

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

**ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ
ВЕСТНИК**

**FAR EASTERN AGRICULTURAL
JOURNAL**

**Том 19
Номер 1
2025**

- *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*

Тихончук П. В., председатель редакционного совета, главный редактор, д-р с.-х. наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Селихова О. А., заместитель главного редактора, канд. с.-х. наук, доцент, проректор по научной работе ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск
Овчинникова О. Ф., ответственный секретарь, ст. преподаватель кафедры экономики АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск

Редакционный совет:

Асеева Т. А., д-р с.-х. наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ ДВ НИИСХ, с. Восточное, Хабаровский край;
Белко А. А., канд. вет. наук, доцент, проректор по научной работе УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь;
Владимиров Л. Н., д-р биол. наук, профессор, чл.-корр. РАН, Заслуженный деятель науки РФ и Республики Саха (Якутия), Президент Академии наук Республики Саха (Якутия), г. Якутск;
Друзьянова В. П., д-р техн. наук, профессор, Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, г. Якутск;
Емельянов А. Н., канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., директор ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск;
Клюквин А. Г., д-р биол. наук, профессор, академик РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии с.-х. культур, ФГБНУ «ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск;
Комин А. Э., канд. с.-х. наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск
Ли Хунцэн, д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., Хейлуцзянская академия сельскохозяйственных наук, Китайская Народная Республика;
Остякова М. Е., д-р биол. наук, доцент, директор ФГБНУ ДальЗНИВИ, г. Благовещенск;
Синеговская В. Т., д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник лаборатории физиологии растений ФГБНУ ФНЦ ВНИИ сои, г. Благовещенск;
Тихонов С. Л., д-р техн. наук, профессор кафедры пищевой инженерии аграрного производства ФГБОУ ВО «Уральский государственный аграрный университет», г. Екатеринбург;
Хамзаева И. С., д-р техн. наук, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления», г. Улан-Удэ;
Хан Тяньфу, д-р наук (PhD), профессор, Китайская академия сельскохозяйственных наук, Институт растениеводства, Китайская Народная Республика;
Чабаев М. Г., д-р с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область

Редакционная коллегия:

Громов И. Н., д-р вет. наук, профессор, заведующий кафедрой патологической анатомии и гистологии, УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», Республика Беларусь;
Захарова Е. Б., д-р с.-х. наук, доцент кафедры общего земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Ключникова Н. Ф., д-р с.-х. наук, заместитель директора по научной работе ФГБНУ ДВ НИИСХ, с. Восточное, Хабаровский край;
Кухаренко Н. С., д-р вет. наук, профессор кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Миллер Т. В., канд. биол. наук, доцент кафедры патологии, морфологии и физиологии ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Овчинников А. А., д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой кафедры кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск;
Решетник Е. И., д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Темираев Р. Б. – д-р с.-х. наук, профессор, заведующий кафедрой биологии ФГБОУ ВО Горский государственный аграрный университет, г. Владикавказ;
Труш Н. В., д-р биол. наук, доцент, профессор кафедры биологии и охотоведения ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Туаева Е. В., д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела кормления сельскохозяйственных животных Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста», пос. Дубровицы, Московская область;
Шарвадзе Р. Л., д-р с.-х. наук, профессор, декан факультета ветеринарной медицины, зоотехнии и биотехнологий ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск;
Шишлов С. А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВО Приморский ГАТУ, г. Уссурийск;
Щитов С. В., д-р техн. наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ, г. Благовещенск

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-ru/cat/1/
edition/194054/](https://www.pressa-ru/cat/1/edition/194054/)

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 № 1112
по состоянию на 05.02.2025)**

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

<p style="text-align: center;">Ministry of Agriculture of the Russian Federation Far Eastern State Agrarian University FAR EASTERN AGRICULTURAL JOURNAL Scientific and Practical Journal Issued since 2007. Issued quarterly</p>	<p style="text-align: center;">Vol. 19. No. 1 January – March 2025</p>
<p>P. V. Tikhonchuk, Chairman of Drafting Committee, Editor-in-Chief, Dr. Agr. Sci., Professor, Rector of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk O. A. Selikhova, Deputy Editor-in-Chief, Cand. Agr. Sci., Associate Professor, Vice-rector for Scientific Work of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk O. F. Ovchinnikova, Executive Secretary, Senior Teacher of the Department of Agro-Industrial Complex Economics, Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk Editorial Council: T. A. Aseeva, Dr. Agr. Sci., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai; A. A. Belko, Cand. Veterinar. Sci., Associate Professor, Vice-Rector for Scientific Work, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus; L. N. Vladimirov, Dr. Biol. Sci., Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia and Sakha Republic (Yakutia), President of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk; V. P. Druzyanova, Dr. Tech. Sci., Professor, North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk; A. N. Emelyanov, Cand. Agr. Sci., Senior Researcher, Director of the Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk; A. G. Klykov, Dr. Biol. Sci., Professor, Academician of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Selection and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agrobiotechnology in the Far East named after A. K. Chaika, Ussuriysk; A. E. Komin, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor, Rector of the Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk; Li Hongpeng, Dr. Agr. Sci., Senior Researcher, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, China; M. E. Ostyakova, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Director of the Far Eastern Areal Research Veterinary Institute, Blagoveshchensk; V. T. Sinegovskaya, Dr. Agr. Sci., Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honoured Scientist of Russia, Chief Researcher of the Plant Physiology Laboratory of the All-Russian Research Institute of Soy, Blagoveshchensk; S. L. Tikhonov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Food Engineering of Agricultural Production, Ural State Agrarian University, Yekaterinburg; I. S. Khamagaeva, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Technology of Animal Products of the East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude; Tianfu Han, PhD, Professor, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Institute of Crop Science, China; M. G. Chabaev – Dr. Agr. Sci., Professor, Chief Researcher of the Department of Farm Animal Feeding of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region Editorial Board: I. N. Gromov, Dr. Veterinar. Sci., Professor, Head of the Department of Pathological Anatomy and Histology, Educational Establishment "Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine of the Order of "The Badge of Honor", Republic of Belarus; E. B. Zakharova, Dr. Agr. Sci., Associate Professor of the Department of General Agriculture and Plant Growing of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; N. F. Klyuchnikova, Dr. Agr. Sci., Deputy Director of Research of the Far Eastern Research Institute of Agriculture, Vostochnoye, Khabarovsk krai; N. S. Kukhareenko, Dr. Veterinar. Sci., Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; T. V. Miller, Cand. Biol. Sci., Associate Professor of the Department of Pathology, Morphology and Physiology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; A. A. Ovchinnikov, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Feeding, Animal Hygiene, Technology of Production and Processing of Agricultural Products of the South Ural State Agrarian University, Chelyabinsk; E. I. Reshetnik, Dr. Tech. Sci., Professor, Head of the Department of Agricultural Processing Technology of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; R. B. Temiraev, Dr. Agr. Sci., Professor, Head of the Department of Biology of the Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz; N. V. Trush, Dr. Biol. Sci., Associate Professor, Professor of the Department of Biology and Hunting of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; E. V. Tuaeua, Dr. Agr. Sci., Leading Researcher of the Department of Feeding Farm Animals of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst, Dubrovitsy, Moscow region; R. L. Sharvadze, Dr. Agr. Sci., Professor, Dean of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk; S. A. Shishlov, Dr. Tech. Sci., Professor, Primorsky State Agrarian and Technological University, Ussuriysk; S. V. Shchitov, Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Transport-Energy Facilities and Mechanization of Agro-Industrial Complex of the Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk</p>	<p>Founder and Publisher – Far Eastern State Agrarian University</p> <p>Founder and Publisher Address: 675005, g. Blagoveshchensk, Amur Region, street Polytechnik, 86.</p> <p>Registered by Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology, and Mass Media (Roskommadzor) Registration record ПН № ФС 77-78057 dated March 27, 2020</p> <p>Subscription Indices in the Catalogue "PRESS OF RUSSIA" 94054 (semi-annual); Online subscription: https://www.pressa-rf.ru/cat/1/edition/i94054/</p> <p>The Journal is presented in the system of Russian Science Citation Index (RSCI) and on the platform of Scientific Electronic Library www.elibrary.ru</p> <p>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 No. 13-6518 from 01.12.2015) (In the HAC List No. 1112 for February 05, 2025)</p> <p>Editorial office address: 86, Politekhnikeskaya Str., Bldg. 1, Rm. 301 Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Tel. (4162) 995147 Tel./fax (4162) 995127 www.vestnik.dalgau.ru e-mail: DVagrovestnik@dalgau.ru</p>
<p style="text-align: center;">Format 60x90/8. Edition 600 copies. Order 135. Signing date 24.03.2025. Publication date 31.03.2025. Free price. Far Eastern State Agrarian University: 86, Politekhnikeskaya str., Blagoveshchensk, Amur Region, 675005 Printing house address: 86, Politekhnikeskaya str., Bldg. 1, Aud. 117, Blagoveshchensk, Amur Region, 675005</p> <p>ISSN 1999-6837 (Print), 2077-9089 (Online) © Far Eastern State Agrarian University, 2025</p>	

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОНОМИЯ.....	5
<i>Беляев В. И., Пирожков Д. Н., Тагильцев А. В., Соколова Л. В.</i> Моделирование урожайности яровой пшеницы при дифференцированном посеве и внесении минеральных удобрений	5
<i>Ванюшкина И. А., Синиченко Н. А., Козарь Е. Г., Пышная О. Н.</i> Развитие болезней и защита сортов томата открытого грунта в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока России.....	17
<i>Зенкина К. В., Федорова С. С.</i> Степень фенотипического доминирования количественных признаков у реципрочных гибридов пшеницы мягкой яровой	32
<i>Чагарова О. В., Косицына О. А.</i> Донные отложения как удобрение для органического земледелия	40
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ.....	47
<i>Карамушкина С. В., Вадько А. В., Корнилова А. В.</i> Эффективность откорма баранчиков с использованием отходов соевого производства	47
<i>Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И.</i> Электрофизиологические показатели variability сердечного ритма оленей Республики Саха (Якутия)	55
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	67
<i>Галстян М. В., Шульгина Л. В., Лях В. А.</i> Использование протертой пасты из семян кунжута в технологии песочного печенья.....	67
<i>Мотовилов О. К., Бородай Е. В., Голуб О. В.</i> Исследование процесса диффузии хлорида натрия в мягком сыре	78
<i>Попова О. М., Галикиева А. Д.</i> Разработка ацидофильного продукта, обладающего высокими органолептическими свойствами и повышенной пищевой ценностью	87
<i>Протасов С. К., Боровик А. А., Брайкова А. М.</i> Кинетика сушки неподвижного слоя пшеницы	95
ТРЕБОВАНИЯ К СТАТЬЯМ, ПУБЛИКУЕМЫМ В ЖУРНАЛЕ «ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК».....	106

