 0,92 т/га по сравнению с применением механической обработки междурядий [8].

По результатам исследований, проведенных в условиях лесостепной зоны Западной Сибири, выполнено сравнение продуктивности гибридов кукурузы фуражного назначения при использовании в опытах следующих вариаций:

1) довсходовое и повсходовое боронование;

2) первая и вторая культивации междурядий;

3) гербицид Лазурит (обработка в фазу 7–9 листьев кукурузы от двудольных сорных растений).

Установлено, что за три года гибрид Обский 140 СВ по уровню урожайности зерна был в большей мере восприимчив на проведение совокупности механических приемов (проведение боронований и культиваций). При этом было получено 67,5 ц/га зерна. Применение гербицида Лазурит привело к низкому уровню урожайности – 50,4 и 62,8 ц/га у гибридов Кубанский 101 СВ и Обский 140 СВ соответственно. Механические приемы (два боронования и две междурядные культивации) и комплекс из довсходового боронования, применения гербицида и междурядной культивации привели к наибольшему выходу зерна у данных исследуемых гибридов: 61,9 и 70,3 ц/га соответственно [9].

В условиях орошения (степная зона Кабардино-Балкарии) в течение трех лет проведены испытания перспективного гибрида кукурузы Maisky 260MV. Изучена эффективность способов ухода за посевами при использовании агротехнологий различной интенсивности.

При завершении вегетационного периода выделен самый высокий уровень наличия сорных растений в посевах при использовании интенсивной технологии – 350 шт./м^2, при этом наблюдалась низкая урожайность зерна – 34,0 ц/га. Численность многолетних сорняков составила 130,0 шт./м^2. В базовом варианте: общая засоренность посевов – 110,0 шт./м^2, многолетних сорняков – до 120,0 шт./м^2, урожайность зерна – 42,5 ц/га. В результате уровень чистоты посевов составил 73,4 % (в пересчете на общее количество сорных растений), в том числе многолетние сорняки уничтожаются на 56,2 %, что приводит к формированию урожайности до уровня 47,6 ц/га и избавляет от потерь 13,6 ц/га зерна по сравнению с данными, полученными при использовании экстенсивной агротехники. В варианте технологии повышенной интенсивности данные показатели еще выше – 95,0 % гибели общей массы сорняков при урожайности зерна 50,8 ц/га с приростом до 16,8 ц/га [10].

С 1996 года генетически модифицированные, устойчивые к гербицидам культуры, особенно устойчивые к глифосату, внесли изменения в тактику, используемую производителями кукурузы, сои и хлопка для борьбы с сорняками. Сорняки приспосабливаются к обычной практике использования только глифосата. Производителям, использующим только один способ борьбы с сорняками, необходимо перейти на более разнообразный набор гербицидных, механических и культурных методов для поддержания эффективности глифосата [11].

Использование в условиях Амурской области обработки междурядий в посевах кукурузы культиватора с комбинациями, состоящими из двух односторонних плоскорежущих лап (бритв) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрельчатой лапой по центру междурядья и варианта из двух универсальных стрельчатых лап с перекрытием кромки рабочего органа, дополненного долотообразной лапой и игольчатыми дисками по центру междурядья обеспечило прибавку урожайности зерна относительно варианта с применением химических средств защиты на 7,34 и 5,88 ц/га, на фоне значительного улучшения фитосанитарного состояния посевов и улучшения агрофизических свойств почвы [12].

При выборе способа механической обработки междурядий в посевах кукурузы важным условием являются теоретическое обоснование воздействия на почву рабочих органов культиватора и экспериментальное подтверждение использования их комбинации.

Цель исследований – *определение оптимальных параметров культиватора для междурядной обработки кукурузы в условиях Амурской области.*

Материалы и методы исследований. Для улучшения водно-воздушного режима почвы, повышения ее аэрации с целью стимулирования развития корневой системы, уничтожения сорной растительности в период активного роста в широкорядных посевах кукурузы применяют пропашные культиваторы. По общепринятой системе технологий и машин для возделывания кукурузы на зерно в Амурской области предпочтение отдают системе ухода, основанной на использовании химических средств защиты растений (СЗР), которые высокоэффективны только при применении их в комплексе с агротехническими приемами [13].

Раздельное применение агротехнических приемов и СЗР снижает их эффективность, так как использование только химических СЗР не обеспечивает оптимальных условий для развития корневой системы, а агротехническая обработка междурядий сама по себе не способствует высокому качеству из-за недоступности уничтожения сорняков, расположенных вблизи культурных растений.

Теоретические особенности подрезания сорняков стрельчатой лапой. Лезвие стрельчатой лапы есть вершина двугранного угла, образованного фасками. Лезвие имеет свою толщину, которой определяется его острота. Резание лезвием не соответствует раскалыванию материала клином, образованным его фасками, тем самым действие лезвия не заменяется действием фасок.

При перемещении лезвия перпендикулярно его длине сила резания будет максимальной, но при резании с одновременным проскальзыванием вдоль длины лезвия, сила резания будет тем меньше, чем больше продольное передвижение относительно нормального.

Чем больше скольжение, тем меньше необходимая сила резания. Причина в том, что, во-первых, при скольжении лезвия по материалу вместо напряжений смятия (сжатия) возникают напряжения растяжения или касательные напряжения сдвига, а временное сопротивление на растяжение и сдвиг меньше, чем на сжатие (смятие); во-вторых, если длина режущего лезвия равна l, а резание происходит под углом $(90^\circ - \gamma)$ между нормалью и направлением скорости лезвия, то ширина полосы перерезаемого материала (рис. 1) становится равной уже не l, а определяется по формуле (1):

$$l \cos (90^\circ - \gamma) = l \sin \gamma < l \qquad (1)$$

Если лезвие передвигается под некоторым углом к нормали так, что, углубляясь в материал, одновременно проходит некоторый путь по касательной, то это еще не значит, что резание будет сопровождаться скольжением перерезаемого материала по лезвию.

Для резания со скольжением потребуются следующие условия:

1. Направление скорости лезвия должно составлять с нормалью к нему угол, превосходящий по размерам угол трения лезвия о разрезаемый материал.

2. Разрезаемый материал должен быть податлив (упруг, пластичен).

Если в почве передвигается лезвие (лапа культиватора), то сила его давления N на почву и на корень сорняка m направлена по нормали к лезвию (рис. 1).

Разлагаем силу N на составляющие: N_v по направлению скорости движения лезвия и N_T – вдоль лезвия.

Угол между направлением скорости и нормалью к лезвию равен $(90^\circ - \gamma)$, где γ – половина угла раствора лапы.

Трение корня сорняка о лезвие лапы отклоняет силу N на угол трения φ. Если $(90^\circ - \gamma > \varphi)$, то сила трения получает наибольшее значение, так как:

$$F_{max} = N \operatorname{tg}\varphi < N \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \gamma) \text{ или } N_T > F \qquad (2)$$

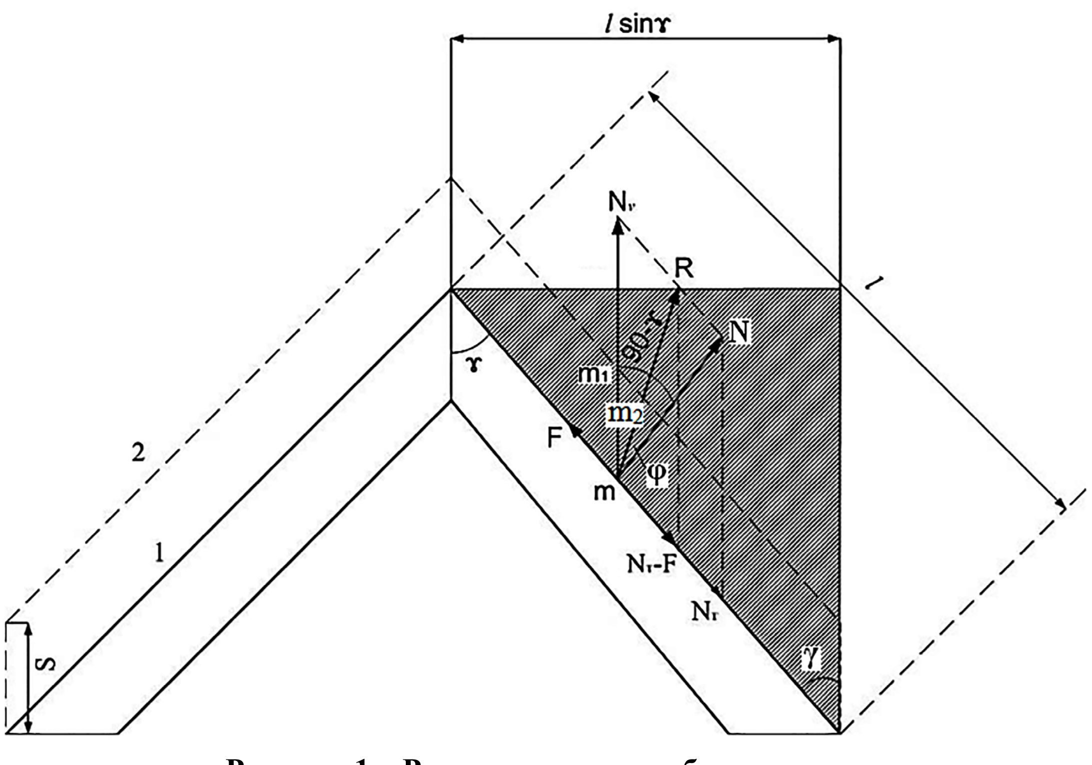


Рисунок 1 – Резание лезвием рабочего органа
Figure 1 – Cutting with a blade of working organ

В этих условиях на корень сорняка (или частицу почвы) действуют две силы: N_v и $(N_T - F)$, результирующей которых выступает сила R, направленная под углом φ к нормали N. Корень сорняка при резании должен передвигаться по направлению этой единственной силы R до тех пор, пока не произойдет срез.

Из этого следует, что при перемещении лапы из положения 1 в положение 2 на длину пути S, сорняк передвинется из точки m в точку m_2, то есть пройдет по лезвию путь $m_1 \times m_2$, если только он не будет срезан раньше. Так как сорняк проходит вдоль лезвия определенный путь, то резание происходит со скольжением.

Если бы имело место неравенство $(90^\circ - \gamma < \varphi)$, то сила трения F как реактивная была бы равна слагающей N_T, и корень сорняка передвигался бы по направлению силы N_v, то есть резание со скалыванием не происходило бы.

Следовательно, резание со скольжением возможно, если $(\gamma < 90^\circ - \varphi)$, то есть если половина угла раствора лапы меньше разности между $\pi/2$ и углом трения перерезаемого материала по металлу лапы.

Коэффициент скольжения или мера скольжения материала по лезвию есть отношение пути $m_1 \times m_2$, проходимого частицей материала по лезвию, к пути $m \times m_2$ передвижения этой же частицы в почве.

По теореме синусов получаем значение коэффициента скольжения (3):

$$l = \frac{\sin[(90^\circ - \gamma) - \varphi]}{\sin \varphi} = \frac{\cos(\gamma + \varphi)}{\sin \gamma} \qquad (3)$$

Коэффициент скольжения тем больше, чем меньше угол γ. Если $(90^\circ - \gamma = \varphi)$, или, что то же $(\gamma + \varphi = 90^\circ)$, то $l = 0$ и скольжения не происходит.

Рассмотрим теоретический аспект рабочего процесса рыхлительной лапы. Рабочие органы культиваторов-глубокорыхлителей и почвоуглубителей движутся в плотной, слежавшейся почве. Рабочие органы пропашных и обычных культиваторов для сплошной обработки, производящие обработку на глубину, меньшую толщины пахотного слоя, имеют дело с менее прочной почвой. В связи с этим имеются различия в их рабочем процессе.

Приближенно можно считать, что угол наклона рабочей поверхности лапы α и угол трения по ней почвы φ равны между собой (рис. 2).

Следовательно, можно допустить равенство (4):

$$\Psi = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi + \varphi'}{2} = 90^\circ - \left(\alpha + \frac{\varphi'}{2}\right) \qquad (4)$$

В этом случае направление площадки скалывания образует с нормалью к поверхности лапы угол, равный половине угла внутреннего трения.

Поперечное вертикальное сечение почвы, разрушаемой лапой, можно считать близким к равнобокой трапеции с нижним основанием b_0, равным ширине лапы, и верхним основанием b'_o, равным ширине разрыхленной почвы на поверхности поля.

Угол σ_1, расположенный в плоскости скалывания, равен половине внутреннего угла трения обрабатываемой почвы (5):

$$\sigma_1 = \frac{\varphi'}{2} \qquad (5)$$

Длину верхнего основания трапеции b'_0 можно определить по формуле (6):

$$b'_0 = b_0 + \frac{2\,a\,\mathrm{tg}\,\sigma_1}{\sin\psi} = b_0 + \frac{2\,a\,\mathrm{tg}\,\sigma_1}{\cos\left(\alpha + \frac{\varphi'}{2}\right)} \qquad (6)$$

На основании этого можно определить угол σ_2, который образует проекция направления скалывания на поперечную вертикальную плоскость:

$$\sigma_2 = \mathrm{arctg}\frac{b'_0 - b_0}{2a} = \mathrm{arctg}\frac{\mathrm{tg}\,\sigma_1}{\cos\left(\alpha + \frac{\varphi'}{2}\right)} \qquad (7)$$

Величина угла σ_1, а, следовательно, и ширина обрабатываемой лапой почвы на поверхности поля зависят от механических свойств почвы и меняются в широких пределах при изменении скорости движения лапы.