CONTENTS

AGRONOMY.....	5
<i>Belyaev V. I., Pirozhkov D. N., Tagiltsev A. V., Sokolova L. V.</i> Modeling of spring wheat yield with differentiated seeding and mineral fertilizer application	5
<i>Vanyushkina I. A., Sinichenko N. A., Kozar E. G., Pyshnaya O. N.</i> Disease development and protection of open-ground tomato varieties in monsoon climate conditions in the southern Russian Far East.....	17
<i>Zenkina K. V., Fedorova S. S.</i> The degree of phenotypic dominance of quantitative traits in reciprocal hybrids of spring soft wheat.....	32
<i>Chagarova O. V., Kositsyna O. A.</i> Bottom sediments as fertilizer for organic farming.....	40
ANIMAL BREEDING AND VETERINARY	47
<i>Karamushkina S. V., Vadko A. V., Kornilova A. V.</i> Efficiency of lamb fattening with the use of soybean waste	47
<i>Stepura E. E., Fedorov V. I., Dmitrieva T. I.</i> Electrophysiological indicators of heart rate variability in deer of Republic of Sakha (Yakutia).....	55
AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	67
<i>Galstyan M. V., Shulgina L. V., Lyakh V. A.</i> Using mashed paste made from sesame seeds in shortbread cookies technology.....	67
<i>Motovilov O. K., Borodai E. V., Golub O. V.</i> Study of the process of sodium chloride diffusion in soft cheese.....	78
<i>Popova O. M., Galikieva A. D.</i> Designing of acidophilus product with high organoleptic properties and increased nutritional value	87
<i>Protasov S. K., Borovik A. A., Braykova A. M.</i> Kinetics of wheat fixed bed drying	95
THE REQUIREMENTS APPLIED TO THE ARTICLES BEING PUBLISHED IN THE FAR EASTERN AGRARIAN HERALD	106

АГРОНОМИЯ

AGRONOMY

Научная статья

УДК 633.11:631.8.022.3

EDN SWIFKG

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-5-16>**Моделирование урожайности яровой пшеницы при дифференцированном посеве и внесении минеральных удобрений****Владимир Иванович Беляев¹, Дмитрий Николаевич Пирожков², Андрей Владимирович Тагильцев³, Людмила Валерьевна Соколова⁴**^{1,2,3} Алтайский государственный аграрный университет, Алтайский край, Барнаул, Россия⁴ Алтайский государственный университет, Алтайский край, Барнаул, Россия¹ prof-belyaev@yandex.ru, ² mms.asau@yandex.ru,³ andrey20291@gmail.com, ⁴ l.v.sokol@mail.ru

Аннотация. Одними из наиболее действенных методов повышения урожайности яровой мягкой пшеницы являются совершенствование технологий ее возделывания, применение дифференцированного посева и точечное внесение минеральных удобрений. Разработка и внедрение технологий точного земледелия становится важным инструментом для сельскохозяйственного производства. Цель работы – оценка агрономической эффективности применения различных вариантов норм высева семян и доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в условиях степной зоны Новосибирской области. В 2024 году в ООО «Рубин» Краснозерского района Новосибирской области на трех полях хозяйства изучались агрономическая эффективность дифференцированных систем питания яровой пшеницы сорта Предгорная при равной норме высева семян; агрономическая эффективность дифференцированной системы питания яровой пшеницы и агрономическая эффективность дифференцированных систем питания яровой пшеницы при равной дозе внесения минеральных удобрений. Анализ результатов показывает, что наиболее значимое влияние на урожайность пшеницы оказала зона плодородия поля (X_3); на втором месте – доза внесения минеральных удобрений (X_2); на третьем – норма высева семян пшеницы (X_1). Установлено, что применение различных доз внесения минеральных удобрений и норм высева семян по зонам плодородия полей очень существенно влияет на структуру урожая, величину затрат и экономическую эффективность. Поэтому правильное применение дифференцированного посева и внесения удобрений по зонам плодородия почвы на полях является одним из наиболее значимых направлений повышения эффективности производства зерна.

Ключевые слова: яровая пшеница, дифференцированный посев, минеральные удобрения, норма высева, урожайность, точное земледелие

Для цитирования: Беляев В. И., Пирожков Д. Н., Тагильцев А. В., Соколова Л. В. Моделирование урожайности яровой пшеницы при дифференцированном посеве и внесении минеральных удобрений // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 5–16. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-5-16>.

Original article

Modeling of spring wheat yield with differentiated seeding and mineral fertilizer application**Vladimir I. Belyaev¹, Dmitriy N. Pirozhkov², Andrey V. Tagiltsev³, Lyudmila V. Sokolova⁴**^{1,2,3} Altai State Agrarian University, Altai krai, Barnaul, Russian Federation

⁴ Altai State University, Altai krai, Barnaul, Russian Federation

¹ prof-belyaev@yandex.ru, ² mms.asau@yandex.ru,

³ andrey20291@gmail.com, ⁴ l.v.sokol@mail.ru

Abstract. One of the most effective methods for increasing the yield of spring soft wheat is the improvement of its cultivation technologies, the use of differentiated seeding and the targeted application of mineral fertilizers. The development and implementation of precision farming technologies are becoming important tools for agricultural production. The purpose of the work is to evaluate the agronomic efficiency of using various seeding rates and doses of granulated and liquid mineral fertilizers when cultivating spring wheat in the steppe zone of Novosibirsk region. In 2024, the agronomic efficiency of differentiated nutrition systems for spring wheat of Predgornaya cultivar with the same seeding rate; the agronomic efficiency of differentiated nutrition systems for spring wheat and the agronomic efficiency of differentiated nutrition systems for spring wheat with the same dose of mineral fertilizers were studied in three fields of the farm at Rubin LLC in Krasnozersky district, Novosibirsk region. The analysis of the results showed that the most significant influence on the wheat yield was exerted by the field fertility zone (X_3), in second place was the dose of mineral fertilizers (X_2), and in third place was the seeding rate of wheat seeds (X_1). It has been established that the use of different doses of mineral fertilizers and seeding rates by field fertility zones has a very significant effect on the structure of the harvest, the amount of costs and economic efficiency. Therefore, the correct use of differentiated seeding and fertilizer application by soil fertility zones in the fields is one of the most significant areas for increasing the efficiency of grain production.

Keywords: spring wheat, variable seeding, mineral fertilizers, seeding rate, yield, precision farming

For citation: Belyaev V. I., Pirozhkov D. N., Tagiltsev A. V., Sokolova L. V. Modeling of spring wheat yield with differentiated seeding and mineral fertilizer application. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:5–16. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-5-16>.

Введение. Яровая пшеница является одной из основных сельскохозяйственных культур, играющих важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономическом развитии государства. Ее урожайность зависит от целого ряда факторов, включая климатические условия, сортовые особенности, агротехнические мероприятия и интенсивность агропроизводства. Одними из наиболее действенных методов повышения урожайности любой сельскохозяйственной культуры являются совершенствование технологий ее возделывания, применение дифференцированного посева и точечное внесение минеральных удобрений [1].

В последние годы эти подходы находят широкое применение, так как помогают значительно повысить экономическую эффективность производства, одновременно снижая негативное воздействие на окружающую среду.

Современное растениеводство сталкивается с необходимостью адаптации к изменяющимся климатическим условиям и оптимизации использования минеральных удобрений, а также других ресурсов. Одним из наиболее перспективных мето-

дов повышения эффективности и устойчивости сельского хозяйства является дифференцированный посев культур.

Исследования подтверждают, что применение дифференцированного посева способствует улучшению структуры посевов и рациональному использованию ресурсов почвы [2, 3].

Также одним из главных факторов достижения высоких урожаев выступает грамотное внесение минеральных удобрений [4]. Удобрения позволяют эффективно регулировать содержание питательных веществ в почве, улучшать ее физико-химические характеристики и обеспечивать растения всеми необходимыми элементами для полноценного роста. Однако избыточное использование удобрений может привести к ухудшению состояния экосистем. Точное внесение удобрений позволяет снизить их расход, уменьшить негативное воздействие на окружающую среду и повысить экономическую эффективность производства [5–8]. Разработка и внедрение технологий точного земледелия становится важным инструментом для сельскохозяйственного производства.

Цель работы – оценка агрономической эффективности применения различных вариантов норм высева семян и доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений при возделывании яровой пшеницы в условиях степной зоны Новосибирской области.

Материалы и методы исследования. Закладка полевых опытов проводилась в 2024 г. в ООО «Рубин» Краснозерского района Новосибирской области на трех полях хозяйства.

Тип почвы – чернозем выщелоченный легкосуглинистый. Дата закладки опыта: 31.05.2024 г. Культура: яровая пшеница сорта Предгорная ЭС. Масса 1 000 зерен 41,0 г, энергия прорастания 96 %, лабораторная всхожесть 97 %. Для предпосевной обработки использовался протравитель семян «Сиеник комби» в дозировке 1,5 л/т. Осенняя обработка почвы не проводилась.