Действие рыхлительной лапы на почву в продольном направлении распространяется вперед на расстояние c (рис. 2), которое зависит от глубины хода α и от угла скалывания ψ:

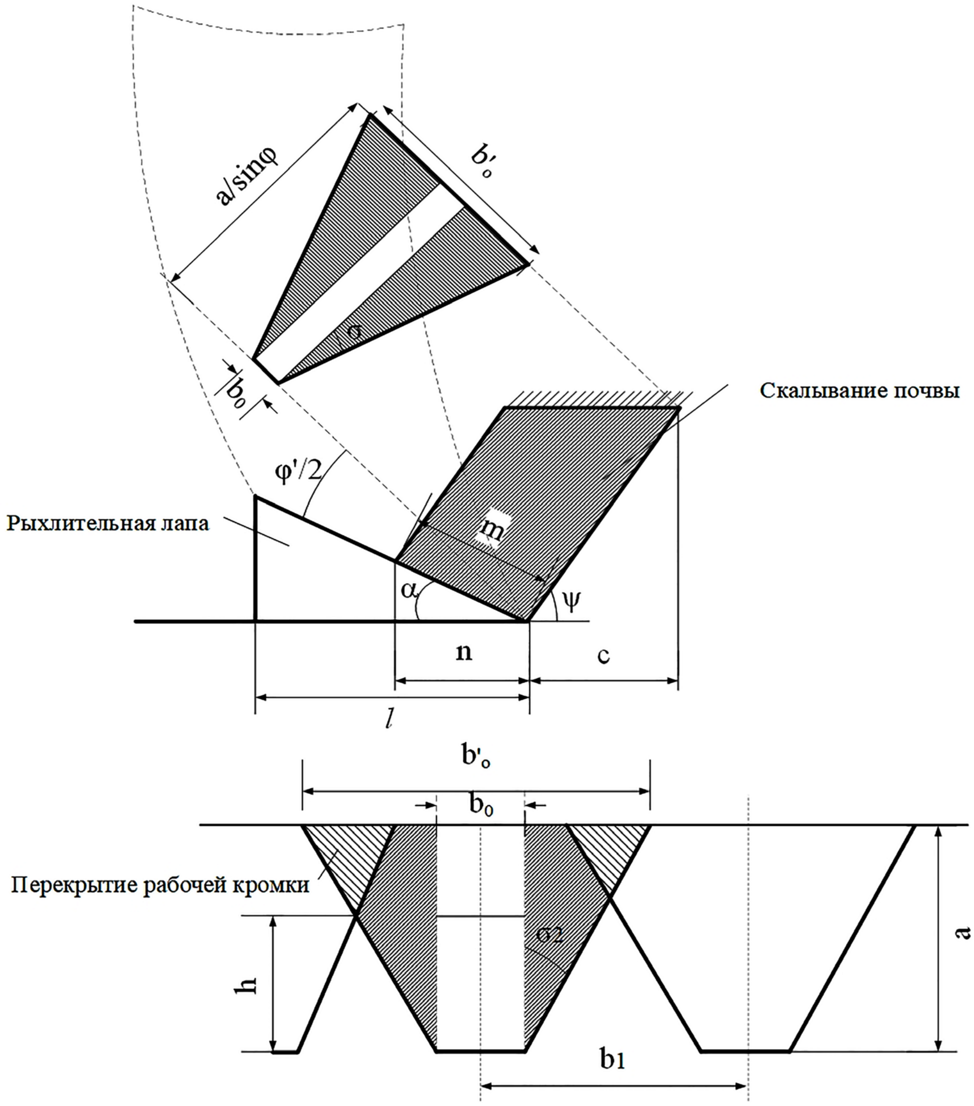


Рисунок 2 – Воздействие рыхлительной лапы на связную почву
Figure 2 – Impact of a chisel on cohesive soil

$$c = a\mathrm{ctg}\,\psi = a\,\mathrm{tg}(\alpha + \frac{\varphi'}{2}) \qquad (8)$$

Заглубление рыхлительной лапы облегчается тем, что она имеет небольшую опорную поверхность, поэтому удельное давление от веса культиватора оказывается больше сопротивления почвы смятию.

По мере погружения лапы в почву, при ее движении вперед, возрастает давление почвы на рабочую поверхность, что позволяет лапе углубиться до установленного предела.

Однако при значительном износе и затуплении рабочего органа на плотной почве давление от веса может оказаться недостаточным для заглубления лапы на требуемую глубину.

Теоретический аспект работы плоскорежущей лапы. Плоскорежущая лапа при движении перерезает встречающиеся перед ее лезвием корни, сдвигает почву вперед и в сторону, и рыхлит ее в большей или меньшей мере в зависимости от угла наклона рабочей поверхности.

Своеобразие условий, в которых протекает перерезание корней, состоит в том, что они находятся в сравнительно легко деформируемой почвенной среде, особенно если иметь в виду работу плоскорежущей лапы пропашного культиватора. Корни легко перемещаются в почве под воздействием давления лезвия лапы.

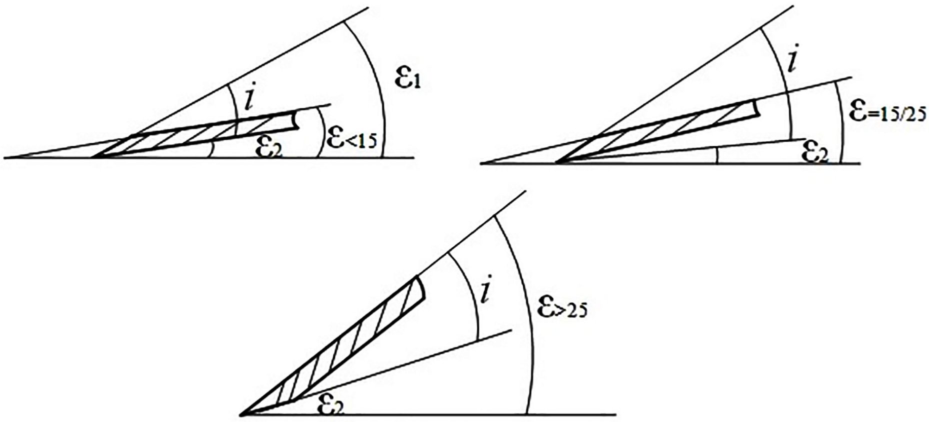


Рисунок 3 – Способы заточки лезвия лапы
Figure 3 – Ways to sharpen a shovel blade

Заточка лап лучше нижняя, так как расположенная сверху фаска способствует залипанию лапы. Однако при малом угле наклона поверхности (ε <15^o) приходится делать верхнюю заточку (рис. 3), чтобы был достаточной величины задний угол ε_2. При угле наклона поверхности лапы равном 15/25^o следует применять комбинированную заточку.

Корни, скользящие по груди лапы, поднимаются к передней стойке, увлекая с собой комья почвы. Это приводит к увеличению сопротивления рабочих органов. Стойка с заостренной передней гранью больше забивается, так как растительные остатки переламываются на ней и задерживаются.

Результаты исследований и их обсуждение. На рисунке 4 представлен экспериментальный культиватор для проведения исследований.

В целях определения режимных параметров работы трактора с выбранной ранее оптимальной комбинацией рабочих органов [12] (две плоскорежущие лапы и одна стрельчатая лапа по центру междуря-

а) б)

а) культиватор перед работой; б) культиватор во время работы

Рисунок 4 – Междурядная обработка посевов кукурузы на зерно
Figure 4 – Row-to-row processing of corn crops for grain

дья) экспериментальным культиватором проведен полнофакторный эксперимент плана 3^2.

Критерием оптимизации является доля подрезанных сорняков после прохода трактора с культиватором.

Уровни и интервалы варьирования факторов, представленных в таблице 1, выбирались на основании предварительных лабораторных и полевых исследований, в ходе которых были выявлены пределы варьирования рабочей скорости трактора с культиватором – 8–10 км/ч, глубины обработки – (9–11)–(15–17) см.

Выходной параметр (у) – доля подрезанных сорняков (в процентах).

Обработка результатов эксперимента производилась по методике, изложенной В. Н. Максимовым в работе «Многофакторный эксперимент в биологии» (1980). Полученные результаты представлены в таблице 2.

После раскодирования уравнение регрессии примет вид выражения (9):

$$y = 1501 - 201{,}15 \cdot V - 249{,}7 \cdot h + 34{,}06 \cdot h \cdot V + 9{,}57 \cdot h^2 - 1{,}31 \cdot h^2 \cdot V \quad (9)$$

По полученному уравнению регрессии в программе Sigma Plot v. 15 построены поверхность отклика и сечение ее поверхности, представленные на рисунке 5.

Из рисунка видно, что при соблюдении скоростного режима в пределах от 9,4 до 10 км/ч и глубины обработки почвы от

Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования

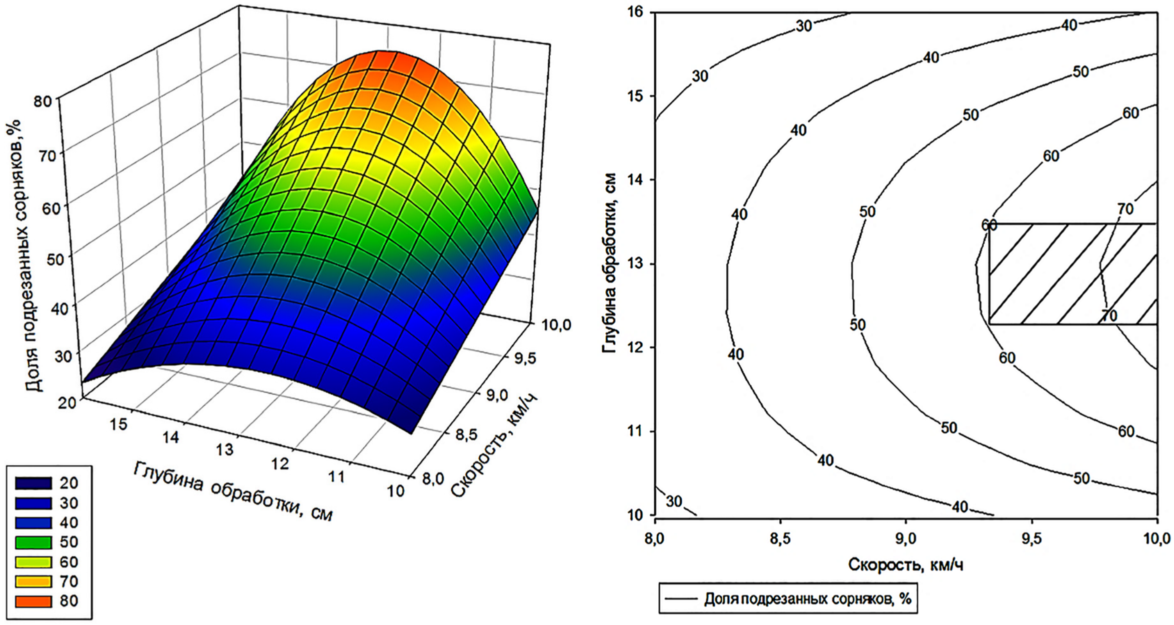
Table 1 – Factors and levels of variation

Факторы	Рабочая скорость трактора с культиватором (*v*), км/час	Глубина обработки (*h*), см
Обозначение	x_1	x_2
Верхний уровень (+1)	10	15–17
Основной уровень (0)	9	12–14
Нижний уровень (–1)	8	9–11

Таблица 2 – Средние значения результатов полнофакторного эксперимента по междурядной культивации посевов кукурузы в 2022 году, гибрид «Фалькон» (междурядье 70 см)

Table 2 – Average values of the results of a full-factor experiment on row-to-row cultivation of corn crops in 2022, hybrid "Falcon" (row spacing 70 cm)

Номер опыта	x_1, рабочая скорость трактора с культиватором, км/ч	x_2, глубина обработки, см	Доля подрезанных сорняков после прохода трактора с культиватором, %
1	8	9–11	28,0
2	9	9–11	37,5
3	10	9–11	46,0
4	8	12–14	35,0
5	9	12–14	53,0
6	10	12–14	75,5
7	8	15–17	24,0
8	9	15–17	31,8
9	10	15–17	39,8
Примечание: в расчете использованы средние значения x_2.			



а) б)

а) поверхность отклика; б) сечение поверхности отклика

Рисунок 5 – Влияние рабочей скорости трактора с культиватором и глубины обработки на долю подрезанных сорняков

Figure 5 – Impact of working speed of a tractor with a cultivator and processing depth on cut weed proportion

12,2 до 13,5 см обеспечивается подрезание сорной растительности на величину более чем 60 %.

Заключение. *Механической обработкой посевов кукурузы невозможно достичь высокой степени уничтожения сорняков, расположенных в ряду и вблизи культурных растений. Однако экспериментальные исследования показали, что при использовании культиватора с комбинацией, состоящей из двух односторонних плоскорежущих лап (бритв) с перекрытием кромки рабочего органа в сочетании со стрельчатой лапой по центру междурядья, в диапазоне рабочей скорости трактора от 9,4 до 10 км/ч и при глубине обработки почвы от 12,2 до 13,5 см, возможно достичь более 60 % удаления сорняков.*

Список источников

1. Азубеков Л. Х., Кушхабиев А. З., Урусов А. К., Кагермазов А. М. Современные методы возделывания кукурузы // Земледелие. 2014. № 5. С. 31–32. EDN: SUACMH.

2. Бижоева Т. П., Бижоев Р. В., Сарбашева А. И., Кушхабиев А. З. Формирование урожая сельскохозяйственных культур зерно-травяно-пропашного и зерно-пропашного севооборотов в различных условиях водного и минерального питания в степной зоне Центрального Предкавказья // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6 (98). С. 133–144. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-133-144.

3. Петренко Е. С., Эрнст О. Г., Смолянинова Н. О., Ахалбедашвили Д. В. Особенности технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–7. С. 1266–1269. EDN: XHJJYR.

4. Панфилов А. Э., Цымбаленко И. Н., Казакова Н. И., Саитов С. Б. Взаимодействие гербицидов кросс-спектра и междурядных обработок в комбинированных схемах контроля засоренности кукурузы // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 295–302. EDN: YUPJGF.

5. Chaplygin M. E., Podzorov A. V., Podzorova M. V., Alchimbayeva A. Modern approaches to technology of cultivation of corn // E3S Web of Conferences. Sevastopol : EDP Sciences, 2020. P. 01032. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301032.

6. Авдеенко А. П., Дудник В. В. Эффективность междурядных обработок при выращивании среднеранних гибридов кукурузы на зерно // АгроЭкоИнфо. 2019. № 2 (36). С. 19. EDN: JVJRDC.

7. Демин Е. А. Влияние междурядной обработки и гербицида на засоренность посевов кукурузы в условиях лесостепной зоны Зауралья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (66). С. 25–29. EDN: XTJIHR.

8. Тойгильдин А. Л., Подсевалов М. И., Аюпов Д. Э., Тюрин А. В. Продуктивность гибридов кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52). С. 56–64. DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-56-64.

9. Кашеваров Н. И., Полищук А. А., Лебедев А. Н., Понамарева В. И., Хазов М. В. Приемы ухода при возделывании различных по скороспелости гибридов кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Западной Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (62). С. 31–36. DOI: 10.31677/2072-6724-2022-62-1-31-36.

10. Тарчоков Х. Ш., Бжинаев Ф. Х, Матаева О. Х. Эффективность приемов ухода на посевах кукурузы в агротехнологиях нового поколения // Научная жизнь. 2021. Т. 16. № 8. С. 1039–1050. DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1039-1050.

11. Green J. M., Owen M. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. No. 59 (11). P. 5819–5829. DOI: 10.1021/jf101286h.

12. Никульчев К. А., Мазур В. В., Кувшинов А. А. Совершенствование элементов технологии возделывания кукурузы на зерно в условиях Амурской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 514–523. DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60.

References

1. Azubekov L. H., Kushkhabiev A. Z., Urusov A. K., Kagermazov A. M. Modern methods of cultivation of corn. *Zemledelie,* 2014;5:31–32 (in Russ.). EDN: SUACMH.

2. Bizhoeva T. P., Bizhoev R. V., Sarbasheva A. I., Kushkhabiev A. Z. Formation of the harvest of agricultural crops of grain-herbal and grain-massed crop rotations under different conditions of water supply and mineral nutrition in the steppe zone of the Central Ciscaucasia. *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN,* 2020;6(98):133–144 (in Russ.). DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-133-144.

3. Petrenko E. S., Ernst O. G., Smolyaninova N. O., Akhalbedashvili D. V. Features of technology of cultivation of corn for grain in conditions of the Amur region. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij,* 2016;12(7):1266–1269 (in Russ.). EDN: XHJJYR.

4. Panfilov A. E., Tsymbalenko I. N., Kazakova N. I., Saitov S. B. Interaction of cross-spectrum herbicide and inter-row treatments in combined schemes of corn controlling corn weed infestation. *APK Rossii,* 2017;24(2):295–302 (in Russ.). EDN: YUPJGF.

5. Chaplygin M. E., Podzorov A. V., Podzorova M. V., Alchimbayeva A. Modern approaches to technology of cultivation of corn. Proceedings from E3S Web of Conferences. (PP. 01032), Sevastopol, EDP Sciences, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301032.

6. Avdeenko A. P., Dudnik V. V. Efficiency of row-to-row treatments in the cultivation of medium-early corn hybrids for grain. *AgroEcoInfo,* 2019;2(36):19 (in Russ.). EDN: JVJRDC.

7. Demin E. A. The effect of row-to-row processing and herbicide on the contamination of corn crops in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2021;3(66):25–29 (in Russ.). EDN: XTJIHR.

8. Toigildin A. L., Podsevalov M. I., Ayupov D. E., Tyurin A. V. Productivity of corn hybrids for grain depending on cultivation methods in the conditions of the Volga forest-steppe zone. *Vestnik Ul'yanovskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii,* 2020;4(52):56–64 (in Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2020-4-56-64.

9. Kashevarov N. I., Polishchuk A. A., Lebedev A. N., Ponamareva V. I., Khazov M. V. Care methods for the cultivation of maize hybrids with different early maturity in the forest-steppe

zone of Western Siberia. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2022;1(62):31–36 (in Russ.). DOI: 10.31677/2072-6724-2022-62-1-31-36.

10. Tarchokov Kh. Sh., Bzhinaev F. Kh., Mataeva O. Kh. The effectiveness of care techniques for corn crops in new generation agricultural technologies. *Nauchnaya zhizn',* 2021;16(8):1039–1050 (in Russ.). DOI: 10.35679/1991-9476-2021-16-8-1039-1050.

11. Green J. M., Owen M. Herbicide-resistant crops: utilities and limitations for herbicide-resistant weed management. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011;59(11):5819–5829. DOI: 10.1021/jf101286h.

12. Nikulchev K. A., Mazur V. V., Kuvshinov A. A. Improving the elements of corn cultivation technology for grain in the Amur region. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie,* 2022;4(68):514–523 (in Russ.). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-60.

Статья поступила в редакцию 12.10.2023; одобрена после рецензирования 28.11.2023; принята к публикации 05.12.2023.

The article was submitted 12.10.2023; approved after reviewing 28.11.2023; accepted for publication 05.12.2023.

Информация об авторах

Мазур Владимир Валерьевич, *научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0001-9544-2140, Author ID: 1051393, vmazur149@mail.ru;*

Никульчев Константин Анатольевич, *кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-5153-8076, Author ID: 704323, nka@vniisoi.ru;*

Кувшинов Алексей Алексеевич, *кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, pzrk_igla1992@mail.ru;*

Сахаров Владимир Александрович, *старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт сои, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sakharov.v.a.@mail.ru*

Information about the authors

Vladimir V. Mazur, *Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0001-9544-2140, Author ID: 1051393, vmazur149@mail.ru;*

Konstantin A. Nikulchev, *Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-5153-8076, Author ID: 704323, nka@vniisoi.ru;*

Alexey A. Kuvshinov, *Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0002-6332-5406, Author ID: 898389, pzrk_igla1992@mail.ru;*

Vladimir A. Sakharov, *Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Soybean, ORCID: 0000-0003-3471-301X, Author ID: 959033, sakharov.v.a.@mail.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 663.18
EDN CDQZUR

Технология получения микробного белка из дрожжей

Антон Павлович Неустроев[1], Сергей Леонидович Тихонов[2], Наталья Валерьевна Тихонова[3]
[1] Уральский государственный экономический университет
Свердловская область, Екатеринбург, Россия
[2, 3] Уральский государственный аграрный университет
Свердловская область, Екатеринбург, Россия
[1] anton_neustroev@bk.ru, [2, 3] tihonov75@bk.ru

Аннотация. Разработана технология получения микробного белка на основе дрожжевых грибов *Saccharomyces cerevisiae*, состоящая из приготовления рабочего раствора в виде 10 % суспензии дрожжей; активации нуклеаз хлоридом натрия (0,1 Н) при условии кислотности не ниже 9,0 pH и температуры 40 °С в течение 60 минут; центрифугирования биомассы; отделения культуральной жидкости; внесения ферментов; высушивания и измельчения. Исследован процесс ферментативного гидролиза прессованных дрожжей протеолитическими ферментными препаратами Протосубтилин, Папаин и Бромелайн в различных дозировках (1–5 %) к общей массе сырья и воды. Условия для процесса протекания ферментации следующие: Протосубтилин (6,5 pH, 40 °С в течение 12 часов), Папаин (8,75 pH, 40 °С в течение 12 часов), Бромелайн (5,5 pH, 40 °С в течение 12 часов). В результате ферментативного гидролиза высокий выход белка (45,6 %) наблюдался при гидролизе Бромелайном в дозировке 4 %. При внесении ферментного препарата Бромелайн в количестве 5 % повышается содержание свободных аминокислот пролина, цистина и метионина в полученном белковом микробном препарате по сравнению с ферментом Протосубтилином. При внесении Папаина в дозировке 4 % увеличивается содержание аспаргиновой кислоты, лизина, гистидина, метионина по сравнению с Протосубтилином и Бромелайном. Следовательно, каждый из исследуемых ферментных препаратов, несмотря на свою специфичность, обладает разной способностью к ферментации.

Ключевые слова: технология, микробный белок, ферментативный гидролиз, аминокислотный состав

Для цитирования: Неустроев А. П., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Технология получения микробного белка из дрожжей // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 209–217.

Original article

Technology for obtaining microbial protein from yeast

Anton P. Neustroev[1], Sergey L. Tikhonov[2], Natalya V. Tikhonova[3]
[1] Ural State University of Economics, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Russia
[2, 3] Ural State Agrarian University, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Russia
[1] anton_neustroev@bk.ru, [2, 3] tihonov75@bk.ru

Abstract. A technology of obtaining microbial protein based on yeast fungi *Saccharomyces cerevisiae* has been developed. This technology includes preparing of working solution in a form of 10% yeast suspension, activation of nucleases with sodium chloride (0.1 H) under the condition of an acidity of at least 9.0 pH and a temperature of 40 °C for 60 minutes; centrifugation of biomass; separation of culture liquid; introduction of enzymes; drying and grinding. The process of enzymatic hydrolysis of pressed yeast with proteolytic enzyme preparations Protosubtilin, Papain and Bromelain in various dosages (1–5%) to the total mass of raw materials and water has been investigated. The conditions for the fermentation process are as follows: Protosubtilin (6.5 pH, 40 °C for 12 hours), Papain (8.75 pH, 40 °C for 12 hours), Bromelain (5.5 pH, 40 °C for 12 hours). As a result of enzymatic hydrolysis, a high protein yield of 45.6% is observed at 4% Bromelain hydrolysis. When Bromelain is applied in a quantity of 5% the content of free amino acids of proline, cystine and methionine in the resulting protein microbial preparation increases in comparison with the enzyme Protosubtilin. When Papain is applied in a quantity of 4%, the content of aspartic acid, lysine, histidine, and methionine increases compared to Protosubtilin and Bromelain. Consequently, each of the studied enzyme preparations, despite its specificity, has different fermentation ability.

Keywords: technology, microbial protein, enzymatic hydrolysis, amino acid composition

For citation: Neustroev A. P., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Technology for obtaining microbial protein from yeast. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:209–217 (in Russ.).

Введение. Разработка, внедрение в производство и употребление обогащенных пищевых продуктов позволяют ликвидировать дефицит макро- и микронутриентов в питании человека [1].

Одним из перспективных путей решения проблемы недостатка белка в рационе человека является изучение потенциала белка микроорганизмов. Высушенные клетки микроорганизмов (водорослей, бактерий, актиномицетов и грибов), используемых в качестве пищи и кормов, известны под общим названием «микробный белок» [2–4]. Перспективность использования белка дрожжей в технологии пищевой продукции определяется тем, что различные штаммы дрожжей быстро генерируют биомассу из самых разных субстратов – от органических отходов (например, банановой кожуры) до газов (например, метана) [5].

Дрожжи способны расти на различных субстратах, они отличаются высоким содержанием протеинов (45–55 % высушенной массы), а также витаминов группы В [6]. Кроме того, они могут расти при пониженном уровне pH и очень малы по своим размерам, что облегчает их набор. Существенным плюсом является их изученность и удобство ввиду продолжительного применения в традиционной биотехнологии. Также дрожжи содержат большое количество лизина в отличие от других микроорганизмов.

Вид дрожжей, используемых для извлечения микробного белка, определяется штаммом-гриба продуцента и средой, в которой он выращен. В качестве штамма-продуцента могут быть использованы: *Candida, Saccharomyce, Hansenula, Torulopsis* и др. [7, 8].

Технология получения белка из биомассы дрожжей заключается в том, что используется денуклеинизированная биомасса хлебопекарных дрожжей. Сущность технологии состоит в очистке белковой фракции с дальнейшим получением белковых изолятов [9].

Микробный белок можно получить из нового штамма дрожжей – *Metschnikowia pulcherrima ВКПМ Y-4340*. Для размножения дрожжей необходимы условия: температура 28–30 °С на пивном сусле, сусло-агар, среда Сабуро и гидролизат полисахаридов [10].

Авторами работы [11] исследована возможность применения комплексных растительных питательных сред при производстве микробного белка. В качестве продуцента микробной биомассы выбран штамм дрожжей рода *Candida Scotti*. Установлено, что для большего выхода белка требуется высокая концентрация сахара в субстрате и максимально взятое количество дрожжей на засев.

Зарубежные ученые разработали технологию производства одноклеточного белка [12]. Такой белок был получен путем культивирования соответствующих микробов на различных субстратах, таких как крахмал, кукурузные початки, сыворотка, пшеница, гидролизаты крахмала, углеводороды, спирты, патока и жмых сахарного тростника. Основными преимуществами вышеуказанной технологии являются сокращение времени производства и возможность производства при любых климатических условиях.

Технология получения микробного белка из дрожжевых грибов *Saccharomyces cerevisiae* по сравнению с белком растительного и животного происхождения имеет свои преимущества: высокие скорость роста микроорганизмов и содержание белка в биомассе.

Тем не менее микробный белок и пищевые продукты с его использованием отсутствуют на потребительском рынке, что, возможно, связано с несовершенной технологией производства.

Цель работы *состоит в совершенствовании технологии получения микробного белка из дрожжевых грибов Saccharomyces cerevisiae с использованием протеолитических ферментов.*

Материалы и методы исследований. Для получения дрожжевой суспензии были взяты прессованные дрожжи фирмы «Люкс» (ТУ 10.89.13–038–48975583–2018). Изготовитель: ООО «САФ-НЕВА», Россия.

В качестве объекта исследований использован микробный белок, полученный из биомассы дрожжевых грибов *Saccharomyces cerevisiae,* и протеолитические ферменты (Протосубтилин, Папаин (EC 3.4.22.2) и Бромелайн (EC 3.4.22.33)).

Содержание белка определяли в соответствии с требованиями государственного стандарта ГОСТ Р 57221–2016 «Дрожжи кормовые. Методы испытаний».

Установление аминокислотного состава белкового препарата осуществляли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на жидкостном хроматографе Agilent 1260 Infinity II.

Результаты исследований. Для гидролиза белка дрожжевых грибов *Saccharomyces cerevisiae* нами выбраны ферментные протеолитические препараты (Протосубтилин, Папаин и Бромелайн).

Протосубтилин – бактериальный ферментный препарат, катализатор гидролиза высокомолекулярных белков. *Папаин* – полипептид, протеолитический фермент растительного происхождения, получаемый из папайи.

Папаин представляет собой протеолитический фермент из латекса тропической папайи. Он активен при 5,0–9,0 pH и стабилен при температурах 80 или 90 °C в присутствии субстратов. Ниже 2 pH этот фермент полностью и необратимо инактивируется и остается стабильным в растворах, содержащих мочевину [13].

Бромелайн – протеолитический растительный фермент, смесь протеаз. Он составляет 30–40 % от общего количества белка фруктов и почти 90 % протеолитически активного материала плодов ананаса. Фруктовый бромелайн обладает высокой протеолитической активностью по сравнению со стеблевым бромелайном, с широким оптимумом кислотности для синтетических и белковых субстратов, хотя большинство анализов проводят при нейтральном уровне pH [14].

Технология приготовления микробного белка следующая. Приготовление рабочего раствора в виде 10 % суспензии дрожжей (100 кг прессованных дрожжей на 50 л воды).

Активацию нуклеаз проводили хлоридом натрия (0,1 Н) при условии кислотности не ниже 9,0 pH и температуры 40 °C в промежутке времени 60 минут в термостате. После процесса расщепления нуклеаз центрифугировали биомассу в течение 3 минут при 3 000 оборотах в минуту.

В результате центрифугирования отделилась культуральная жидкость и микробный белок. Отделили культуральную жидкость и ввели ферментные препараты Протосубтилин, Папаин и Бромелайн в соотношении от 2–4 % к получившейся массе белкового препарата.

Термостатировали при температуре 40 °C в течение 12 часов. Затем достали препарат из микробного белка из термостата и направили на сушку в сушильный шкаф при температуре 60–65 °C в течение 24 часов. Измельчили микробный препарат в порошкообразное состояние дисперсностью до 10 мкм.

Схема способа производства микробного препарата из дрожжей рода *Saccharomyces* представлена на рисунке 1.

Процесс ферментации проводили при различных дозировках ферментных препаратов: 1, 2, 3, 4, 5 % каждого фермента к общей массе сырья и воды.

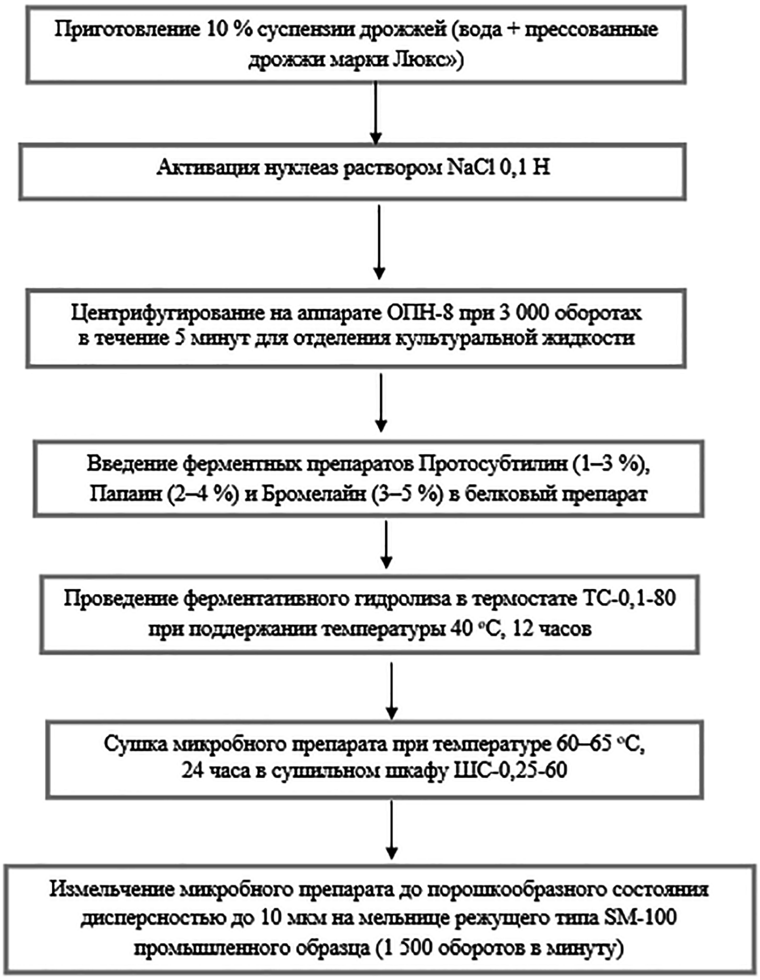


Рисунок 1 – Промышленная схема получения микробного препарата из прессованных дрожжей рода *Saccharomyces cerevisiae*

Figure 1 – Industrial scheme for obtaining a microbial preparation from pressed yeast of the genus *Saccharomyces cerevisiae*

Условия для процесса протекания ферментации:

Протосубтилин (6,5 pH, 40 °С в течение 12 часов); *Папаин* (8,75 pH, 40 °С в течение 12 часов); *Бромелайн* (5,5 pH, 40 °С в течение 12 часов).