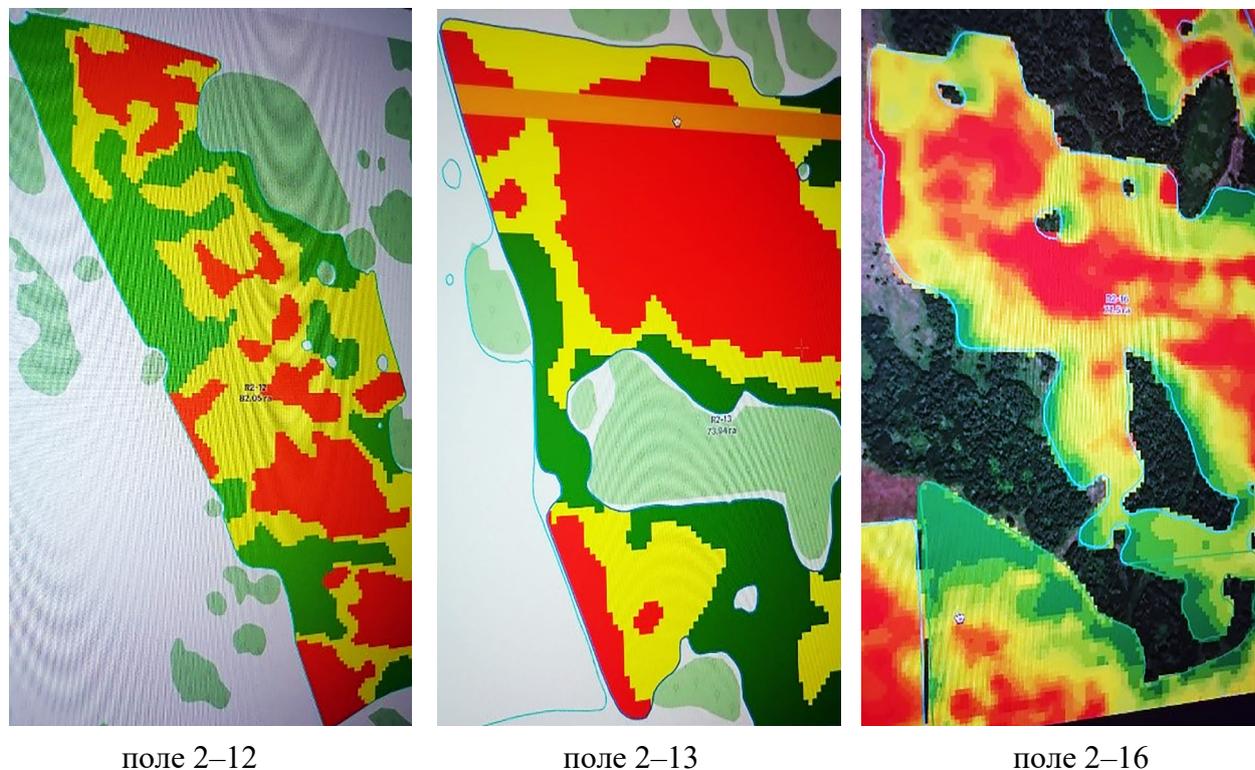
Опыты реализованы на трех полях хозяйства: 2–12 (82 га); 2–13 (75 га) и 2–16 (76 га). На опытном поле 2–12 (полевой опыт № 1) изучалась агрономическая эффективность дифференцирован-

ных систем питания яровой пшеницы при равной норме высева семян. На поле 2–13 (полевой опыт № 2) изучалась агрономическая эффективность дифференцированной системы питания яровой пшеницы. На поле 2–16 (полевой опыт № 3) изучалась агрономическая эффективность дифференцированных систем питания яровой пшеницы при равной дозе внесения минеральных удобрений. На поверхности полей находились измельченные растительные остатки.

Выбор полей проводился на основе карт почвенного плодородия онлайн платформы «Агроноут» [9]. На каждом поле выделялись три зоны почвенного плодородия: высокое – зеленый цвет; среднее – желтый цвет и низкое – красный цвет (рис. 1).

Были реализованы различные варианты сочетаний норм высева семян и доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений согласно вариантам опытов и в соответствии с методикой полевого опыта [10] (табл. 1).

Посев выполнялся агрегатом в составе трактора John Deere 9430 и посевного



**Рисунок 1 – Зоны продуктивности опытных полей (платформа «Агроноут»)
Figure 1 – Soil fertility zones of experimental fields (AgroNote platform)**

Таблица 1 – Варианты опытов
Table 1 – Experimental variants

Номер	Норма высева семян, млн. шт./га	Доза внесения удобрений, кг/га (л/га)	Зона продуктивности поля
<i>Опытное поле 2–12 (норма высева – 3,7 млн. шт./га)</i>			
1	3,700	70 (80)	высокая
2	3,700	70 (80)	средняя
3	3,700	70 (80)	низкая
4	3,700	100 (110)	высокая
5	3,700	100 (110)	средняя
6	3,700	100 (110)	низкая
7	3,700	130 (150)	высокая
8	3,700	130 (150)	средняя
9	3,700	130 (150)	низкая
<i>Опытное поле 2–13 (дифференцированный посев)</i>			
1	4,500	94 (113)	высокая
2	4,500	156 (188)	средняя
3	3,375	156 (188)	низкая
4	3,700	100 (110)	высокая
5	3,700	100 (110)	средняя
6	3,700	100 (110)	низкая
<i>Опытное поле 2–16 (норма внесения удобрений – 100 кг/га (110 л/га))</i>			
1	3,200	100 (110)	высокая
2	3,200	100 (110)	средняя
3	3,200	100 (110)	низкая
4	3,700	100 (110)	высокая
5	3,700	100 (110)	средняя
6	3,700	100 (110)	низкая
7	4,200	100 (110)	высокая
8	4,200	100 (110)	средняя
9	4,200	100 (110)	низкая
Примечание: 1. В качестве гранулированного удобрения применяли диаммофос. 2. Жидкие удобрения готовились в растворном узле хозяйства: КАС S (2 600 л): 1,4 т воды; 900 кг сульфата аммония; 900 кг карбамида КАС N (2 300 л): 0,9 т воды; 1 000 кг аммиачной селитры; 900 кг карбамида.			

комплекса John Deere 1895 (междурядье 25 см). Внесение гранулированных и жидких удобрений в почву проводили вместе с семенами при посеве яровой пшеницы. Обработка посевов по вегетации выполнялась опрыскивателем «Монтана» (27 м):

первая обработка: дата – 25.06.24 г. (Скаут ультра 0,45 л/га; Октапон 0,35 л/га; Каскад премиум 0,03 кг/га; Сансер ультра 0,3 л/га; Восторг 0,15 л/га; Модус 0,2 л/га);

вторая обработка: дата – 24.07.24 г. (Альто супер 0,5 л/га; Ранголи норил 1 л/га).

Уборка урожая проводилась 13 сентября 2024 г. зерноуборочным комбайном John Deere 9670. При уборке выполнялось картирование урожая по каждому полю с применением системы электронного учета.

Результаты исследований и их обсуждение. ООО «Рубин» расположено в степной зоне Новосибирской области.

Распределение осадков и температур (по данным ближайшей метеостанции с. Хабары, 30 км от хозяйства), а также их многолетние значения приведены в таблицах 2, 3. Таким образом, за май – август количество осадков было выше среднего многолетнего на 47 мм (26 %), а средняя температура выше на 0,7 °С (4 %). Причем, если в июне и июле выпало осадков всего 60 и 70 % от нормы, то в мае и августе 175 и 275 % от нормы соответственно. Наибольшее отклонение температуры от многолетней наблюдали в июне (на 2,1 °С выше нормы), а минимальное – в августе (на 0,7 °С выше нормы).

Сводные данные структуры урожая яровой пшеницы по сравнимым вариантам опытов приведены в таблице 4.

Анализ данных показывает, что исследуемые факторы в опытах (уровень плодородия поля, норма высева семян и доза внесения удобрений) в условиях года оказали существенное влияние на изменчивость следующих оцениваемых показателей: средняя масса колосьев с единицы площади и биологическая урожайность (25,1 и 25,9 % соответственно); количество продуктивных стеблей (21,0 %); средняя

высота растений (17,7 %); средняя масса колоса и зерна в нем (14,1 и 16,9 % соответственно); количество зерен в колосе (13,3 %). Минимальная вариация получена у массы 1 000 зерен (6,3 %).

Рассмотрим влияние исследуемых факторов на величину урожайности пшеницы по трем полям и вариантам опытов отдельно. В полевом опыте на поле 2–12 исследовалось влияние доз внесения минеральных удобрений и зон плодородия почвы на величину урожайности пшеницы при постоянной норме высева семян (3,7 млн. шт./га). Полученное уравнение связи имеет вид:

$$Y_6 = 20,4 + 0,58X_1 + 4,25X_2; R = 0,77 \quad (1)$$

где X_1 – кодовое обозначение дозы внесения удобрений (–1 – нижний уровень в опыте; +1 – верхний уровень в опыте);

X_2 – кодовое обозначение зоны плодородия исследуемого поля (–1 – зона низкого плодородия; +1 – зона высокого плодородия).

Таким образом, с увеличением дозы внесения удобрений (гранулированные

Таблица 2 – Количество осадков за вегетационный период в 2024 г. (с. Хабары)

Table 2 – Amount of precipitation during the growing season in 2024 (v. Khabary)

Месяц	Сумма осадков по декадам, мм			Всего, мм	Средние многолетние, мм	В процентах от средних многолетних
	I	II	III			
Май	20	6	21	47	27	175
Июнь	13	13	3	29	48	60
Июль	7	18	21	46	66	70
Август	67	16	21	104	38	275
Всего	–	–	–	226	179	126

Таблица 3 – Средние температуры за вегетационный период в 2024 г. (с. Хабары)

Table 3 – Average temperatures during the growing season in 2024 (v. Khabary)

Месяц	Средние температуры по декадам, °С			В среднем, мм	Средние многолетние, °С	В процентах от средних многолетних
	I	II	III			
Май	10,2	13,7	10,3	11,4	12,8	89
Июнь	15,9	20,3	24,5	20,2	18,1	112
Июль	20,1	21,5	21,4	21,0	19,7	107
Август	20,7	18,0	15,9	18,1	17,4	104
В среднем	–	–	–	17,7	17,0	104

Таблица 4 – Структура урожая пшеницы по вариантам опытов

Table 4 – Structure of wheat yield by experimental variants

Вариант	Зона плодородия	K _{ст} , шт./м ²	M _к , ц/га	У _б , ц/га	M ₁₀₀₀ , г	Одно растение			
						h, см	M _{1к} , г	M _{з/к} , г	K _{з/к} , шт.
<i>Опытное поле 2–12</i>									
1	высокое	388,7	40,6	25,6	36,3	93	1,05	0,66	18,2
2	среднее	273,7	27,6	21,6	34,6	78	1,01	0,79	22,8
3	низкое	188,7	15,6	12,0	32,9	52	0,83	0,64	19,3
4	высокое	271,7	31,7	23,1	37,9	87	1,17	0,85	22,4
5	среднее	278,3	32,0	23,7	36,7	68	1,15	0,85	23,2
6	низкое	176,0	20,1	14,6	35,0	66	1,14	0,83	23,7
7	высокое	263,7	34,3	24,8	36,7	92	1,30	0,94	25,7
8	среднее	252,3	24,6	16,5	35,8	82	0,98	0,66	18,3
9	низкое	271,0	31,0	21,4	36,8	78	1,15	0,79	21,5
Среднее		262,7	28,6	20,4	35,9	77,3	1,08	0,78	21,7
<i>Опытное поле 2–13</i>									
1	высокое	283,3	39,5	30,0	38,2	88	1,40	1,06	27,7
2	среднее	385,0	48,1	36,7	38,3	89	1,25	0,95	24,9
3	низкое	327,3	36,0	26,3	39,6	79	1,10	0,80	20,3
4	высокое	317,3	42,5	30,8	38,9	98	1,34	0,97	25,0
5	среднее	293,7	37,3	27,5	38,4	88	1,27	0,94	24,3
6	низкое	317,7	28,0	19,3	32,8	60	0,88	0,61	18,5
Среднее		320,7	38,6	28,4	37,7	83,7	1,21	0,89	23,5
<i>Опытное поле 2–16</i>									
1	высокое	287,0	44,1	33,6	39,0	85	1,54	1,17	30,0
2	среднее	294,7	41,1	32,1	38,9	70	1,40	1,09	28,0
3	низкое	160,0	20,3	15,5	36,8	55	1,27	0,97	26,4
4	высокое	255,7	34,6	26,7	38,5	75	1,35	1,04	27,1
5	среднее	248,0	30,0	23,4	37,7	66	1,21	0,94	25,1
6	низкое	225,7	29,3	22,7	40,8	55	1,30	1,00	24,6
7	высокое	302,3	41,1	31,7	42,8	86	1,36	1,05	24,5
8	среднее	260,7	33,2	25,9	40,7	70	1,27	0,99	24,5
9	низкое	192,0	24,5	19,0	39,2	60	1,28	0,99	25,3
Среднее		247,3	33,1	25,6	39,4	69,1	1,33	1,03	26,1
<i>Данные статистики изменения показателей</i>									
Среднее		271,4	32,8	24,4	37,6	75,8	1,21	0,90	23,8
–95 %		247,4	29,3	21,7	36,6	70,2	1,14	0,84	22,5
+95 %		295,5	36,3	27,0	38,6	81,5	1,28	0,96	25,1
Статистическое отклонение		56,9	8,2	6,3	2,4	13,4	0,17	0,15	3,2
Коэффициент вариации		21,0	25,1	25,9	6,3	17,7	14,1	16,9	13,3
Статистическая ошибка		11,6	1,7	1,3	0,5	2,7	0,03	0,03	0,6
Примечания: K _{ст} – среднее количество продуктивных стеблей, шт./м ² ; M _к – средняя масса колосьев, ц/га; У _б – средняя биологическая урожайность, ц/га; M ₁₀₀₀ – средняя масса 1 000 зерен, г; h – средняя высота растений, см; M _{1к} – средняя масса одного колоса, г; M _{з/к} – средняя масса зерна в колосе, г; K _{з/к} – среднее количество зерен в колосе, шт.									

(жидкие)) с 70 кг/га (80 л/га) до 130 кг/га (150 л/га) урожайность пшеницы возрастала в среднем на 1,16 ц/га, а в зоне высокого плодородия, в сравнении с зоной низкого, на 8,5 ц/га. То есть фактор зоны плодородия почвы был существенно более значим в условиях года, чем доза внесения минеральных удобрений.

На поле 2–16 исследовалось влияние нормы высева семян и зон плодородия почвы на урожайность пшеницы при постоянной дозе внесения минеральных удобрений (100 кг/га (130 л/га)). Полученное уравнение связи имеет вид:

$$Y_6 = 25,6 - 0,77X_1 + 5,80X_2; R = 0,82 \quad (2)$$

где X_1 – кодовое обозначение нормы высева семян (–1 – минимальная норма высева семян; +1 – максимальная норма высева семян);

X_2 – кодовое обозначение зоны плодородия исследуемого поля (–1 – зона низкого плодородия; +1 – зона высокого плодородия).

С увеличением нормы высева семян от 3,2 до 4,2 млн. шт./га урожайность пшеницы снижалась в среднем на 1,54 ц/га. В зоне же высокого плодородия, в сравнении с зоной низкого, урожайность была в среднем выше на 11,6 ц/га. Тем самым фактор зоны плодородия почвы был существенно более значим в условиях года, чем норма высева семян.

На поле 2–13 исследовалось влияние дифференцированного посева по зонам плодородия почвы и без него. В результате средняя урожайность на контроле (без дифференцированного посева) по трем зонам плодородия поля оказалась равна 25,9 ц/га, а при дифференцированном посеве – 31,0 ц/га.

При этом средние дозы внесения минеральных удобрений (гранулированные (жидкие)) различались и составляли 100 кг/га (110 л/га) (без дифференцированного посева) и 135,3 кг/га (163,0 л/га) (с дифференцированным посевом) соответственно при нормах высева семян 2,7 и 4,1 млн. шт./га соответственно.

В среднем, в зоне высокого плодородия поля получена урожайность на уровне 30,4 ц/га при дозах удобрений, равных 97,0 кг/га (111,5 л/га), и норме высева се-

мян, соответствующей 4,1 млн. шт./га. В зоне среднего плодородия урожайность составила 32,1 ц/га при дозах внесения удобрений 128 кг/га (149 л/га) и норме высева семян 4,1 млн. шт./га; в зоне низкого плодородия поля – 22,8 ц/га при дозах внесения удобрений 128 кг/га (149 л/га) и норме высева семян 3,7 млн. шт./га.

Проведем комплексный анализ влияния исследуемых факторов (нормы высева семян, доз внесения удобрений, зоны плодородия полей) на величину урожайности яровой пшеницы по трем опытным полям (2–12; 2–13 и 2–16). В результате обработки полученных данных установлена следующая зависимость урожайности яровой пшеницы от исследуемых факторов в кодовом виде:

$$Y_6 = 23,8 + 0,74X_1 + 3,09X_2 + 5,02X_3; R = 0,72 \quad (3)$$

где X_1 – кодовое обозначение нормы высева семян;

X_2 – кодовое обозначение дозы внесения минеральных удобрений;

X_3 – кодовое обозначение зоны плодородия поля.

Анализ уравнения (3) показывает, что наиболее значимое влияние на урожайность пшеницы оказала зона плодородия поля (X_3); на втором месте – доза внесения минеральных удобрений (X_2); на третьем – норма высева семян пшеницы (X_1). Причем значимостью последней (на принятом 5-процентном уровне значимости) можно даже пренебречь.

Тогда полученное уравнение связи будет иметь следующий вид:

$$Y_6 = 29,3 + 3,17X_2 + 5,13X_3; R = 0,73 \quad (4)$$

Как показал проведенный анализ, урожайность пшеницы в условиях исследуемого года увеличивалась пропорционально дозе внесения минеральных удобрений и увеличению плодородия поля. Причем максимальное различие в урожайности в зоне низкого и высокого плодородия составляет 10,2 ц/га, а при минимальной и максимальной дозе внесения удобрений – 6,1 ц/га.

Полученные зависимости справедливы для следующего соотношения доз

внесения жидких и гранулированных минеральных удобрений в опытах:

$$D_{\text{ж}} = -13,9 + 1,26D_{\text{г}}; R = 0,99 \quad (5)$$

где $D_{\text{ж}}$ – доза внесения жидких минеральных удобрений, л/га;

$D_{\text{г}}$ – доза внесения гранулированных минеральных удобрений, кг/га.

Проведение технико-экономической оценки сравниваемых вариантов базировалось на величине затрат на удобрения и семена, полученной урожайности пшеницы и качестве зерна.

В основу расчетов была положена биологическая урожайность яровой пшеницы по вариантам опытов, приведенная к влажности зерна 14,0 %. Также приняты следующие цены на приобретение удобрений хозяйством (рублей за одну тонну): АРАВИВА NPK(S) 10:26:26(2) – 43 380; сульфат аммония – 12 618; аммиачная селитра – 15 537; карбамид – 32 732,4. Цена семян пшеницы «Предгорная» составляла 22 000 руб. за тонну.

Расчет затрат на семена и удобрения приведен в таблице 5. Как показывает анализ, диапазон денежных затрат на семена и удобрения по вариантам опытов

Таблица 5 – Расчет затрат на семена и удобрения по вариантам опытов

Table 5 – Calculation of seeds and fertilizer costs for experimental variants

Делянка	Норма высева семян, кг/га	Доза внесения удобрений		Затраты на семена, руб./га	Затраты на удобрения, руб./га		Сумма затрат на удобрения и семена, руб./га
		гранулированных, кг/га	жидких, л/га		гранулированные при посеве	жидкие при подкормке	
<i>Опытное поле 2–12</i>							
1	156,4	70	80	3 440,6	3 031,6	2 821,8	9 293,0
2	156,4	70	80	3 440,6	3 031,6	2 820,8	9 293,0
3	156,4	70	80	3 440,6	3 031,6	2 820,8	9 293,0
4	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
5	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
6	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
7	156,4	130	150	3 440,6	5 630,0	5 289,0	14 359,6
8	156,4	130	150	3 440,6	5 630,0	5 289,0	14 359,6
9	156,4	130	150	3 440,6	5 630,0	5 289,0	14 359,6
<i>Опытное поле 2–13</i>							
1	190,2	94	113	4 184,5	4 071,0	3 984,6	12 240,1
2	190,2	156	188	4 184,5	6 756,0	6 628,9	17 569,4
3	142,7	156	188	3 138,4	6 756,0	6 628,9	16 523,3
4	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
5	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
6	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
<i>Опытное поле 2–16</i>							
1	135,3	100	110	2 975,7	4 330,8	3 878,6	11 185,1
2	135,3	100	110	2 975,7	4 330,8	3 878,6	11 185,1
3	135,3	100	110	2 975,7	4 330,8	3 878,6	11 185,1
4	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
5	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
6	156,4	100	110	3 440,6	4 330,8	3 878,6	11 650,0
7	177,5	100	110	3 905,6	4 330,8	3 878,6	12 115,0
8	177,5	100	110	3 905,6	4 330,8	3 878,6	12 115,0
9	177,5	100	110	3 905,6	4 330,8	3 878,6	12 115,0

существенно различался. При этом минимальная величина затрат на семена и удобрения была в вариантах 1–3 на поле 2–12 (9 293,0 руб./га), а максимальная – в варианте 3 на поле 2–13 (17 569,4 руб./га).