В таблице 1 представлено влияние продолжительности ферментативного гидролиза на количественное содержание белка в микробном препарате.

Наибольший выход белка (45,6 %) установлен при гидролизе белка Бромелайном в концентрации 4 % от массы субстрата. С добавлением Папаина наблюдается снижение содержания белка на 6,6 % по сравнению с Папаином с концентрацией 2 %. Внесение Протосубтилина в количестве 2 % привело к повышению содержания белка на 1,41 % по сравнению с Протосубтилином в количестве 1 %.

Содержание аминокислот в зависимости от концентрации вносимых ферментных препаратов представлено в таблицах 2–4.

Внесение в белковый препарат протеолитических ферментов приводит к увеличению содержания свободных аминокислот. В микробном препарате выделено 17 аминокислот. Наибольшее содержание аминокислот отмечается при ферментативном гидролизе Протосубтилином в количестве 3 % (табл. 2).

При этом содержание валина было выше по сравнению с концентрацией 1 % на 10,16 %; изолейцина на 22,58; лейцина на 17,43; лизина на 8,71; метионина на

Таблица 1 – Влияние продолжительности ферментативного гидролиза на количественное содержание белка в микробном препарате

Table 1 – Effect of enzymatic hydrolysis duration on the quantitative protein content in a microbial preparation

Показатели	Протосубтилин, %			Бромелайн,%			Папаин, %		
	1	2	3	3	4	5	2	3	4
Время ферментативного гидролиза, час	12			12			12		
Количественное содержание белка, %	40,39	41,8	41,2	43,8	45,6	42,3	39,0	39,5	38,7

Таблица 2 – Содержание аминокислот в микробном препарате в результате обработки ферментным препаратом Протосубтилин

Table 2 – Content of amino acids in microbial preparation as a result of treatment with enzyme preparation Protosubtilin

В мг/100 г (in mg/100 g)

Название аминокислоты	Концентрация вносимого Протосубтилина, %		
	1	2	3
Валин	362,2	385,0	399,9
Изолейцин	305,5	347,6	374,5
Лейцин	1 520,3	1 600,3	1 785,3
Лизин	1 950,3	1 985,3	2 120,3
Метионин	198,5	209,5	219,0
Треонин	937,8	998,5	1 250,3
Фенилаланин	1 061,5	1 102,5	1 208,9
Аланин	1 025,3	1 080,5	1 100,3
Аргинин	1 034,6	1 058,9	1 096,3
Аспаргиновая кислота	1 054,6	1 095,3	1 100,9
Гистидин	843,0	945,2	1 049,3
Глицин	924,3	978,2	997,8
Глутаминовая кислота	2 145,3	2 162,3	2 198,5
Пролин	856,3	885,3	925,6
Серин	1 021,5	1 056,8	1 142,3
Цистин	86,3	80,3	85,9
Тирозин	879	864,2	865,8
Всего	16 206,3	16 835,7	17 920,8

10,32; треонина на 33,32; фенилаланина на 13,88; аланина на 7,31; аргинина на 5,96; аспаргиновой кислоты на 4,39; гистидина на 24,47; глицина на 7,95; глутаминовой кислоты на 2,47; пролина на 8,09; и серина на 11,82 процентов.

Повышенное накопление для изучаемых аминокислот отмечается при ферментативном гидролизе Папаином при внесении ферментного препарата в соотношении 4 % (табл. 3).

Наибольшее содержание лизина на 48,45 % установлено по сравнению с Папаином концентрацией 2 %; метионина на 49,09; аспаргиновой кислоты на 68,94; гистидина на 31,57; пролина на 31,88 %. Отмечается снижение содержания лейцина на 4,91 % при внесении дозировки ферментного препарата Папаин в количестве 4 % по сравнению с Папаином концентрацией 3 %.

Повышенное накопление отмечается в микробном препарате при ферментативном гидролизе Бромелайном в концентрации 5 %. Так, метионина выше на 24,04 %, пролина и цистина – на 100 % (табл. 4).

Заключение. *Каждый из исследуемых ферментных препаратов, несмотря на свою специфичность, обладает разной способностью к ферментации. Следовательно, из всех принятых к рассмотрению образцов наиболее эффективным ферментным препаратом следует считать Бромелайн.*

При разработке промышленной схемы получения микробного препарата из дрожжевых грибов усовершенствована технология путем внесения протеолитических ферментов Протосубтилин, Папаин и Бромелайн. В результате ферментативного гидролиза наибольшее содержание по аминокислотному составу и выходу количественного белка наблюдается у ферментного препарата Бромелайн.

Таблица 3 – Содержание аминокислот в микробном препарате в результате обработки ферментным препаратом Папаин

Table 3 – Content of amino acids in microbial preparation as a result of treatment with enzyme preparation Papain

В мг/100 г (in mg/100 g)

Название аминокислоты	Концентрация вносимого Папаина, %		
	2	3	4
Валин	1 056,7	1 083,9	1 120,4
Изолейцин	1 235,6	1 189,4	1 358,9
Лейцин	1 843,3	1 954,2	1 752,7
Лизин	2 056,7	3 172,8	3 053,2
Метионин	209,8	256,9	312,8
Треонин	1 120,9	1 356,7	1 398,5
Фенилаланин	1 156,8	1 217,9	1 359,5
Аланин	1 149,5	1 204,3	1 478,4
Аргинин	1 124,2	1 210,4	1 287,8
Аспаргиновая кислота	1 432,7	2 320,6	2 420,5
Гистидин	854,2	997,6	1 123,9
Глицин	1 167,5	1 217,4	1 287,5
Глутаминовая кислота	2 672,0	2 789,5	2 985,4
Пролин	965,4	763,2	1 273,2
Серин	1 267,9	1 379	1 515,7
Цистин	45,2	98,5	110,3
Тирозин	976,3	998,2	1 027,5
Всего	20 334,7	23 165,5	24 886,2

Таблица 4 – Содержание аминокислот в микробном препарате в результате обработки ферментным препаратом Бромелайн

Table 4 – Content of amino acids in microbial preparation as a result of treatment with enzyme preparation Bromelain

В мг/100 г (in mg/100 g)

Название аминокислоты	Концентрация вносимого Бромелайна, %		
	3	4	5
Валин	1 998,3	1 592,7	1 985,7
Изолейцин	1 825,7	1 507	1 709,3
Лейцин	2 597	1 976,3	2 375,3
Лизин	3 841,7	2 340	3 385,3
Метионин	347,7	270,7	431,3
Треонин	1 798,3	1 397,7	1 740,3
Фенилаланин	1 366,7	1 261	1 553
Аланин	1 474,3	1 557,7	1 728,7
Аргинин	1 452,7	1 459	1 661,3
Аспаргиновая кислота	2 737,7	1 691,7	2587
Гистидин	1 000	873	1 169,3
Глицин	1 485,3	1 183	1 412
Глутаминовая кислота	4 202,3	3 411,3	3 726,7
Пролин	591	1 091,7	1 938,7
Серин	1 632	1355	1 609,7
Цистин	39,7	136,3	141,7
Тирозин	1 218,7	1 025,3	1 257,7
Всего	29 609	24 129	30 413

Список источников

1. Патент № 2447669 C1 Российская Федерация. Способ получения бифидосодержащего кисломолочного продукта, обогащенного пребиотиком : № 2010152654/10 : заявл. 22.12.2010 : опубл. 20.04.2012 / Решетник Е. И., Уточкина Е. А., Пакусина А. П. Бюл. № 11. 8 с.

2. Upadhyaya S., Tiwari Sh., Arora N. K., Singh D. P. Microbial Protein: a valuable component for future food security // Microbes and Environmental Management. 2016. No. 7. P. 21. DOI: 10.13140/RG.2.1.1775.8801.

3. Решетник Е. И., Грибанова С. Л., Егоров Д. В., Грицов Н. В. Использование растительного сырья при производстве кисломолочных продуктов для специализированного питания // Индустрия питания. 2021. Т. 6. № 4. С. 39–46. DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-4-4.

4. Решетник Е. И., Уточкина Е. А. Разработка технологии ферментированного молочно-растительного напитка с функциональными свойствами // Техника и технология пищевых производств. 2011. № 2 (21). С. 53–56. EDN: NYGVHX.

5. Mayson B., Robert I. J., Lori G., Geoff B. Industrial production of microbial protein products // Current Opinion in Biotechnology. 2022. Vol. 75. P. 102707.

6. Carranza-Méndez R. C., Chávez-González M. L., Sepúlveda-Torre L., Aquilar N. C., Govea-Salas M., Ramos-González R. Production of single cell protein from orange peel residues by Candida utilis // Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2022. Vol. 40. P. 102298.

7. Matassa S., Boon N., Pikaar I., Verstraete W. Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint // Journal Microbiological Biotechnology. 2016. No. 9. P. 68–75.

8. Karim A., Gerliani N., Aider M. Kluyveromyces marxianus: an emerging yeast cell factory for applications in food and biotechnology // International Journal of Food Microbiology. 2020. Vol. 333. P. 108818. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108818.

9. Гапоян А. Г., Красноштанова А. А. Выделение белковых изолятов из дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в условиях комплексной переработки // Успехи в химии и химической технологии. 2020. № 11. С. 10–12. EDN: UNOITM.

10. Патент № 2707046 С1 Российская Федерация. Штамм дрожжей *Metschnikowia pulcherrima* – продуцент микробного белка и спирта : № 2018138154 : заявл. 29.10.2018 : опубл. 21.11.2019 / Цугкиев Б. Г., Хозиев А. М., Цугкиева В. Б. Бюл. № 33. 5 с.

11. Омарова К. М., Омарова М. С. Биотехнология получения микробного белка на комплексном растительном сырье // Сетевое издание Большого Алтайского совета ректоров вузов. 2016. № 2. С. 65–68.

12. Ositadinma U. A review of microbial protein production: prospects and challenges // Journal Fuw Trends in Science and Technology. 2016. No. 1. P. 182–185.

13. Пенджиев А. М. Научный обзор: целебные особенности дынного дерева // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 5. С. 20–27.

14. Штонда О. А., Тканка М. О. Zastosuvannja roslinnih fermentiv pri virobnictvi marinovanih m'jasnih napivfabrikativ // Научный взгляд в будущее. 2017. № 06–02. С. 39–43. DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-2-097.

References

1. Reshetnik E. I., Utochkina E. A., Pakusina A. P. Method for producing bifido-containing fermented milk product enriched with prebiotic. *Patent RF, No. 2447669 C1 patenton.ru* 2012 Retrieved from https://patenton.ru/patent/RU2447669C1 (Accessed 10 August 2023) (in Russ.).

2. Upadhyaya S., Tiwari Sh., Arora N. K., Singh D. P. Microbial Protein: a valuable component for future food security. Microbes and Environmental Management, 2016;7:21. DOI: 10.13140/RG.2.1.1775.8801.

3. Reshetnik E. I., Gribanova S. L., Egorov D. V., Gricov N. V. Plant materials use in the production of fermented milk products for specialized nutrition. *Industriya pitaniya,* 2021;6;4:39–46 (in Russ.). DOI: 10.29141/2500-1922-2021-6-4-4.

4. Reshetnik E. I., Utochkina E. A. Fermented plant milk drink with functional characteristics: technology development. *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv,* 2011;2(21):53–56 (in Russ.). EDN: NYGVHX.

5. Mayson B., Robert I. J., Lori G., Geoff B. Industrial production of microbial protein products. Current Opinion in Biotechnology, 2022;75:102707.

6. Carranza-Méndez R. C., Chávez-González M. L., Sepúlveda-Torre L., Aquilar N. C., Govea-Salas M., Ramos-González R. Production of single cell protein from orange peel residues by Candida utilis. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 2022;40:102298.

7. Matassa S., Boon N., Pikaar I., Verstraete W. Microbial protein: future sustainable food supply route with low environmental footprint. Journal Microbiological Biotechnology, 2016;9: 68–75.

8. Karim A., Gerliani N., Aider M. Kluyveromyces marxianus: an emerging yeast cell factory for applications in food and biotechnology. International Journal of Food Microbiology, 2020;333: 108818. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108818.

9. Gapoyan A. G., Krasnoshtanova A. A. Extraction of protein isolates from yeast *Saccharomyces Cerevisiae* under conditions of multistage treatment. *Uspehi v himii i himicheskoj tehnologii,* 2020;11:10–12. EDN: UNOITM (in Russ.).

10. Tsugkiev B. G., Khoziev A. M., Tsugkieva V. B. Yeast strain *Metschnikowia pulcherrima* – microbial protein and alcohol producer. Patent RF, No. 2707046 C1 patenton.ru 2019 Retrieved from https://patenton.ru/patent/RU2707046C1 (Accessed 10 August 2023) (in Russ.).

11. Omarova K. M., Omarova M. S. Biotechnology for obtaining microbial protein from complex plant raw materials. *Setevoe izdanie Bol'shogo Altajskogo soveta rektorov vuzov,* 2016;2:65–68 (in Russ.).

12. Ositadinma U. A review of microbial protein production: prospects and challenges. Journal Fuw Trends in Science and Technology, 2016;1:182–185.

13. Pendzhiev A. M. Scientific review: curative features of melon tree. *Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki,* 2016;5:20–27 (in Russ.).

14. Shtonda O. A., Tkanka M. O. Use of vegetative enzymes in the production of marinaded meat semis. *Nauchnyj vzgljad v budushhee,* 2017;06-02:39–43 (in Ukrain.). DOI: 10.21893/2415-7538.2017-06-2-097.

Статья поступила в редакцию 08.10.2023; одобрена после рецензирования 24.11.2023; принята к публикации 30.11.2023.

The article was submitted 08.10.2023; approved after reviewing 24.11.2023; accepted for publication 30.11.2023.