Результаты расчетов экономической эффективности сравниваемых вариантов опытов приведены в таблице 6.

Ввиду высоких различий в урожайности пшеницы, максимум выхода про-

дукции в денежном выражении получен в варианте 2 на поле 2–13 и в варианте 1 на поле 2–16 – 44 840,0 и 44 160,0 руб./га соответственно, а минимум – в варианте 3 на поле 2–12 (17 980,0 руб./га). Тем самым различия очень существенны (2,5 раза).

Как результат, разность стоимости продукции и затрат на семена и удобрения находилась по вариантам опытов в пределах от 7 272,4 руб./га (вариант 8 на

Таблица 6 – Сравнительная эффективность норм высева и доз удобрений по вариантам опытов

Table 6 – Comparative efficiency of seeding rates and fertilizer doses for experimental variants

Поле	Делянка	Затраты на семена и удобрения, руб./га	Уб, ц/га	C _б , %	C _к , %	Класс зерна	Стоимость продукции с учетом классности, руб./га	Разность стоимости продукции и затрат на удобрения, руб./га	В среднем по полю, руб./га
2–12	1	9 293,0	26,3	14,5	21,6	4	31 034,0	21 741,0	14 620,2
	2	9 293,0	22,2	15,3	24,4	3	28 416,0	19 123,0	
	3	9 293,0	12,4	17,0	29,2	2	17 980,0	8 687,0	
	4	11 650,0	23,7	13,8	24,5	3	30 336,0	18 686,0	
	5	11 650,0	24,3	14,4	24,9	3	31 104,0	19 454,0	
	6	11 650,0	15,2	14,8	25,0	3	19 456,0	7 806,0	
	7	14 359,6	25,0	14,0	22,0	4	29 500,0	15 140,4	
	8	14 359,6	16,9	14,8	25,4	3	21 632,0	7 272,4	
	9	14 359,6	21,9	14,3	24,4	3	28 032,0	13 672,4	
2–13	1	12 240,1	30,9	14,9	23,5	3	39 552,0	27 311,9	23 823,4
	2	17 569,4	38,0	13,4	22,8	4	44 840,0	27 270,6	
	3	16 523,3	26,9	14,7	25,5	3	34 432,0	17 908,7	
	4	11 650,0	31,7	14,6	26,2	3	40 576,0	28 926,0	
	5	11 650,0	28,1	14,8	25,6	3	35 968,0	24 318,0	
	6	11 650,0	19,9	15,3	27,7	2	28 855,0	17 205,0	
2–16	1	11 185,1	34,5	15,1	27,0	3	44 160,0	32 974,9	22 940,9
	2	11 185,1	33,2	14,9	26,2	3	42 496,0	31 310,9	
	3	11 185,1	16,0	15,0	26,3	3	20 480,0	9 294,9	
	4	11 650,0	27,5	15,7	25,6	3	35 200,0	23 550,0	
	5	11 650,0	24,1	15,7	28,1	2	34 945,0	23 295,0	
	6	11 650,0	23,4	14,7	23,6	3	29 952,0	18 302,0	
	7	12 115,0	32,4	14,5	27,5	3	41 472,0	29 357,0	
	8	12 115,0	26,6	14,8	26,5	3	34 048,0	21 933,0	
	9	12 115,0	19,7	15,6	28,1	2	28 565,0	16 450,0	

Примечания: 1. C_б – содержание белка, %; C_к – содержание клейковины, %;
 2. Класс зерна определен с учетом требований ГОСТ Р 9353–2016 «Пшеница. Технические условия».
 3. В расчетах приняты средневзвешенные цены на зерно (на 20.10.2024): одна тонна зерна 2 класса – 14 500 руб.; одна тонна зерна 3 класса – 12 800 руб.; одна тонна зерна 4 класса – 11 800 руб.

поле 2–12) до 32 974,9 руб./га (вариант 1 на поле 2–16). Различия высоко значимы и достигают 4,5 раза.

При этом на поле 2–13 в среднем получена наиболее высокая доходность (23 823,4 руб./га); несколько ниже она была на поле 2–16 (22 940,9 руб./га); на поле 2–12 доходность была самая низкая (14 620,2 руб./га).

Таким образом, применение различных доз внесения минеральных удобрений и норм высева семян по зонам плодородия полей очень существенно влияет на структуру урожая, величину затрат и экономическую эффективность. Поэтому правильное применение дифференцированного посева и внесения удобрений по зонам плодородия почвы на полях является значимым направлением повышения эффективности производства зерна.

Заключение. 1. *Исследуемые факторы в опытах (уровень плодородия поля, норма высева семян и доза внесения удобрений) в условиях года оказали существенное влияние на урожайность.*

2. *В полевом опыте № 1 (поле 2–12) с увеличением дозы внесения удобрений (гранулированные (жидкие)) с 70 кг/га (80 л/га) до 130 кг/га (150 л/га) урожайность пшеницы возросла в среднем на 1,16 ц/га, тогда как в зоне высокого плодородия, в сравнении с зоной низкого, на 8,5 ц/га. Тем самым фактор зоны плодородия почвы был существенно более значим в условиях года, чем доза внесения минеральных удобрений.*

3. *В полевом опыте № 2 (поле 2–13, дифференцированный посев) средняя урожайность на контроле по трем зонам плодородия поля составила 25,9 ц/га, а при дифференцированном посеве достигала 31,0 ц/га. При этом средние дозы внесения минеральных удобрений (гранулированные (жидкие) различались и составляли 100 кг/га (110 л/га) (без дифференцированного посева) и 135,3 кг/га (163,0 л/га) (с дифференцированным посевом) соответственно при нормах высева семян 2,7 и 4,1 млн. шт./га соответственно.*

4. *В полевом опыте № 3 (поле 2–16) с увеличением нормы высева семян от 3,2 до 4,2 млн. шт./га урожайность пшеницы снижалась в среднем на 1,54 ц/га. В зоне же высокого плодородия, в сравнении с зо-*

ной низкого, урожайность была в среднем выше на 11,6 ц/га. Таким образом, фактор зоны плодородия почвы был существенно более значим в условиях года, чем норма высева семян.

5. *Комплексный анализ урожайности пшеницы на трех полях хозяйства позволил установить, что наиболее значимое влияние на нее оказала зона плодородия поля (X_3); на втором месте – доза внесения минеральных удобрений (X_2); на третьем – норма высева семян пшеницы (X_1).*

6. *Полевой опыт № 1. Поле 2–12 (норма высева семян 3,7 млн. шт./га; варьируемые факторы – доза внесения минеральных удобрений и зона плодородия почвы). Наибольшая экономическая эффективность достигнута в варианте 1 при внесении гранулированных удобрений в дозе 70 кг/га и жидких 80 л/га в зоне высокого плодородия поля. Величина разности выхода продукции и затрат на семена и удобрения составила 21 741 руб./га.*

7. *Полевой опыт № 2. Поле 2–13 (дифференцированный посев). Лучшая экономическая эффективность достигнута в варианте 4 при внесении гранулированных и жидких удобрений в объеме 100 кг/га (110 л/га) в зоне высокого плодородия почвы при норме высева семян, равной 3,7 млн. шт./га. Разность выхода продукции и затрат на семена и удобрения получена на сумму 28 926,0 руб./га. В среднем по трем зонам плодородия почвы при дифференцированном посеве и без урожайность получена на уровне 31,9 и 26,6 ц/га соответственно. С учетом доз внесения гранулированных и жидких минеральных удобрений, а также норм высева семян, разность выхода продукции и величины затрат на семена и удобрения получена 24 163,7 и 23 483,0 руб./га соответственно. Экономический эффект от дифференцированного посева составил 680,7 руб./га.*

8. *Полевой опыт № 3. Поле 2–16 (доза внесения гранулированных удобрений 100 кг/га, жидких – 110 л/га; варьируемые факторы – норма высева семян и зона плодородия почвы). Наибольший экономический эффект получен в варианте 1 при норме высева семян 3,2 млн. шт./га в зоне высокого плодородия поля. Разность выхода продукции и затрат на семена и удобрения составила 32 974,9 руб./га.*

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Naiqian Zh., Maohua W., Ning W. Precision agriculture – a worldwide overview // Computers and Electronics in Agriculture. 2002. Vol. 36. Iss. 2–3. P. 113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0).
2. Feyisa D. S., Jiao X., Mojo D. Wheat yield response to chemical nitrogen fertilizer application in Africa and China: a meta-analysis // Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 2024. No. 24. P. 102–114. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01609-5>.
3. Belyaev V. I., Buxmann V., Pirozhkov D. N., Chernyshkov V. N. Efficiency of differentiated sowing of spring wheat in the steppe zone of the Novosibirsk region // Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022) : International Scientific Conference. Springer Cham, 2024. P. 1131–1140. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_109.
4. Hnizil O., Baidani A., Khlila I., Nsarellah N., Laamari A., Amamou A. Integrating NDVI, SPAD, and canopy temperature for strategic nitrogen and seeding rate management to enhance yield, quality, and sustainability in wheat cultivation // Plants. 2024. No. 13 (11). P. 1574. <https://doi.org/10.3390/plants13111574>.
5. Vizzari M., Santaga F., Benincasa P. Sentinel 2-based nitrogen VRT fertilization in wheat: Comparison between traditional and simple precision practices // Agronomy. 2019. No. 9. P. 278. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060278>.
6. Saharsh M., Rajesh S., Thakur I. Response of nitrogen and plant growth regulators on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.) // International Journal of Plant and Soil Science. 2023. No. 35 (18). P. 66–73. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183267>.
7. Гамзиков Г. П. Точное земледелие в Сибири: реальности, проблемы и перспективы // Земледелие. 2022. № 1. С. 3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-3-9>.
8. Абрамов Н. В., Еремина Д. В., Еремин Д. И. Агрэкономическое обоснование применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в Северном Зауралье // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2010. № 5. С. 11–17.
9. Агроноут : [сайт]. URL: <https://agronote.ru/> (дата обращения: 20.06.2024).
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2011. 352 с.

References

1. Naiqian Zh., Maohua W., Ning W. Precision agriculture – a worldwide overview. Computers and Electronics in Agriculture, 2002;36;2–3:113–132. [https://doi.org/10.1016/S0168-1699\(02\)00096-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1699(02)00096-0).
2. Feyisa D. S., Jiao X., Mojo D. Wheat yield response to chemical nitrogen fertilizer application in Africa and China: a meta-analysis. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2024;24:102–114. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01609-5>.
3. Belyaev V. I., Buxmann V., Pirozhkov D. N., Chernyshkov V. N. Efficiency of differentiated sowing of spring wheat in the steppe zone of the Novosibirsk region. Proceedings from Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East (AFE-2022): International Scientific Conference. (PP. 1131–1140), Springer Cham, 2024. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37978-9_109.
4. Hnizil O., Baidani A., Khlila I., Nsarellah N., Laamari A., Amamou A. Integrating NDVI, SPAD, and canopy temperature for strategic nitrogen and seeding rate management to enhance yield, quality, and sustainability in wheat cultivation. Plants, 2024;13(11):1574. <https://doi.org/10.3390/plants13111574>.
5. Vizzari M., Santaga F., Benincasa P. Sentinel 2-based nitrogen VRT fertilization in wheat: Comparison between traditional and simple precision practices. Agronomy, 2019;9:278. <https://doi.org/10.3390/agronomy9060278>.

6. Saharsh M., Rajesh S., Thakur I. Response of nitrogen and plant growth regulators on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*, 2023;35(18):66–73. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i183267>.
7. Gamzikov G. P. Precision farming in Siberia: realities, challenges and prospects. *Zemledelie*, 2022;1:3–9. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-1-3-9> (in Russ.).
8. Abramov N. V., Eremina D. V., Eremin D. I. Agroeconomic justification for the use of mineral fertilizers for spring wheat in the Northern Trans-Urals. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2010;5:11–17 (in Russ.).
9. Agronout. *Agronote.ru*. Retrieved from <https://agronote.ru/> (Accessed 20 June 2024) (in Russ.).
10. Dospikhov B. A. *Methodology of field experiment (with basics of statistical processing of research results)*, Moscow, Al'yans, 2011, 352 p. (in Russ.).

© Беляев В. И., Пирожков Д. Н., Тагильцев А. В., Соколова Л. В., 2025

Статья поступила в редакцию 20.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 12.03.2025.

The article was submitted 20.02.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 12.03.2025.

Информация об авторах

Беляев Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, prof-belyaev@yandex.ru;

Пирожков Дмитрий Николаевич, доктор технических наук, профессор, Алтайский государственный аграрный университет, Author ID: 408921, mms.asau@yandex.ru;

Тагильцев Андрей Владимирович, аспирант, Алтайский государственный аграрный университет, andrey20291@gmail.com;

Соколова Людмила Валерьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Алтайский государственный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3965>, Author ID: 840108, l.v.sokol@mail.ru

Information about the authors

Vladimir I. Belyaev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Altai State Agrarian University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4396-2202>, Author ID: 695114, prof-belyaev@yandex.ru;

Dmitriy N. Pirozhkov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Altai State Agrarian University, Author ID: 408921, mms.asau@yandex.ru;

Andrey V. Tagiltsev, Postgraduate Student, Altai State Agrarian University, andrey20291@gmail.com;

Lyudmila V. Sokolova, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Altai State University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5171-3965>, Author ID: 840108, 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 635.64:632.1(571.63)

EDN XWDXBU

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-17-31>

Развитие болезней и защита сортов томата открытого грунта в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока России

Ирина Алексеевна Ванюшкина¹, Наталья Александровна Синиченко²,
Елена Георгиевна Козарь³, Ольга Николаевна Пышная⁴

^{1,2} Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, Приморский край, Суражевка, Россия

^{3,4} Федеральный научный центр овощеводства, Московская область, ВНИИССОК, Россия

¹ vanuschkina.i@yandex.ru

Аннотация. Приморский край расположен в условиях муссонного климата с годовым количеством осадков 700–800 мм, большая часть которых приходится на летний период, что в сочетании с повышенными температурами воздуха в период вегетации создает благоприятные условия для развития болезней овощных культур. Листовая поверхность растений томата в этих условиях поражается фитопатогенами из родов *Phytophthora*, *Alternaria*, *Septoria* и *Xanthomonas*. В годы, благоприятные для развития болезней, потери урожая томата достигают 60 % и более. В связи с этим исследования по динамике развития болезней томата в открытом грунте и эффективности защитных мероприятий для борьбы с ними являются актуальными. Цель исследований – оценить эффективность разработанной системы защиты районированных сортов томата с разными биологическими особенностями развития от болезней при различной напряженности инфекционного фона в условиях муссонного климата. Исследования проводились в 2022–2024 гг. на Приморской овощной опытной станции на сортах томата ее селекции – Одиссей и Фитилек. Степень распространения и развития болезней в период вегетации изучали в динамике, применяя пятибалльную шкалу. В качестве защитных мероприятий использовали баковую смесь фунгицидов Орвего и Сигнум. Первая обработка препаратами проводилась после появления первых признаков альтернариоза на листовой поверхности томата (в конце первой – начале второй декад июля); две последующие обработки – с интервалом 11–14 дней в зависимости от погодных условий. Учитывали интенсивность поражения листовой поверхности растений и долю пораженных плодов в структуре урожая. Учет урожайности проводили весовым методом по мере сбора плодов, начиная со второй половины августа. Отмечены различия в динамике и интенсивности развития болезней анализируемых сортов в разные годы исследований. Поражение растений листовыми пятнистостями, вызываемыми возбудителями альтернариоза и септориоза, приводит к снижению общей урожайности сортов томата. Однако поражения плодов этими болезнями не было отмечено и снижение товарности продукции связано в основном с развитием фитофтороза. Применение трехкратной обработки растений баковой смесью двух препаратов с разной фунгицидной активностью в отношении возбудителей альтернариоза и фитофтороза дает существенный положительный эффект, повышая общую, раннюю и товарную урожайность томата в два и более раз.

Ключевые слова: болезни, биологическая эффективность, пораженность, томат, фунгициды, урожайность

Для цитирования: Ванюшкина И. А., Синиченко Н. А., Козарь Е. Г., Пышная О. Н. Развитие болезней и защита сортов томата открытого грунта в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока России // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 17–31. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-17-31>.

Original article

Disease development and protection of open-ground tomato varieties in monsoon climate conditions in the southern Russian Far East**Irina A. Vanyushkina¹, Natalya A. Sinichenko²,
Elena G. Kozar³, Olga N. Pyshnaya⁴**^{1,2} Primorskaya Vegetable Experimental Station – Branch of Federal Scientific Vegetable Center Primorsky krai, Surazhevka, Russian Federation^{3,4} Federal Scientific Vegetable Center, Moscow region, VNISSOK, Russian Federation¹ vanyushkina.i@yandex.ru

Abstract. Primorsky krai is located in a monsoon climate with an annual rainfall of 700–800 mm, most of which falls in the summer. Since most of the precipitation occurs in the summer, this, in combination with elevated air temperatures during the growing season, creates favorable conditions for the development of diseases of vegetable crops. In these conditions, the leaf surface of tomato plants is affected by phytopathogens from the genera *Phytophthora*, *Alternaria*, *Septoria* and *Xanthomonas*. In years favorable for the development of diseases, tomato crop losses reach 60% or more. In this regard, research on the dynamics of tomato diseases in the open ground and the effectiveness of protective measures to combat them are relevant. To determine the effectiveness of the recommended system for protecting zoned tomato varieties with different biological developmental features from diseases in a monsoon climate. The studies were conducted in 2022, 2023 and 2024 at the Primorsky Vegetable Experimental Station on tomato varieties of its selection – Odyssey and Fitilyok. Orvego and Signum fungicides were used for protective measures. The first drug treatment was carried out after the first signs of alternariasis appeared on the tomato leaf surface (at the end of the first and beginning of the second decade of July). Two subsequent treatments were carried out with an interval of 11–14 days, depending on weather conditions. The damage to the leaf surface of plants was assessed in dynamics on a five-point scale. Crop counts were carried out by the weight method, starting from the second half of August. Differences in the dynamics of the intensity of alternariasis development of the analyzed varieties are noted. Damage to plants by leaf spots caused by pathogens of alternariasis, as well as septoria, leads to a decrease in the overall yield of tomato varieties. However, no damage to the fruits by these diseases was noted. The decrease in the marketability of products is mainly due to the development of late blight. The use of triple treatment of plants with a tank mixture of two preparations with different fungicidal activity against pathogens of alternariasis and late blight gives a significant positive effect, increasing the overall, early and commercial yield of tomatoes by two or more times.

Keywords: diseases, biological efficacy, infestation, tomato, fungicides, yield

For citation: Vanyushkina I. A., Sinichenko N. A., Kozar E. G., Pyshnaya O. N. Disease development and protection of open-ground tomato varieties in monsoon climate conditions in the southern Russian Far East. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:17–31. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-17-31>.

Введение. Томат относится к культурам с высокой экологической пластичностью и урожайностью. Однако не всегда удается получить стабильно высокие урожаи плодов в местных условиях. Препятствуют этому воздействие метеорологических факторов и комплекс вредных организмов. Климат юга Дальнего Востока России характеризуется муссонностью с ярко выраженной зональной континентальностью. Характерная особенность климата – крайне неравномерное выпадение осадков в вегетационный период с

ярко выраженным проявлением как засухи, так и переувлажнения. На фоне высоких температур, влажности воздуха (95–100 %), снижения инсоляции значительно повышается напряженность естественного инфекционного фона с преобладанием агрессивных рас грибных и бактериальных болезней, угнетающих овощные растения [1–5]. В годы, благоприятные для развития болезней, потери урожая томата достигают 60 % [1].

На листовой поверхности растений томата в условиях Приморского края развиваются фитопатогены из родов *Phytophthora*, *Alternaria*, *Septoria* и *Xanthomonas* [6]. Однако наибольшую опасность представляют возбудители альтернариоза и фитофтороза [7].

Альтернариоз (*Alternaria solani* Sorauer. и *A. linariae* (Neergaard) Simmons) особенно вредоносен в жаркие засушливые годы с периодическими осадками. Значимого поражения плодов альтернариозом в условиях муссонного климата юга Дальнего Востока России пока не зарегистрировано, но в результате быстрого развития радиальной пятнистости и хлороза листьев, снижения их фотосинтетической активности, болезнь приводит к снижению урожая на 30 % и более [3, 9, 10].

Фитофтороз (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) проявляется в годы с избыточным увлажнением и пониженными температурами в августе – сентябре. Потери урожая от него часто бывают намного выше, чем от всех остальных болезней в сумме. В годы эпифитотий отдельные сорта томата теряют от 50 до 100 % урожая. Фитофторовые оомицеты способны повреждать плоды при их дозаривании, а также поражают семенной материал. Фитофтора часто является первичным возбудителем, позволяя в последующем на ослабленных растениях томата развиваться многочисленным грибным и бактериальным инфекциям [1, 8, 9].