Информация об авторах

Неустроев Антон Павлович, *ассистент кафедры пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет, anton_neustroev@bk.ru;*

Тихонов Сергей Леонидович, *доктор технических наук, профессор кафедры пищевой инженерии аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет, tihonov75@bk.ru;*

Тихонова Наталья Валерьевна, *доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой пищевой инженерии аграрного производства, Уральский государственный аграрный университет*

Information about authors

Anton P. Neustroev, *Assistant of the Department of Food Engineering, Ural State University of Economics, anton_neustroev@bk.ru;*

Sergey L. Tikhonov, *Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University, tihonov75@bk.ru;*

Natalya V. Tikhonova, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 631.372:331
ГРНТИ 68.85.87
EDN BACANA

Влияние энергозатрат живого труда на энергоэффективность использования машинно-тракторного агрегата

Елена Сергеевна Поликутина[1], Сергей Васильевич Щитов[2], Евгений Евгеньевич Кузнецов[3], Зоя Федоровна Кривуца[4]
[1] Благовещенский политехнический колледж, Амурская область, Благовещенск, Россия
[2, 3, 4] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[1] e.polikytina@mail.ru, [2] shitov.sv1955@mail.ru,
[3] ji.tor@mail.ru, [4] zfk20091@mail.ru

Аннотация. Одним из основных факторов, влияющих на эффективность работы сельскохозяйственных предприятий, занятых в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, является наличие кадров. На протяжении последних лет наблюдается тенденция по сокращению численности населения в ряде регионов. В предложенной работе проведен анализ влияния энергетических затрат живого труда на полные энергетические затраты, связанные с производством сельскохозяйственной продукции. Учитывая, что основное направление деятельности Амурской области сельскохозяйственное, целесообразно проводить оценку энергозатрат живого труда с учетом как основного, так и вспомогательного персонала, участвующего в технологии возделывания сельскохозяйственных культур. На величину полных энергозатрат, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, существенное влияние оказывают средства механизации и, в частности, машинно-тракторные агрегаты, которые используются в технологии производства. В последние годы в области происходит увеличение посевных площадей в основном за счет ранее заброшенных в труднодоступных местах и мелкоконтурных, небольших крестьянско-фермерских хозяйств. Поэтому очень важно правильно определить необходимые средства механизации, с учетом наличия рабочей силы, которые в конечном итоге будут оказывать влияние на результат – объем полученной продукции и ее себестоимость. Установлено, что на величину энергозатрат живого труда большое влияние оказывает величина производительности машинно-тракторных агрегатов за счет снижения величины буксования. Особенно это важно для энергетических средств с колесной формулой 4К2 для лучшей реализации тягово-сцепных свойств в результате применения специально установленных устройств. Проведенные исследования показали, что снижение энергозатрат живого труда в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Амурской области возможно на основе повышения тягово-сцепных свойств энергетических средств путем рационального перераспределения сцепного веса внутри самого машинно-тракторного агрегата.

Ключевые слова: машинно-тракторный парк, энергетические средства, сельскохозяйственные машины, энергозатраты живого труда, производительность, эффективность

Для цитирования: Поликутина Е. С., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Кривуца З. Ф. Влияние энергозатрат живого труда на энергоэффективность использования машинно-тракторного агрегата // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 218–224.

Original article

Impact of living labor energy consumption on energy efficiency of machine-and-tractor unit use

Elena S. Polikutina[1], Sergei V. Shchitov[2], Evgenii E. Kuznetsov[3], Zoya F. Krivutsa[4]
[1] Blagoveshchensk Polytechnic College, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

[2, 3, 4] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[1] e.polikytina@mail.ru, [2] shitov.sv1955@mail.ru,
[3] ji.tor@mail.ru, [4] zfk20091@mail.ru

Abstract. One of the main factors affecting the efficiency of agricultural enterprises engaged in crop cultivation technology is the availability of personnel. Over the past years, there has been a tendency to reduce the population in a number of regions. In the proposed work, an analysis of the impact of living labor energy costs on the total energy costs associated with the production of agricultural products was carried out. Considering that the main activity of Amur region is agricultural, it is advisable to assess the energy consumption of living labor, taking into account both the main and auxiliary personnel involved in the technology of cultivating agricultural crops. The amount of total energy consumption associated with the production of agricultural products is significantly influenced by means of mechanization and, in particular, machine-and-tractor units, which are used in the technology of its cultivation. In recent years, in the region there has been an increase in sown areas mainly due to previously abandoned in hard-to-reach places and small-contoured peasant farms. Therefore, it is very important to correctly determine the necessary means of mechanization, taking into account the presence of labor, which will ultimately affect the volume of products received and its cost. It was established that the value of productivity of machine-and-tractor units had a great influence on the value of energy consumption of live labor due to a decrease in the value of skidding. This is especially important for energy means with a wheel formula 4K2 for a better implementation of traction and adhesion properties due to the use of specially installed devices. The conducted studies have shown that reduction of energy consumption of human labor in the of agricultural crop cultivating technology in the conditions of Amur region is possible by increasing the traction and adhesion properties of energy means through the rational redistribution of the adhesion weight within the machine-and-tractor unit itself.

Keywords: machine and tractor fleet, energy resources, agricultural machinery, energy consumption of living labor, productivity, efficiency

For citation: Polikutina E. S., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Krivutsa Z. F. Impact of living labor energy consumption on energy efficiency of machine-and-tractor unit use. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:218–224 (in Russ.).

Введение. В Амурской области в период 1990–2019 гг. произошел не только резкий отток населения, который составил от 1 050 до 793,2 тыс. человек, но и перераспределение численности между городом и селом. Так, на конец 2019 г. численность городского населения оказалась равной 535,6 тыс. человек, а сельского – 257,6 тыс. человек (рис. 1).

Это объясняется тем, что в данный период в связи с рыночными отношениями сельскохозяйственные предприятия начали массово закрываться из-за финансовых трудностей; при этом произошло резкое сокращение посевных площадей, и люди были вынуждены переселяться из села в город.

В последние годы отток населения продолжается. Так, с 2019 по 2023 гг. численность населения сократилась на 4,7 %, особенно сельских жителей, но при этом интенсивность оттока снизилась.

Основное направление деятельности Амурской области сельскохозяйственное. В последние годы в области происходит увеличение посевных площадей преимущественно на основе ранее заброшенных в труднодоступных местах и мелко контурных, небольших крестьянско-фермерских хозяйств [1–5].

Поэтому очень важно правильно определить необходимые средства механизации, с учетом наличия рабочей силы, которые в конечном итоге будут оказывать влияние на результаты работы – объем полученной продукции и ее себестоимость. Представляет определенный интерес, как будут воздействовать энергозатраты живого труда на полные энергозатраты и от каких параметров они зависят.

В представленной статье, на основе анализа работ [1, 6–8], *предлагается при подборе машинно-тракторных агрегатов, занятых в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, учитывать энергозатраты живого труда.*

Материалы и методы исследований. Одним из показателей, характе-

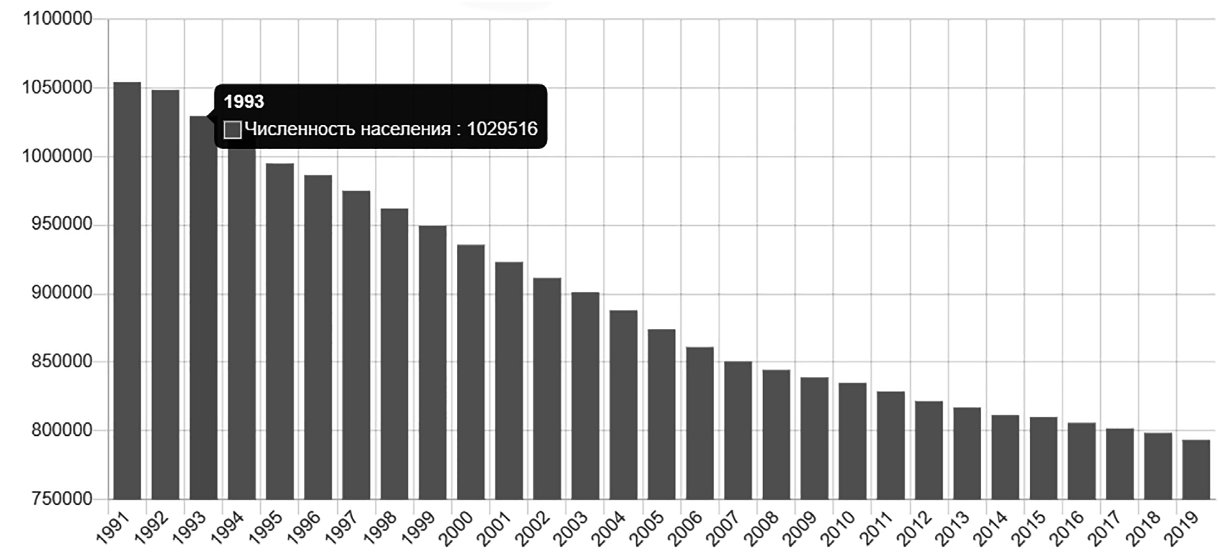


Рисунок 1 – Динамика изменения численности населения Амурской области за период 1991–2019 гг.

Figure 1 – Dynamics of changes in the population of Amur region fo the period 1991–2019

ризующих эффективность производства сельскохозяйственной продукции, служат полные энергозатраты на ее производство. Это можно объяснить тем, что они позволяют более наглядно и независимо от колебаний рыночных цен оценить влияние отдельных составляющих на конечный результат. При этом всегда можно через энергозатраты определить затраты на производство сельскохозяйственной продукции в денежном эквиваленте (1):

$$З_р = \frac{Е_п}{Е_э} \qquad (1)$$

где $Е_п$ – полные энергозатраты, МДж;

$Е_э$ – энергетический эквивалент, МДж на один руб.

В качестве энергетического эквивалента может быть взят любой энергоноситель (дизельное топливо, электроэнергия, бензин и т. д.). Зная энергетическое содержание этого энергоносителя и его стоимость на любой промежуток времени, можно проследить эффективность производства в денежном эквиваленте.

На величину полных энергетических затрат, связанных с производством сельскохозяйственной продукции, существенное влияние оказывают средства механизации, в частности машинно-тракторные агрегаты, которые используются в технологии производства [1, 9]. Таким образом, для определения полных энергозатрат используем формулу (2):

$$Е_{пол} = Е_{пр} + Е_ж + Е_{уд} \qquad (2)$$

где $Е_{пр}$ – прямые энергозатраты на производство сельскохозяйственной продукции, МДж;

$Е_ж$ – затраты живого труда на производство сельскохозяйственной продукции, МДж;

$Е_{уд}$ – удельные энергозатраты МТА на производство сельскохозяйственной продукции, МДж.

Рассмотрим влияние энергозатрат живого труда на полные энергозатраты, связанные с производством сельскохозяйственной продукции. Оценку энергозатрат живого труда необходимо проводить с учетом как основного, так и вспомогательного персонала, участвующего в технологии возделывания сельскохозяйственных культур [1, 9] (3):

$$Е_ж = \frac{n_ч a_ж + n_ч' a_ж'}{W_{см}} \qquad (3)$$

где $n_ч$, $n_ч'$ – численность основного (трактористы, комбайнеры и т. д.) и вспомогательного (сеяльщики, грузчики и т. д.)

персонала, участвующего в технологии возделывания культур, чел.;

$а_ж$, $а_ж'$ – соответственно энергетические эквиваленты затрат живого труда основного и вспомогательного персонала, задействованного в технологии возделывания культур, МДж/чел-ч.;

$W_{см}$ – производительность МТА, га/ч.

При этом необходимо учитывать следующий расход энергии с учетом градации труда [1, 10]:

1) очень легкая – 0,6 МДж/чел-ч;

2) легкая – 0,9 МДж/чел-ч;

3) средняя – 1,26 МДж/чел-ч;

4) тяжелая –1,86 МДж/чел-ч;

5) очень тяжелая – 2,5 МДж/чел-ч.

В случае, если при выполнении сельскохозяйственной операции участвует только один человек (вспашка, дискование, боронование и т. д.), энергозатраты живого труда определяются по выражению (4):

$$E_ж = \frac{а_ж \cdot n_ч}{W_{см}} \tag{4}$$

Анализируя выражения (3) и (4), можно отметить, что на величину энергозатрат живого труда большое влияние оказывает величина производительности.

Результаты исследований и их обсуждение. Величина производительности, как показали исследования [5, 7], определяется мощностными показателями энергетического средства и его тягово-сцепными свойствами.

В условиях Амурской области, для повышения эффективности использования колесных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, одним из способов является повышение сцепного веса, приходящегося на ведущие колеса, без использования дополнительных грузов, что способствует повышению производительности машинно-тракторных агрегатов на основе снижения величины буксования. Особенно это важно для энергетических средств с колесной формулой 4К2 для лучшей реализации тягово-сцепных свойств в результате применения специально установленных устройств [10].

С учетом проведенных исследований и анализа выражений (3) и (4), *нами получены формулы (5) и (6) для определения энергозатрат живого труда в зависимости от сцепного веса соответственно серийного трактора и трактора со специально установленным устройством*:

$$E_ж = \frac{а_ж \cdot n_ч}{W_{см}} = а_ж \cdot \frac{n_ч}{0{,}36B_р \cdot V_т} \times \left(1 - \frac{0{,}248\frac{M_{вед}}{G_{сц} \cdot r_к}}{1 - 3{,}077\left(\frac{M_{вед}}{G_{сц} \cdot r_к}\right)^3}\right) \cdot \tau \tag{5}$$

$$E_ж = \frac{а_ж \cdot n_ч}{W_{см}} = а_ж \cdot \frac{n_ч}{0{,}36B_р \cdot V_т} \times \left(1 - \frac{0{,}248\frac{M_{вед}}{(G_{сц} + N_{доп}) \cdot r_к}}{1 - 3{,}077\left(\frac{M_{вед}}{(G_{сц} + N_{доп}) \cdot r_к}\right)^3}\right) \cdot \tau \tag{6}$$

где $B_р$ – ширина захвата агрегата, м;

$M_{вед}$ – ведущий момент от двигателя, передающийся на колеса, Н/м;

$G_{сц}$ – сцепной вес энергетического средства, Н;

$N_{доп}$ – дополнительный вес, приходящийся на задние ведущие колеса от перераспределения, Н;

$V_т$ – теоретическая скорость движения, м/с;

$r_к$ – радиус колеса, м;

τ – коэффициент использования времени смены.

Как показал анализ приведенных формул, *установка предлагаемого устройства позволяет:*

1) уменьшить энергетических затраты живого труда;

2) повысить производительность машинно-тракторного агрегата;

3) увеличить сцепной вес;

4) снизить величину буксования.

Проведенные тяговые испытания колесного трактора класса 1,4 с установленным устройством [10], показали увеличение тяговой мощности на 12,6 % по сравнению с серийным вариантом при тяговом усилии 14,1 кН (табл. 1).

Увеличение тяговой мощности произошло за счет снижения мощности, затрачиваемой на буксование. Также снизилось техногенное воздействие на почву за счет уменьшения величины буксования.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований по определению буксования и тяговой мощности

Table 1 – Results of experimental studies on determination of slipping and traction power

Показатели	Тяговое усилие, кН					
	9,17		12,05		14,1	
	сер.	эксп.	сер.	эксп.	сер.	эксп.
Буксование, %	7,52	5,63	9,67	6,51	20,53	11,03
Тяговая мощность, кВт	19,99	21,0	25,43	26,51	26,79	30,17
Примечание: сер. – серийный; эксп. – экспериментальный.						

Увеличение тяговой мощности позволило в конечном итоге повысить производительность машинно-тракторного агрегата.