Основным методом борьбы с этими болезнями является химическая защита, предусматривающая применение фунгицидов. В Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации (2022 г.) всего зарегистрировано 53 препарата на основе 28 действующих веществ, рекомендованных для борьбы с фитофторозом и альтернариозом на томате [11].

Непрерывно разрабатываются и все чаще применяются комплексные препараты на основе нескольких соединений с фунгицидной активностью, чтобы затормозить процесс «привыкания» возбудителей и появление новых более агрессивных резистентных рас, способных преодолевать в том числе и генетическую устойчивость новых сортов и гибридов.

Правильный подбор системы фунгицидов и технологии их применения для защиты овощных культур, в том числе и томата, от болезней является залогом успеха в сохранении высокого урожая и получении товарной продукции высокого качества в конкретном регионе выращивания. На основании ранее проведенных нами исследований по изучению активности широкого спектра разрешенных препаратов последнего поколения в условиях муссонного климата Приморья были выделены два из них [6]. Сигнум представляет собой контактно-системный пестицид для защиты томата от альтернариоза, тогда как Орвего – системный пестицид для защиты от фитофтороза [11]. При этом эффективность их действия при обработке растений томата значительно повышается при совместном использовании в составе баковой смеси [7].

В рамках разработки сортовых технологий сочетание химического метода с генетическим открывает большие перспективы в защите растений. Это не только повышает эффективность защиты от патогенов, улучшает экологическую обстановку и удешевляет защиту, но и пролонгирует действие пестицидов, способствует увеличению продуктивности и качества урожая. Устойчивые сорта, как правило, являются сортами местной селекции, поскольку на распространение и развитие болезней в значительной степени влияют конкретные почвенно-климатические условия выращивания сельскохозяйственных культур. Фактор окружающей среды существенно воздействует и на реакцию растения-хозяина на заражение [12–16].

Целью работы являлась оценка эффективности разработанной схемы применения системы фунгицидов для защиты томата от болезней в условиях муссонного климата Дальнего Востока России. В задачи исследований входило изучение динамики развития болезней и влияния комплексного использования препаратов разного спектра действия на степень поражения и урожайность томата в зависимости от факторов внешней среды и сортовых особенностей.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили в 2022–2024 гг. в условиях открытого грунта на базе Приморской овощной опытной стан-

ции – филиале Федерального научного центра овощеводства.

При этом были использованы наиболее востребованные районированные сорта томата селекции Приморской овощной опытной станции – Одиссей и Фитилек, входящие в одну группу спелости.

Сорт Одиссей относится к сортам средних сроков созревания для выращивания в открытом грунте. Период от всходов до технической спелости составляет 110–115 дней. Тип куста – детерминантный, растение компактное высотой 45–55 см. Плоды красные, овальные, с плотной мякотью темно-красной окраски, массой до 60 грамм. Сорт используется для цельноплодного консервирования и переработки. Он толерантен к фитофторозу и восприимчив к альтернариозу [6].

Сорт Фитилек – среднеспелый, период от всходов до технической спелости равен 110–120 дней. Растение детерминантного типа, средней мощности и облиственности, высотой до 100 см. Плод цилиндрический со слегка вытянутой вершиной, массой до 60 грамм, плотный. Окраска зрелого плода желтая. Сорт предназначен для цельноплодного консервирования и переработки, а также для детского и диетического питания из-за высокого содержания β-каротина. Особенностью данного сорта является интенсивное отрастание вегетативной массы и формирование плодов после завязывания 2–3 кисти. Сорт относительно устойчив к альтернариозу и средневосприимчив к фитофторозу [17, 18].

Рассада выращивалась в пленочных необогреваемых теплицах и была высажена в открытый грунт 8 июня в 2022 г. и 19 июня в 2023 и 2024 гг. из расчета густоты стояния растений (33,3 тыс. шт./га) на грядах по схеме 60 + 120 см. Уход за посадками включал проведение не менее двух междурядных обработок, обработок гербицидами (Тирон (0,7 кг/га) 7 июля в 2022 г. и Миура (1,0 л/га) 4 июля в 2024 г.) и рыхлений в рядках, ручных прополок по мере необходимости.

Вегетационный период в годы исследований был теплее, чем в среднем за многие годы: в 2022 г. – в среднем на 1,4 °С за счет повышенных (на 0,5–3,7 °С) среднемесячных температур воздуха в период с апреля по октябрь; в 2023 г. – на

2,8 °С за счет повышенных (на 1,5–5,2 °С) температур в период с апреля по сентябрь.

Количество выпавших осадков за вегетационный период 2022 г. (с апреля по октябрь) составило 792 мм, что несколько превышало среднемноголетние данные (на 42 мм или на 5,6 %). Наиболее значительное превышение по сравнению с нормой наблюдалось в июне (на 84 мм или на 80,0 %), менее значительное – в июле (на 27,0 %) и в сентябре (на 39,8 %). Напротив, в апреле, мае и августе количество выпавших осадков было ниже нормы на 51,2; 30,9 и 43,8 % соответственно. В целом погодные условия 2022 г. были удовлетворительными для роста и развития овощных культур. Развитие болезней не носило эпифитотийного характера.

В 2023 г. количество выпавших осадков составило 880 мм, превысив среднемноголетние данные на 165 мм или на 23,1 %. Наиболее значительное превышение наблюдалось в августе (на 326 мм или в 2,8 раза), менее значительное – в июне (на 18,1 %). В мае, июле, сентябре и октябре количество выпавших осадков было ниже нормы на 56,7; 25,2; 70,9 и 37,5 % соответственно. Погодные условия в данном году были крайне неблагоприятными для роста и развития овощных культур. Корневая система страдала из-за переувлажнения и последующего уплотнения почвы, что угнетало рост растений. Развитие болезней, в том числе альтернариоза и фитофтороза, на пасленовых носило прогрессирующий характер.

Вегетационный период 2024 г. в среднем был на 0,8 °С теплее, чем в среднем за многие годы. На это повлияли повышенные среднемесячные температуры воздуха (на 0,4–2,9 °С) в период с апреля по сентябрь по сравнению со среднемноголетними данными. Количество выпавших осадков превысило среднемноголетние данные на 38 мм или на 5,3 %. Наиболее значительное превышение по сравнению с нормой наблюдалось в июне (на 45 мм или в 1,4 раза), июле (на 51 мм или в 1,3 раза) и в октябре (на 38 мм или в 1,9 раза). Менее значительное – в апреле (на 13 мм или на 30%). Напротив, в мае, августе и сентябре количество выпавших осадков было ниже нормы на 6; 34 и 33 % соответственно. В целом погодные условия сезона 2024 г. были достаточно бла-

гоприятны для роста и развития томата. Однако из-за частых дождей в мае – июне были сдвинуты посевные и посадочные работы на более поздние сроки, что отразилось на развитии болезней и урожайности.

В основном опыте испытывали баковую смесь фунгицидов:

Сигнум (водно-диспергируемые гранулы; действующие вещества боскалид и пираклостробин; концентрации действующих веществ 267 и 67 г/кг соответственно) в дозе 1,5 кг/га;

Орвего (концентрат эмульсии; действующие вещества диметоморф и аметоктрадин; концентрации действующих веществ 225 и 300 г/л соответственно) в дозе 1,0 л/га.

В контрольном варианте производилась обработка водой. Опыт закладывали в четырехкратной повторности в соответствии с методикой полевого опыта [19].

Обработки проводили при норме расхода рабочей жидкости 300 л/га ранцевым опрыскивателем. Первая обработка препаратами проводилась в период появления первых признаков альтернариоза на листовой поверхности томата: в конце первой – начале второй декад июля. Две последующие обработки – с интервалом 11–14 дней в зависимости от погодных условий.

Дополнительно, в 2024 г. по аналогичной схеме был заложён рекогносцировочный опыт по изучению эффективности действия в системе интегрированной защиты томата баковой смеси фунгицидов совместно с регуляторами роста (Цитодиф (0,2 кг/га) + Циркон (1,0 мл/10 л воды)), а также биопрепаратами (Микорад (1,0 г/л) – одна обработка + Фитоспорин-М (1,0 мг/л) – три обработки).

Площадь опытной делянки – 21,6 м²; число учетных растений – 60 штук; размещение вариантов систематическое.

Оценку пораженности листьев растений болезнями проводили в динамике по пятибалльной шкале на фиксированных растениях каждого варианта. Учитывали распространенность (P%), индекс поражения в баллах (I) и рассчитывали степень развития болезни (R%) по соответствующей формуле [20, 21].

Сборы плодов начинали во второй половине августа с учетом сроков ожида-

ния для используемых фунгицидов. Собранные плоды взвешивали и проводили анализ структуры урожая, выделяя фракции товарных, пораженных и мелких нетоварных плодов.

Обработку данных проводили методом дисперсионного анализа [22].

Результаты исследований. В исследуемый период в теплице отмечено незначительное проявление в рассадный период во второй декаде мая в фазу двух настоящих листьев на сеянцах томата черной бактериальной пятнистости, но после отбора и высадки здоровой рассады в открытый грунт симптомы на растениях дальше не развивались.

Септориоз на посадках томата был отмечен в 2022 и 2024 гг. Первые его признаки в 2022 г. обнаружены в конце третьей декады июля, когда распространенность альтернариоза составляла 100 %, а в 2023 г. – в первой декаде августа и через две недели его распространенность на сорте Одиссей составила 55 % при балле поражения 0,6; на сорте Фитилек – 37,5 % при балле 0,4.

Пятна альтернариоза на нижних листьях растений после высадки в открытый грунт отмечались с конца первой декады июля. В 2022 г. к концу июля распространенность болезни на сортах Одиссей и Фитилек достигла 100 % при среднем балле поражения 2,0 и 1,0 соответственно. К 10 августа этот показатель составил 2,2 и 1,1 балла. В первой декаде сентября на листовой поверхности томата были обнаружены мелкоспоровые виды *Alternaria* (комплекс *A. alternata*), что привело к усилению степени поражения листьев до 2,5–4 баллов.

В 2023 г. распространенность альтернариоза на обоих сортах достигла 100 % к началу августа при среднем балле поражения 1,0. К концу первой декады месяца этот показатель составил на сорте Одиссей 1,2 и на сорте Фитилек 1,6 балла. Со второй декады августа листовая поверхность была полностью поражена альтернариозом. В 2024 г. признаки альтернариоза, вызванные в основном мелкоспоровыми возбудителями из комплекса *A. alternata*, были отмечены на нижних листьях растений во второй декаде июля, тогда как появление спороношения специализированного гифомицета *A. solani* Sorauer на пораженных

листьях было зафиксировано только в начале сентября. К середине августа распространенность болезни на сортах Одиссей и Фитилек достигала 100 % при среднем уровне интенсивности развития, соответствующем около 1,1 балла.

Погодные условия 2022 г. (малое количество выпавших осадков в августе по сравнению со среднесезонными данными) были более благоприятны для развития альтернариоза на листовой поверхности томата. Однако, во все годы сорт Фитилек проявил более высокую устойчивость к данной болезни по сравнению с сортом Одиссей (рис. 1).

Следует отметить различную динамику интенсивности развития болезни в зависимости от сорта (рис. 1). В начальный период проявления альтернариоза его развитие на сорте Одиссей идет более быстрыми темпами, чем на сорте Фитилек. Однако, начиная с августа, картина меняется и пораженность сорта Фитилек растет более интенсивно. Здесь проявляется особенность сорта Фитилек – интенсивное отрастание вегетативной массы после завязывания 2–3 кисти, когда обработки фунгицидами уже не проводились. Тем не менее, признаков поражения плодов аль-

тернариозом у обоих сортов во все годы исследований не было отмечено, в отличие от фитофтороза.

Первые симптомы фитофтороза на листовой поверхности томата в 2022 г. появились в начале первой декады сентября и уже к концу декады отмечались повсеместно. На плодах поражение единично встречалось с 1 сентября (при третьем сборе), а ощутимо присутствовало в двух последних сборах: 12 сентября потери плодов от фитофтороза в контрольных вариантах опыта составили 0,11 т/га на сорте Одиссей и 12,6 т/га на сорте Фитилек; 19 сентября – 1,0 и 4,2 т/га соответственно. В целом потери составили 5,6 % от общей урожайности на сорте Одиссей и 40,8 % на сорте Фитилек.

Погодные условия 2023 г. (достаточно высокая температура в сочетании с обилием влаги в августе) складывались более благоприятно для развития фитофтороза. На листовой поверхности томата первые признаки болезни были отмечены в начале третьей декады июля и уже в начале августа достигли 100-процентной распространенности. На плодах болезнь присутствовала уже с первого сбора (21 августа), на который пришлось основная масса пора-

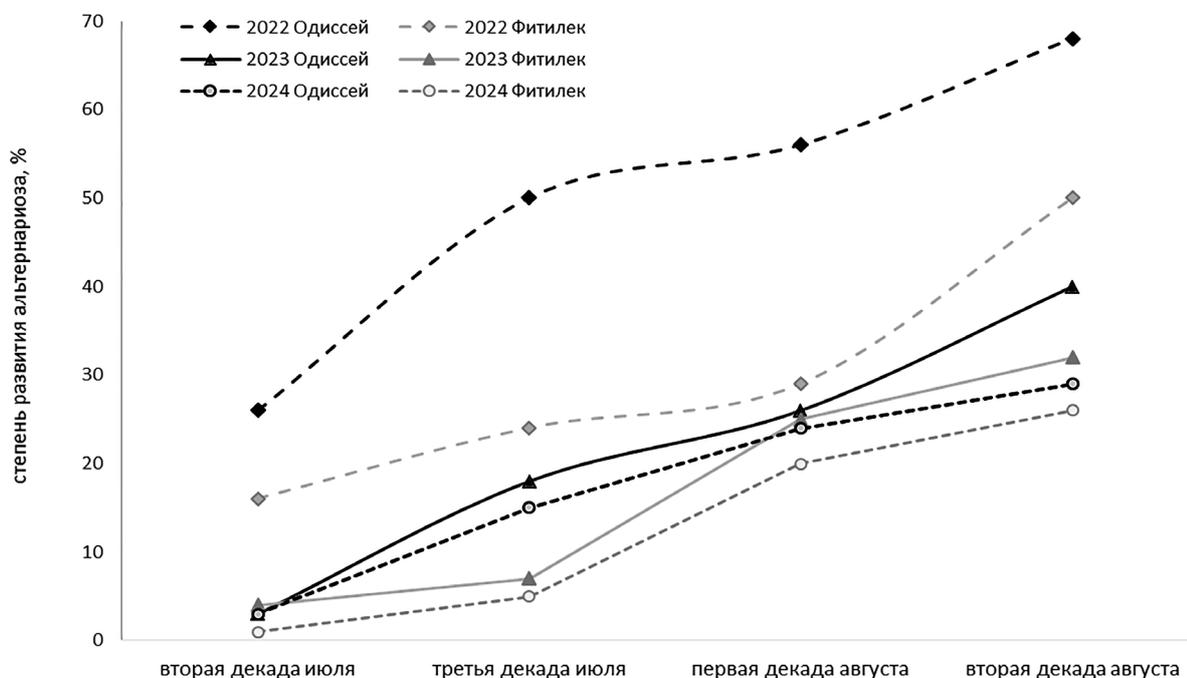


Рисунок 1 – Динамика степени развития альтернариоза (R%) на листовой поверхности сортов томата в период вегетации 2022–2024 гг. в Приморском крае
Figure 1 – Dynamics of the degree of alternariasis development (R%) on the leaf surface of tomato varieties during the growing season of 2022–2024 in Primorsky kraï

женных плодов в контрольных вариантах опыта: 4,1 т/га на сорте Одиссей и 8,3 т/га на сорте Фитилек. В целом потери составили 2,5 % от общей урожайности на сорте Одиссей и 86,8 % на сорте Фитилек.

В 2024 г. благоприятные условия (пониженная температура в сочетании с обилием осадков) для развития фитофтороза сложились уже в первой декаде июня, но высокие (около 30 °С) температуры воздуха в июле и августе угнетающе действовали на возбудителя и первые симптомы фитофтороза на листовой поверхности томата в контроле проявились лишь во второй декаде августа, а 100-процентной распространенности болезнь достигла только к началу сентября. Присутствие в урожае пораженных плодов у сорта Фитилек отмечали уже при первом сборе (28 августа), у сорта Одиссей – со второго сбора (9 сентября). В целом потери в этом году составили 15,5 т/га или 35,6 % от общей урожайности на сорте Одиссей и 17,8 т/га или 63,1 % на сорте Фитилек.

Характер и скорость развития болезней на анализируемых сортах томата повлияли на эффективность защитных ме-

роприятий с использованием фунгицидов для борьбы с ними (табл. 1). В среднем за 2022–2023 гг. высокую биологическую эффективность (более 50 %) против альтернариоза при первых двух учетах (до середины августа) обработки растений баковой смесью фунгицидов показали на сорте Одиссей, а при третьем учете – на сорте Фитилек. В отношении фитофтороза в целом наблюдается такая же закономерность с учетом агрессивности болезни: 100-процентная биологическая эффективность препаратов в начале проявления болезни при первом учете на восприимчивом сорте Одиссей и при втором – на сорте Фитилек, которая к концу вегетации снижается до 18–21 % в зависимости от сорта (табл. 1).

Применение фунгицидов способствовало существенному увеличению урожайности томата по сравнению с контрольными вариантами опыта: общей – в среднем на 14,0 и 22,2 т/га или на 104,5 и 86,7 % на сортах Одиссей и Фитилек соответственно; товарной – на 13,6 и 9,4 т/га или на 161,9 и 87,0 %. Здесь была собрана наибольшая масса плодов при первом сбо-

Таблица 1 – Динамика развития пятнистостей листовой поверхности сортов томата в контроле и при обработках фунгицидами (2022–2023 гг.)

Table 1 – Dynamics of the development of leaf surface spots of tomato varieties in the control and treatment with fungicides (2022–2023)

Вариант	Показатели	Развитие болезни, периоды учетов						
		альтернариоз			фитофтороз			комплекс ¹
		III декада июля	I декада августа	II декада августа	III декада июля	I декада августа	II декада августа	I декада сентября
<i>сорт Одиссей</i>								
Контроль	R, %	83,8	100,0	100,0	3,8	38,8	50,0	100,0
	R, %	33,8	40,0	48,8	1,2	10,0	20,0	100,0
Сигнум + Орвего	R, %	53,8	55,0	57,5	0,0	17,5	18,8	100,0
	R, %	16,2	18,8	27,5	0,0	5,0	5,0	78,8
	БЭ, %	52,1	53,0	43,6	100,0	50,0	75,0	21,1
<i>сорт Фитилек</i>								
Контроль	R, %	61,2	100,0	100,0	0,0	27,5	50,0	100,0
	R, %	15,0	26,2	45,0	0,0	7,5	17,5	100,0
Сигнум + Орвего	R, %	36,2	68,8	71,2	0,0	0,0	2,5	100,0
	R, %	9,4	17,5	22,5	0,0	0,0	0,6	81,2
	БЭ, %	37,3	33,2	50,2	–	100,0	96,6	18,8
Примечания: 1 – комплекс болезней; R – распространенность болезни, %; R – степень развития болезни, %; БЭ – биологическая эффективность по степени развития болезни, %.								

ре, а также пониженная доля мелких и пораженных фитофторозом плодов (табл. 2). Следует отметить также увеличение массы товарного плода в вариантах с применением фунгицидов, которое в случае с сортом Фитилек оказалось существенным (при биологической эффективности 27 %).

Полученные данные свидетельствуют об эффективности обработок примененными препаратами в отношении снижения развития патогенов. При этом общая урожайность плодов в этих вариантах существенно превышала контрольные показатели на обоих сортах томата и различалась в разные годы исследований (рис. 2, 3).

Так, в 2022 г. при позднем появлении фитофтороза наблюдалась тенденция увеличения урожайности товарных плодов в опытном варианте у сорта Одиссей в течение всего периода сборов (на 6–56 %), тогда как на сорте Фитилек – существенно только при первом сборе (на 27 %). Поражение фитофторозом плодов при этом было отмечено только в последних двух сборах в сентябре и процент больных плодов между вариантами (контроль/опыт) был сопоставим. У толерантного к фитофторозу сорта Одиссей он составил 3/5 % и 59/66 %; у восприимчивого сорта Фитилек соответственно 92/97 % и 74/90 % (рис. 2).

Однако в 