Проведенные сравнительные хозяйственные испытания на культивации машинно-тракторным агрегатом в составе трактора МТЗ-80 и культиватора КПС-4 показали увеличение производительности с 1,84 до 2,05 га/ч. При этом произошло снижение энергозатрат живого труда с 0,66 до 0,57 МДж/га.

Аналогичные результаты были получены и при использовании агрегата в составе New Holland 7 и катка 3КВГ на прикатывании. Использование устройства для перераспределения сцепного веса внутри машинно-тракторного агрегата снизило энергозатраты живого труда на 24,1 % по сравнению с серийным вариантом.

Заключение. *В результате исследований установлено, что снижение энергозатрат живого труда в технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Амурской области возможно за счет повышения тягово-сцепных свойств энергетических средств. Повышение тягово-сцепных свойств на почвах с низкой несущей способностью можно достигнуть на основе рационального перераспределения сцепного веса внутри самого машинно-тракторного агрегата.*

Список источников

1. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / под ред. А. Н. Никифорова. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 1995. 96 с.

2. Беляев В. И., Соколова Л. В. Перспективные агротехнологии производства зерна в Алтайском крае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 4 (162). С. 5–12.

3. Раднаев Д. Н. Методологические основы разработки технологий и технических средств посева при возделывании зерновых культур в условиях Забайкалья : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Улан-Удэ, 2013. 40 с.

4. Шишлов С. А., Шишлов А. Н. Теоретические предпосылки повышения эффективности предпосевной подготовки почвы и посева сои на основании оценки совокупных энергозатрат // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока : материалы III нац. (всерос.) науч.-практ. конф. Уссурийск : Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 153–160.

5. Бондаренко А. М., Качанова Л. С., Челбин С. М., Головко А. Н. Концепция развития системы сохранения и воспроизводства плодородия почв сельскохозяйственных угодий Ростовской области как инструмент экономической безопасности региона // Экономика и предпринимательство. 2021. № 10 (135). С. 366–371. DOI: 10.34925/EIP.2021.135.10.069.

6. Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур : моно-

графия. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. 272 с.

7. Алдошин Н. В., Мосяков М. А. Обеспеченность технологий обработки почвы интеллектуальными средствами и методами контроля // Доклады Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. Вып. 292. С. 396–400.

8. Щитов С. В., Спириданчук Н. В., Поликутина Е. С. Влияние энергозатрат на выбор энергетического средства // Научное обозрение. 2014. № 8. С. 535–538. EDN: TBTYQZ.

9. Щитов С. В., Кривуца З. Ф., Кузнецов Е. Е., Поликутина Е. С. Практическое применение методов оптимизации энергетических затрат при использовании средств механизации в АПК : учебное пособие. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. 79 с.

10. Патент № 2613390 Российская Федерация. Пружинно-рычажный корректор сцепного веса колесного трактора : № 2015140368 : заявл. 22.09.2015 : опубл. 16.03.2017 / Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., Поликутина Е. С. Бюл. № 8. 10 с.

References

1. Nikiforov A. N. (Eds.). *Methodology for energy analysis of technological processes in agricultural production,* Moscow, Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut mekhanizacii sel'skogo hozyajstva, 1995, 96 p. (in Russ.).

2. Belyaev V. I., Sokolova L. V. Prospective agricultural technologies of grain production in the Altai region. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2018;4(162): 5–12 (in Russ.).

3. Radnaev D. N. Methodological basis for the development of technologies and technical means of sowing for the cultivation of grain crops in the conditions of Transbaikal. *Extended abstract of candidate's thesis.* Ulan-Ude, 2013, 40 p. (in Russ.).

4. Shishlov S. A., Shishlov A. N. Theoretical prerequisites for increasing of the efficiency of pre-sowing soil preparation and sowing soybeans based on an assessment of total energy consumption. Proceedings from The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East: *III Nacional'naya (vserossijskaya) nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 153–160), Ussurijsk, Primorskaya gosudarstvennaya sel'skohozjajstvennaya akademiya, 2019. (in Russ.).

5. Bondarenko A. M., Kachanova L. S., Chelbin S. M., Golovko A. N. The concept of development of a system for preserving and reproducing soil fertility in agricultural lands of the Rostov region as a tool for the economic security of the region. *Ekonomika i predprinimatel'stvo,* 2021;10(135):366–371 (in Russ.). DOI: 10.34925/EIP.2021.135.10.069.

6. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. *Increase of the efficiency of using mobile energy resources in crop cultivation technology: monograph,* Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017, 272 p. (in Russ.).

7. Aldoshin N. V., Mosyakov M. A. Provision of soil treatment technologies with intelligent means and control methods. *Doklady Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii,* 2020; 292:396–400 (in Russ.).

8. Shchitov S. V., Spiridanchuk N. V., Polikutina E. S. The influence of energy consumption on the choice of energy product. *Nauchnoe obozrenie,* 2014;8:535–538 (in Russ.). EDN: TBTYQZ.

9. Shchitov S. V., Krivutsa Z. F., Kuznetsov E. E., Polikutina E. S. *Practical application of methods for optimizing energy costs when using mechanization tools in the agro-industrial complex: textbook,* Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022, 79 p. (in Russ.).

10. Shchitov S. V., Kuznetsov E. E., Polikutina E. S. Spring-lever corrector of the adhesion weight of a wheeled tractor. *Patent RF, no 2613390 yandex.ru/patents* 2017 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2613390C1_20170316 (Accessed 14 Septmber 2022) (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 06.11.2023; одобрена после рецензирования 30.11.2023; принята к публикации 07.12.2023.

The article was submitted 06.11.2023; approved after reviewing 30.11.2023; accepted for publication 07.12.2023.

Информация об авторах

Поликутина Елена Сергеевна, *кандидат технических наук, преподаватель специальных дисциплин, Благовещенский политехнический колледж; e.polikytina@mail.ru;*

Щитов Сергей Васильевич, *доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет, shitov.sv1955@mail.ru;*

Кузнецов Евгений Евгеньевич, *доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, ji.tor@mail.ru;*

Кривуца Зоя Федоровна, *доктор технических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, zfk2009@rambler.ru*

Information about the authors

Elena S. Polikutina, *Candidate of Technical Sciences, Lecturer of Special Disciplines, Blagoveshchensk Polytechnic College, e.polikytina@mail.ru;*

Sergei V. Shchitov, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru;*

Evgenii E. Kuznetsov, *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, ji.tor@mail.ru;*

Zoya F. Krivutsa, *Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, zfk20091@rambler.ru*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья
УДК 637.13
EDN ADGWJE

Исследование реологических свойств обогащенного кисломолочного напитка

Екатерина Ивановна Решетник[1], Юлия Игоревна Держапольская[2], Светлана Леонидовна Грибанова[3], Ли Чунь[4], Ли Ютин[5]
[1, 2, 3] Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия
[4] Северо-восточный сельскохозяйственный университет
провинция Хэйлунцзян, Харбин, Китайская Народная Республика
[5] Харбинская сельскохозяйственная научно-техническая компания «Лэши»
провинция Хэйлунцзян, Харбин, Китайская Народная Республика
[1] soia-28@yandex.ru, [2] yuliya.de.f@yandex.ru, [3] lsv24leon@mail.ru,
[4] spxylch@126.com, [5] hrbleshi@163.com

Аннотация. Рассмотрен арабиногалактан как источник растворимых пищевых волокон, выпускаемый в соответствии с требованиями нормативной документации в АО «Аметис» (Амурская область). Содержание растворимых пищевых волокон в количестве 98,8 % в арабиногалактане подтверждено испытательным центром ООО «Эксперт Био» (Санкт-Петербург). В процессе работы определены и описаны органолептические показатели полученных обогащенных кисломолочных напитков (вкус и запах, цвет, консистенция), при оценке которых установлено, что полученные образцы соответствуют требованиям, предъявляемым к кисломолочным напиткам. Проведены исследования по определению оптимальных условий измерения структурно-механических характеристик кисломолочных напитков (таких как динамическая вязкость, которая зависит от касательного напряжения вязких продуктов и градиента скорости сдвига). Анализ полученных данных и последующая интерпретация результатов позволяют разработать технологии производства кисломолочного напитка с высокими потребительскими свойствами. Представлены данные по влиянию вида закваски и используемых пищевых волокон на структурно-механические свойства полученных образцов кисломолочных напитков. Получены математические уравнения, отражающие зависимость вязкости кисломолочных напитков от компонентного состава. Коэффициент корреляции полученных зависимостей отражает существующую сильную обратную зависимость динамической вязкости от вида заквасочных культур и вносимых растворимых пищевых волокон. Также анализ зависимостей показал, что внесение растворимых пищевых волокон в образцы приводит к более быстрому восстановлению структуры напитка после разрушения.

Ключевые слова: органолептические показатели, пищевое волокно, структурно-механические свойства, кисломолочный напиток

Для цитирования: Решетник Е. И., Держапольская Ю. И., Грибанова С. Л., Ли Чунь, Ли Ютин. Исследование реологических свойств обогащенного кисломолочного напитка // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 4. С. 225–233.

Original article

Study of rheological properties of fortified fermented milk drink

Ekaterina I. Reshetnik[1], Yulia I. Derzhapolskaya[2], Svetlana L. Gribanova[3], Li Chun[4], Li Yuting[5]
[1, 2, 3] Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia
[4] Northeast Agricultural University, Heilongjiang Province, Harbin, China
[5] Harbin Agricultural Science and Technology Company "Leshi"

Heilongjiang Province, Harbin, China
[1] soia-28@yandex.ru, [2] yuliya.de.f@yandex.ru, [3] lsv24leon@mail.ru,
[4] spxylch@126.com, [5] hrbleshi@163.com

Abstract. The article discusses arabinogalactan as a source of soluble dietary fiber, produced in accordance with the requirements of regulatory documentation at the JSC "Ametis" (Amur region). The content of soluble dietary fiber in the amount of 98.8% in arabinogalactan is confirmed from the testing center of LLC "Expert Bio" (St. Petersburg). In the process of work, the organoleptic indicators of the obtained fortified fermented milk drinks (taste and smell, color, consistency) were determined and described, during the evaluation of which it was established that the obtained samples met the requirements for fermented milk drinks. Research has been carried out to determine the optimal conditions for measuring the structural and mechanical characteristics of fermented milk drinks, such as dynamic viscosity, which depends on the shear stress of viscous products and the shear rate gradient. Analysis of the data obtained and subsequent interpretation of the results allows us to develop a technology for the production of fermented milk drink with high consumer properties. Data on the effect of starter type and dietary fiber used on the structural and mechanical properties of obtained samples of fermented milk drinks are presented. Mathematical equations were obtained that reflected the dependence of the viscosity of fermented milk drinks on the component composition. The correlation coefficient of the obtained dependencies reflects the existing strong inverse dependence of dynamic viscosity on the type of starter cultures and the added soluble dietary fiber. More over, the analysis of dependencies showed that the introduction of soluble dietary fiber into the samples led to a more rapid restoration of the structure of drink after destruction.

Keywords: organoleptic characteristics, dietary fiber, structural and mechanical properties, fermented milk drink

For citation: Reshetnik E. I., Derzhapolskaya Yu. I., Gribanova S. L., Li Chun, Li Yuting. Study of rheological properties of fortified fermented milk drink. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik*, 2023;17;4:225–233 (in Russ.).

Введение. Функциональные продукты играют важную роль в здоровье человека, предотвращая заболевания. Во всем мире производятся разнообразные функциональные продукты питания. В последнее время увеличилось потребление молочных продуктов, содержащих пробиотические бактерии и пребиотики (синбиотики). Для обогащения кисломолочного напитка используются различные соединения. Одним из них являются пищевые волокна. Эпидемиологические исследования подтверждают пользу высокого потребления пищевых волокон для здоровья [1, 2].

Использование экстрактов деревьев и коры деревьев (таких как бетулин, дигидрокверцетин и арабиногалактан) эффективно с точки зрения технологии и функциональности обогащения молочной продукции. Кроме того, исследования показали, что добавление этих экстрактов способствует получению кисломолочных продуктов, которые соответствуют требованиям и обладают функциональными свойствами [3–5].

Использование арабиногалактана в качестве пищевого волокна в технологии создания функциональных кисломолочных напитков сказывается на их технологических, физико-химических, органолептических и микробиологических характеристиках. Однако в целом исследуемый кисломолочный продукт соответствует требованиям функционального продукта, и добавление арабиногалактана может быть полезным при создании высококачественных кисломолочных продуктов для лечебно-профилактического использования [6–8].

В разработке технологии производства молочных продуктов основным направлением является создание процессов с определенным составом и свойствами путем использования различных видов сырья. Для эффективного рецептурного расчета новых продуктов с использованием различных ингредиентов необходимо применение современных информационных компьютерных технологий [9].

Важным показателем качества молочных продуктов при проектировании их состава с учетом пищевой и биологической ценности является консистенция продукта. Для контроля консистенции применяются реометрические исследования, которые позволяют определить оптимальные условия измерения структурно-механических характеристик молочных продуктов. Это является основой для разработки нормативной документации по контролю параметров с использованием инженерной реологии [10].

Многие пищевые продукты, особенно те, которые обладают вязкой консистенцией, представляют собой коллоидные растворы. В процессе обработки таких дисперсных систем их структура может разрушаться и восстанавливаться, причем условия для этого могут различаться в зависимости от типа продукта.

Исследования, проведенные отечественными и зарубежными учеными, посвящены изучению связи между эффективной вязкостью, касательными напряжениями вязких продуктов, градиентом скорости и другими факторами. Особое внимание при этом уделяется особенностям структурно-механических свойств вязких продуктов и факторам, влияющим на их изменение [11].

Пищевая добавка арабиногалактан, выпускаемая АО «Аметис» (Амурская область), содержит 98,8 % растворимых пищевых волокон; ее макромолекула представлена на рисунке 1 [12].

Арабиногалактан обладает стабильностью при экспозиции теплу и гидролизу; способностью удерживать влагу, а также бактерицидными и пребиотическими свойствами. Кроме того, арабиногалактан способствует образованию короткоцепочечных жирных кислот, важных для нормального функционирования организма.

Цель исследования – *изучить реологические характеристики обогащенного кисломолочного напитка.*

Объекты и методы исследований. Объектами исследований выступают опытные образцы кисломолочного напитка, обогащенные растворимыми пищевыми волокнами и заквашенные лиофилизированными заквасками:

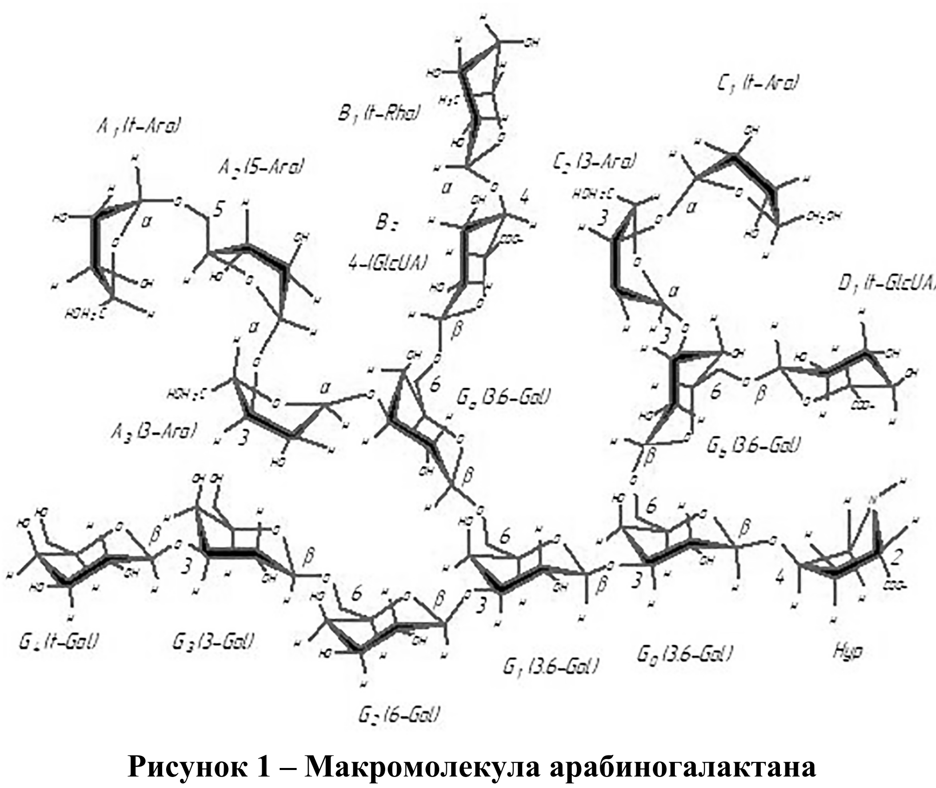


Рисунок 1 – Макромолекула арабиногалактана
Figure 1 – Arabinogalactan macromolecule

Образец 1 (*Str. lactis, Str. cremoris, Str. diacetilactis*).

Образец 2 (*Str. thermophilus, Lac. delbrueckii subsp. Bulgaricus*).

Образец 3 (*Str. thermophilus, Lac. delbrueckii subsp. Bulgaricus, B. bifidum*).

Экспериментальная часть работы проводилась в специализированных лабораториях Дальневосточного государственного аграрного университета и в лаборатории АО «Аметис» г. Благовещенска.

В качестве источника пищевых волокон при производстве кисломолочного напитка использовали арабиногалактан, произведенный АО «Аметис». Содержание растворимых пищевых волокон подтверждено протоколом испытаний от 21.06.2022 № 2325/1112260 испытательным центром ООО «Эксперт Био» (Санкт-Петербург). Введение арабиногалактана производилось в соответствии с техническим регламентом ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств».

Структурно-механические характеристики кисломолочного продукта устанавливали с помощью вибровискозиметра AND SV-10.

Отбор проб и подготовка их к анализу проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 26809.1–2014 «Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу». Определение внешнего вида и цвета кисломолочного продукта осуществляли визуально; определение консистенции, вкуса и запаха проводили органолептически и характеризовали в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 22935–2–2011 «Молоко и молочные продуты. Органолептический анализ».

Результаты исследований. Среди множества структурно-механических характеристик, которые описывают состояние кисломолочных продуктов, особое внимание уделяется эффективной динамической вязкости. Для кисломолочных напитков важным фактором является как их консистенция, так и ее стабильность в процессе хранения. Консистенция продукта определяется реологическими показателями свернувшегося белка.

Вязкость кисломолочных продуктов во многом зависит от видового состава вносимой в молоко закваски, а также от количества используемых растворимых пищевых волокон. В таблице 1 представлена органолептическая оценка полученных образцов кисломолочных продуктов с использованием различного видового состава закваски при одинаковом внесении пищевых волокон.

На рисунках 2–4 показано влияние лиофилизированных заквасок и пищевых волокон на вязкость кисломолочных напитков.

Изменение вязкости определяли в несколько этапов: *I – после сквашивания и охлаждения; II – после перемешивания в течение одной минуты; III – после перемешивания в течение пяти минут; IV – через 15 минут после перемешивания.* Полученные результаты вязкости отражали на отдельных графиках для каждого вида заквасочных культур с построением линии тренда и уравнения аппроксимации, отражающих характер изменения вязкости с течением времени и показывающих направление и динамику ее изменения.

Таблица 1 – Органолептическая характеристика полученных кисломолочных напитков
Table 1 – Organoleptic characteristics of obtained fermented milk drinks

Органолептические показатели	Образец 1	Образец 2	Образец 3
Внешний вид и консистенция	однородная с ненарушенным сгустком, в меру вязкая, с незначительным отделением сыворотки		однородная с ненарушенным сгустком, в меру вязкая
Вкус и запах	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов		
Цвет	молочно-белый, однородный по всей массе		

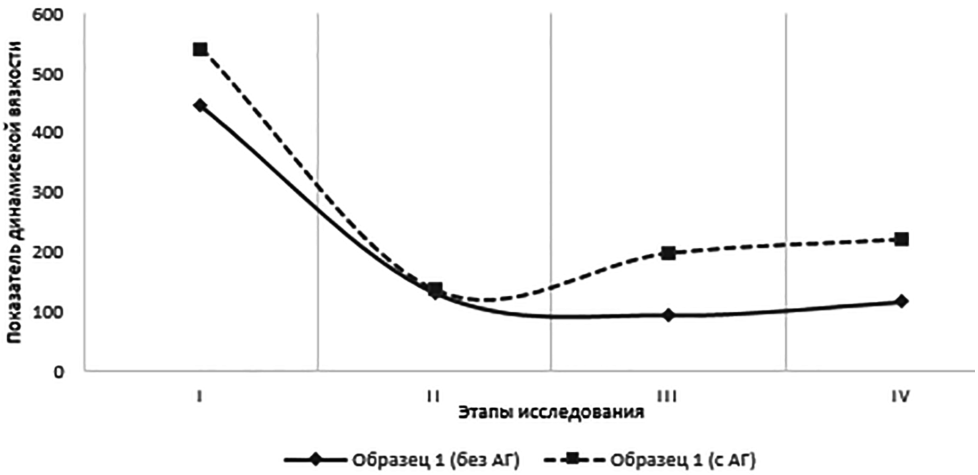


Рисунок 2 – Влияние вида закваски (образец 1) на вязкость кисломолочных продуктов (ή×10³)
Figure 2 – Effect of starter type (sample 1) on viscosity of fermented milk products (ή×10³)

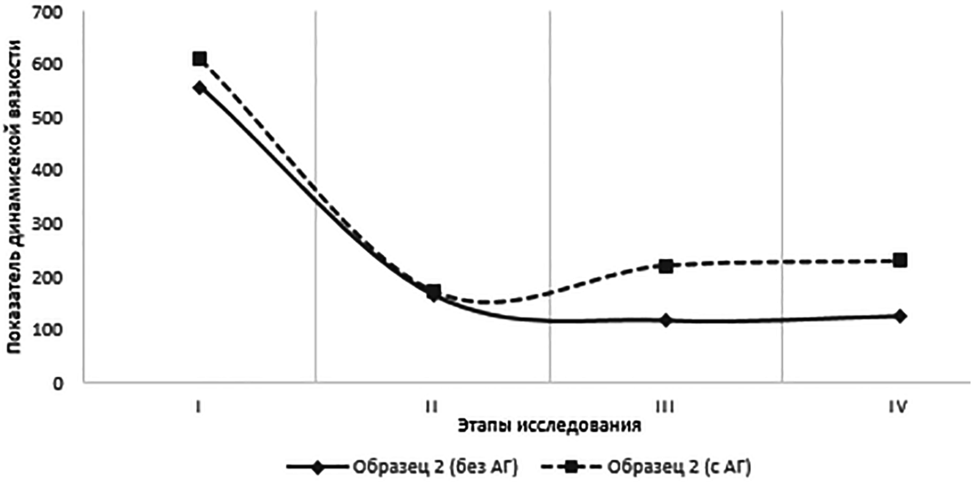


Рисунок 3 – Влияние вида закваски (образец 2) на вязкость кисломолочных продуктов (ή×10³)
Figure 3 – Effect of starter type (sample 2) on viscosity of fermented milk products (ή×10³)

Зависимость вязкости кисломолочного напитка от используемой заквасочной культуры (образец 1) (рис. 2) без арабиногалактана описывается следующим уравнением с коэффициентом корреляции равным 0,9715:

$$y = 83{,}75x^2 – 520{,}85x + 871{,}25$$

То же с использованием арабиногалактана описывается уравнением с коэффициентом корреляции 0,8708:

$$y = 106{,}4x^2 – 621{,}34x + 1029{,}8$$

Зависимость вязкости кисломолочного напитка от используемой заквасочной культуры (образец 2) (рис. 3) без арабиногалактана описывается следующим уравнением с коэффициентом корреляции равным 0,9692:

$$y = 100x^2 – 634{,}4x + 1076$$

То же с использованием арабиногалактана описывается уравнением с коэффициентом корреляции 0,8871:

$$y = 111{,}5x^2 – 666{,}9x + 1139$$

Зависимость вязкости кисломолочного напитка от используемой заквасочной культуры (образец 3) (рис. 4) без арабиногалактана описывается следующим

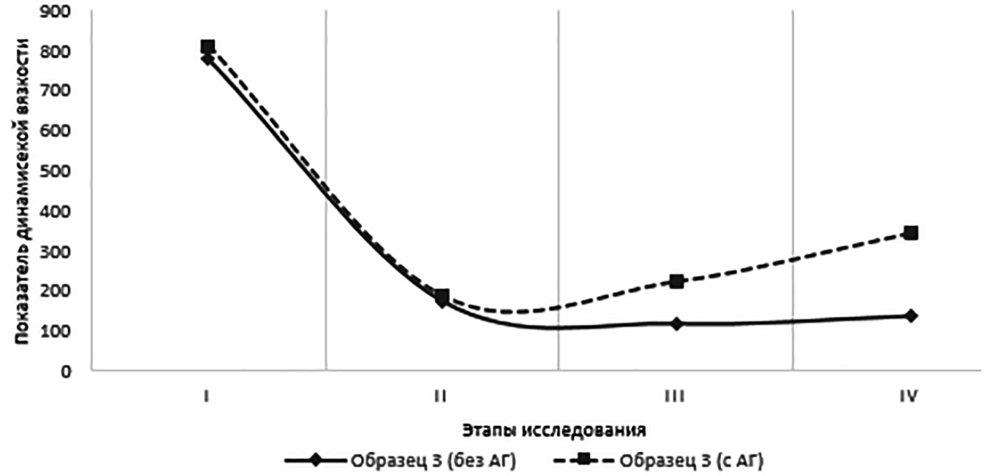


Рисунок 4 – Влияние вида закваски (образец 3) на вязкость кисломолочных продуктов (ή×10³)
Figure 4 – Effect of starter type (sample 3) on viscosity of fermented milk products (ή×10³)

уравнением с коэффициентом корреляции равным 0,9618:

$$y = 163x^2 – 1020,6x + 1642,5$$

То же с использованием арабиногалактана описывается уравнением с коэффициентом корреляции 0,9338:

$$y = 185,5x^2 – 1064,1x + 1660$$

Заключение. *Из графических данных и результатов корреляционно-регрессионного анализа следует, что пятнадцати минут недостаточно для восстановления структуры после сдвиговых нагрузок.*

Также анализ зависимостей показывает, что образцы, содержащие в своем составе растворимые пищевые волокна, восстанавливаются на 45–50 % быстрее образцов без их содержания.

Можно предположить, что молекулы арабиногалактана принимают участие в водородных связях казеиновых мицелл и выполняют роль защитного коллоида.

Список источников

1. Пилипенко В. И., Исаков В. А., Перова И. Б., Воробьева В. М., Кочеткова А. А. Биологические и технологические аспекты обогащения продуктов пищевыми волокнами // Вопросы диетологии. 2023. Т. 13. № 2. С. 14–25. DOI: 10.20953/2224-5448-2023-2-14-25.

2. Бояринева И. В. Пробиотики в функциональном питании // Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права. 2020. № 3 (104). С. 160–163. DOI: 10.38161/2618- 9526-2020-3-03.

3. Гаврюшина И. В., Зимняков В. М., Крылова Ю. В. Возможность обогащения молочных продуктов селенопираном и арабиногалактаном // Нива Поволжья. 2016. № 4 (41). С. 9–15. EDN: YPSNCH.

4. Пряничникова Н. С., Федотова О. Б. Формирование заданных свойств молочных продуктов за счет использования экстрактов деревьев и коры деревьев // Пища. Экология. Качество : материалы XVI междунар. науч.-практ. конф. Барнаул : Алтайский государственный университет, 2019. С. 142–144. EDN: HSAABG.

5. Уточкина Е. А., Решетник Е. И. Влияние арабиногалактана на микробиологические показатели и хранимоспособность кисломолочного продукта // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4 (27). С. 72–76. EDN: PILQHH.

6. Завезенова И. В. Йогуртный кисломолочный продукт, обогащенный функциональной добавкой арабиногалактан // Фундаментальные исследования. 2014. № 6–1. С. 29–32. EDN: SDZBFR.

7. Коденцова В. М., Рисник Д. В. Обогащение молочной продукции недостающими в рационе россиян пищевыми веществами // Молочная промышленность. 2023. № 5. С. 74–77. DOI: 10.21603/1019-8946-2023-5-7.

8. Тихонов С. Л., Тихонова Н. В., Кольберг Н. А., Кудряшов Л. С. Систематизация научных знаний о технологии получения и механизме действия некоторых биологически активных пептидов // АПК России. 2022. Т. 29. № 2. С. 254–261. DOI: 10.55934/2587-8824-2022-29-2-254-261.

9. Агибаева А. Ж., Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л. Разработка биотехнологии молочного продукта для специализированного питания // Новейшие достижения в области медицины, здравоохранения и здоровьесберегающих технологий : материалы I междунар. конгресса. Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2022. С. 18–21. DOI: 10.21603/-I-IC-5.

10. Лисин П. А., Пасько О. В., Есипова М. С. Реологическая оценка структуры йогурта обогащенного // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (26). С. 111–120. EDN: YSEBKH.

11. Круподеров А. Ю., Николаев Л. К., Кузнецов А. В. Реологические характеристики аномально вязких пищевых продуктов и других сред // Научный журнал ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4. С. 96–106. EDN: TBUBZN.

12. Держапольская Ю. И., Решетник Е. И., Грибанова С. Л. Использование растворимых пищевых волокон в продуктах функционального питания // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. С. 258–263. DOI: 10.22450/9785964205425_3_258.

References

1. Pilipenko V. I., Isakov V. A., Perova I. B., Vorobyeva V. M., Kochetkova A. A. Biological and technological aspects of food enrichment with dietary fiber. *Voprosy dietologii,* 2023;13(2):14–25 (in Russ.). DOI: 10.20953/2224-5448-2023-2-14-25.

2. Boyarineva I. V. Probiotiki in functional nutrition. *Vestnik Habarovskogo gosudarstvennogo universiteta ekonomiki i prava,* 2020;3(104):160–163 (in Russ.). DOI: 10.38161/2618- 9526-2020-3-03.

3. Gavryushina I. V., Zimnyakov V. M., Krylova Yu. V. The possibility of enrichment of dairy products with selenopyrane and arabinogalactan. *Niva Povolzh'ja,* 2016;4(41):9–15 (in Russ.).

4. Pryanichnikova N. S., Fedotova O. B. Formation of specified properties of dairy products through the use of tree extracts and tree bark. Proceedings from Food. Ecology. Quality: *XVI Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 142–144), Barnaul, Altajskij gosudarstvennyj universitet, 2019 (in Russ.). EDN: HSAABG.

5. Utochkina E. A., Reshetnik E. I. The influence of arabinogalactan on microbiological parameters and storage capacity of fermented milk product. *Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv = Food Processing: Techniques and Technology,* 2012;4(27):72–76 (in Russ.). EDN: PILQHH.

6. Zavezenova I. V. Yoghurt fermented milk product enriched with the functional additive arabinogalactan. *Fundamental'nye issledovanija,* 2014;(6-1):29–32 (in Russ.). EDN: SDZBFR.

7. Kodentsova V. M., Risnik D. V. Enrichment of dairy products with nutrients missing from the Russian diet. *Molochnaya promyshlennost' = Dairy industry',* 2023;5:74–77 (in Russ.). DOI: 10.21603/1019-8946-2023-5-7.

8. Tikhonov S. L., Tikhonova N. V., Kolberg N. A., Kudryashov L. S. Systematization of scientific knowledge about the production technology and mechanism of action of certain biologically active peptides. *APK Rossii,* 2022;29 (2):254–261 (in Russ.). DOI: 10.55934/2587-8824-2022-29-2-254-261.

9. Agibaeva A. Zh., Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. L. Dairy product biotechnology development for specialized nutrition. Proceedings from The latest achievements in the field of medicine, healthcare and health-saving technologies: *I Mezhdunarodnyj kongress.* (PP. 18–21), Kemerovo, Kemerovskij gosudarstvennyj universitet, 2022 (in Russ.). DOI: 10.21603/-I-IC-5.

10. Lisin P. A., Pasko O. V., Esipova M. S. Rheological assessment of the structure of enriched yogurt. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta,* 2017;2(26):111–120 (in Russ.). EDN: YSEBKH.

11. Krupoderov A. Yu., Nikolaev L. K., Kuznetsov A. V. Rheological characteristics of abnormally viscous food products and other media. *Nauchnyj zhurnal ITMO. Serija: Processy i apparaty pishhevyh proizvodstv,* 2014;4:96–106 (in Russ.). EDN: TBUBZN.

12. Derzhapolskaya Yu. I., Reshetnik E. I., Gribanova S. L. The use of soluble dietary fiber in functional nutrition products. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya.* (PP. 258–263), Blagoveshhensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023 (in Russ.). DOI: 10.22450/9785964205425_3_258.

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 07.12.2023; принята к публикации 13.12.2023.

The article was submitted 10.11.2023; approved after reviewing 07.12.2023; accepted for publication 13.12.2023.

Информация об авторах

Решетник Екатерина Ивановна, *доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 690318, ORCID: 0000-0002-3166-9992, soia-28@yandex.ru;*

Держапольская Юлия Игоревна, *кандидат технических наук, доцент кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 698841, ORCID: 0000-0002-0081-1933, yule4ka_1982@mail.ru;*

Грибанова Светлана Леонидовна, *кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии переработки сельскохозяйственной продукции, Дальневосточный государственный аграрный университет, Author ID: 906379, ORCID: 0000-0003-1448-4328, lsv24leon@mail.ru;*

Ли Чунь, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Восточный сельскохозяйственный университет, Китайская Народная Республика, spxylch@126.com;*

Ли Ютин, *магистр сельскохозяйственных наук, Харбинская сельскохозяйственная научно-техническая компания «Лэши», Китайская Народная Республика, hrbleshi@163.com*

Information about the authors

Ekaterina I. Reshetnik, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 690318, ORCID: 0000-0002-3166-9992, soia-28@yandex.ru;*

Yulia I. Derzhapolskaya, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agricultural Processing Technology, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 698841, ORCID: 0000-0002-0081-1933, yule4ka_1982@mail.ru;*

Svetlana L. Gribanova, *Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Agricultural Processing Technology, Far Eastern State Agrarian University, Author ID: 906379, ORCID: 0000-0003-1448-4328, lsv24leon@mail.ru;*

Li Chun, *Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Northeast Agricultural University, China, spxylch@126.com;*

Li Yuting, *Master of Agricultural Sciences, Harbin Agricultural Science and Technology Company "Leshi", hrbleshi@163.com*

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

ПОРЯДОК НАПРАВЛЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К НАУЧНЫМ СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК»

Представленные к публикации статьи должны содержать результаты неопубликованных законченных научных исследований, представлять научную новизну и иметь практическую значимость.

Редакция журнала принимает статьи по следующим научным специальностям:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки).

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки).

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки).

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (биологические науки, ветеринарные науки).

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (биологические науки, сельскохозяйственный науки).

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).

Также принимаются статьи, соответствующие научному направлению «Пищевые системы (технические науки)».

Авторы несут ответственность за соблюдение прав третьих лиц, достоверность сведений, используемых в материалах статьи и достоверность источников, указанных в работе.

Принимаются оригинальные научные статьи, неопубликованные ранее и не отправленные для публикации в другие издания. Проверка на оригинальность проводится в системе «Антиплагиат». Минимальный уровень оригинальности текста – 80 %. Самоцитирование, как и цитирование других авторов, должно быть обоснованным и соответствовать тематике, целям и задачам научной работы.

Допускается самоцитирование в объеме не более 10 %.

Объем научной статьи должен составлять не менее 25 000 знаков с пробелами, что приблизительно соответствует 15–16 страницам текста, набранного шрифтом размером 14 пт, полуторным междустрочным интервалом, включая текст таблиц и аннотацию (в подсчет не включается список источников и переведенный текст).

При подаче статьи авторы указывают: ФИО полностью, место работы, должность, ученое звание, степень, контактную информацию (телефон, e-mail, почтовый адрес для отправки печатной версии журнала).

Обязательно – Author ID (идентификатор автора в РИНЦ).

Желательно – ORCID (международный, открытый идентификатор исследователя и автора). Регистрация на сайте https://orcid.org/

Принимается рукопись статьи, имеющая не более 5 авторов.

Структура статьи должна быть разбита на логично взаимосвязанные разделы с использованием следующих подзаголовков: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Заключение», «Список источников». Во введении в обязательном порядке указывается цель исследования, в заключении приводятся выводы.

В аннотации указывают существо проведенных автором научных исследований, выполненные автором работы и полученные результаты. Аннотация должна показывать научную новизну и практическую значимость проведенного исследования. Структура аннотация аналогична структуре статьи. *Рекомендуемый объем аннотации – от 200 до 250 слов. При подготовке аннотации необходимо соблюдать* ***следующие правила:***

1) аннотация излагается тезисно, простыми короткими предложениями; при этом начинать каждое предложение рекомендуется с глагола в прошедшем времени (исследовано…, проведен анализ…, доказано…, обосновано… и т. д.);

2) при изложении аннотации нужно использовать простые речевые обороты, не усложнять и не загромождать текст сложными конструкциями; не приводить примеры;

3) аннотация не должна содержать дополнительную интерпретацию или критические замечания автора статьи; в ней также не должно быть информации, которой нет в статье;

4) в аннотации не следует приводить мнения ученых по научной проблеме, делать их аналитический обзор, давать ссылки на использованные источники;

5) необходимо избегать употребления личных местоимений (нами выполнено, мы доказали, на наш взгляд, мы полагаем и т. д.); следует выражаться обезличено;

6) в аннотации не допускается дословное повторение формулировок научной статьи, простое копирование ее положений;

7) в аннотации запрещается разрывать текст на абзацы, а также использовать иллюстрации, таблицы, формулы и сноски.

Текст научной статьи должен быть тщательно вычитан и отредактирован. При этом в процессе редакционно-издательской обработки в текст могут вноситься изменения лингвостилистического характера, а также изменения в части соответствия представления текста требованиям государственных стандартов.

Текст научной статьи набирается в текстовом редакторе с использованием формата листа А4. Размеры полей листа: верхнее, нижнее и правое – по 20 мм; левое – 25 мм. Используется шрифт Times New Roman с кеглем 14 пт (в отношении таблиц, рисунков размер шрифта может понижаться, но не ниже, чем 10 пт; формул – не ниже, чем 12 пт). Принимается полуторный междустрочный интервал (при подготовке таблиц, рисунков, формул допускается одинарный интервал). ***Автоматическая расстановка переносов не устанавливается.***

До основного текста статьи приводят на языке текста статьи, а затем повторяют на английском языке (кроме УДК) следующую информацию:

– *код УДК*;

– через одну строку: *название статьи* (строчными буквами (с первой прописной), полужирным начертанием шрифта, с выравниванием по центру, без абзацного отступа);

– через одну строку: *имя, отчество (при наличии) и фамилия автора (полностью)*;

– на следующей строке – *полное наименование организации*, являющейся местом работы (учебы) автора, с указанием региона, города и страны; адреса электронной почты автора;

– в случае нескольких авторов статьи информация повторяется для каждого автора в отдельности; при этом, если все авторы статьи работают (обучаются) в одной организации, место работы (учебы) каждого автора отдельно не указывается;

– через одну строку – *Аннотация*;

– на следующей строке – *Ключевые слова*. Количество ключевых слов (словосочетаний) не должно быть меньше 5 и больше 10 слов (словосочетаний), отражающих предметную и терминологическую область статьи.

После ключевых слов – *Благодарности*, где приводят слова благодарности организациям, научным руководителям и другим лицам, оказавшим помощь в проведении исследования, подготовке статьи, а также сведения о финансировании исследования, подготовки и публикации статьи.

При изложении текста статьи необходимо соблюдать правила:

1. В тексте статьи картинки и фотографии применяются только в случае необходимости, с учетом научной значимости изображения.
2. Рисунки, диаграммы, графики – не цветные. Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. В отдельных случаях, исходя из научной целесообразности, допускается включение цветного изображения.
3. Таблицы, формулы, диаграммы, блок-схемы приводить только в редактируемом формате. Не допускается вставка данных объектов в виде картинок, фотографий, сканированных изображений. Рекомендуется приложить к тексту статьи файлы, в которых содержатся соответствующие объекты, выполненные в программах *Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Visio*.
4. При размещении диаграммы следует подписывать оси, указывая соответствующие величины и их размерность; приводить легенду; а, по возможности, и подписи данных.
5. При создании математических формул допускается использовать «Редактор уравнений» *Microsoft Word*, либо специализированную программу *Math Type* не ниже седьмой версии. Не следует применять редакт ор формул *Microsoft Equation*.
6. В тексте допустимо использование только общепринятых сокращений, установленных правилами русского языка, и общеизвестных аббревиатур; в остальных случаях – автор обязательно должен давать расшифровку. Это же касается и обозначений, приводимых в формулах, блок-схемах.
7. Подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам повторяются на английском языке.

При оформлении списка источников следует учитывать:

1. Список источников должен включать только те источники, которые были использованы при проведении исследования и подготовке статьи.
2. Список источников – не менее 10 и не более 20 источников, в том числе

– не менее 50 % ссылок на публикации из периодических изданий – журналов за последние 5 лет;

– не менее 30 % ссылок – на публикации из ядра РИНЦ;

– допускается не более 10 % ссылок старше 10 лет; ссылки на такие источники должны быть логически обоснованы;

– ссылки на материалы конференции – не более 3 лет после опубликования материалов;

– в числе источников должно быть не менее 20 % зарубежных публикаций.

3. В список источников ***не включаются*** неопубликованные работы, учебники и учебные пособия, тезисы материалов конференций, сведения о положительных решениях и заявках на получение патентов на изобретения и полезные модели, диссертации. При необходимости сослаться на результаты диссертационного исследования – в списке приводятся журнальные статьи, опубликованные по результатам исследования или автореферат диссертации.

4. Не рекомендуется ссылаться на издания, недоступные для большинства читателей и не имеющие авторства (ведомственные издания и инструкции, ГОСТ, СНИП, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и журналах, общепринятые методики, официальные сайты и т. д.). Ссылка на данные документы оформляется в тексте (заключаются в круглые скобки) или оформляется подстрочными ссылками в соответствии с ГОСТ Р 7.05–2008.

5. При ссылке на нормативный документ обязательно указывать дату его принятия, номер и название нормативного акта.

6. Список источников оформляют в соответствии с ГОСТ 7.0.5–2008. «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления».

При этом нужно учесть, что в заголовке описания источника (перед названием) указываются все авторы. В случае, если авторов больше шесть, то указывают первые шесть авторов и далее ставится приписка и др. Менять очередность авторов в изданных источниках не допускается.

7. Список источников составляется в порядке упоминания в тексте. В тексте ссылки на цитируемую литературу приводятся в квадратных скобках в конце предложения перед точкой, с указанием порядкового номера ссылки и страницы, например: [2], [1, С. 15]. **При отсутствии ссылки в тексте, при редакционно-издательской обработке источник будет удален из списка.**

8. Библиографическое описание источника приводится на языке, на котором он опубликован.

9. Ссылки должны быть верифицированы, выходные данные проверены на официальном сайте журналов или издательств, в РИНЦ.

10. При наличии идентификатора статьи DOI и (или) EDN – он приводится в обязательном порядке в конце библиографического описания источника.

11. Ссылка на электронный ресурс должна отсылать читателя непосредственно на цитируемый источник, а не на страницу сайта, где он размещен.

12. Если журнал издается только в электронном виде – ссылка оформляется на электронный ресурс, с указанием даты обращения к источнику.

Информация об авторах статьи. По каждому автору статьи необходимо привести:

– фамилия, имя и отчество (при наличии) – полностью;

– ученую степень (при наличии);

– ученое звание (при наличии);

– для авторов, не имеющих ученой степени и ученого звания, указывается занимаемая должность (например, младший научный сотрудник, старший преподаватель и т. д.);

– если автором является обучающийся, указывается категория обучающегося (например, аспирант, студент магистратуры и т. д.);

– наименование организации, являющейся основным местом работы (учебы);

– адрес электронной почты.

Вклад авторов. Сведения о вкладе каждого автора, если статья имеет несколько авторов, приводят после «Информации об авторах». Кратко описывается личный вклад каждого автора (идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи и т. д.) либо указывается – все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Приводится информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редакцию о реальном или потенциальном конфликте интересов. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом. Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Обращаем внимание, что переводятся на английский язык: информация об авторах, аннотация, ключевые слова, благодарности, подписи к изображениям, рисункам, таблицам, графикам, диаграммам.

Электронная версия статьи передается по электронной почте на адрес издания: dvagrovestnik@dalgau.ru

При наличии замечаний по научной статье, они направляются автору на указанный им адрес электронной почты. Автор обязуется ответить на замечания в течение пяти рабочих дней с даты получения письма или связаться с редакцией с просьбой продления срока. В противном случае автор несет риск неопубликования статьи в текущем номере издания.

РЕДАКЦИЯ:

Михайлов А. А. – редактор, ведущий специалист по редакционно-издательской подготовке Центра публикационной активности Дальневосточного ГАУ;

Сысоенко В. В. – переводчик, ст. преподаватель кафедры гуманитарных дисциплин Дальневосточного ГАУ;

Борденюк Д. В. – специалист по информационным ресурсам, ведущий программист центра информатизации учебного процесса Дальневосточного ГАУ;

Черных Е. И. – корректор

675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая, 86, каб. 301,
редакция журнала «Дальневосточный аграрный вестник»

тел. (факс) (4162) 995127

тел. (4162) 995115 – главный редактор; e-mail: tikhonchukp@rambler.ru
тел. (4162) 995147 – редакция журнала; e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru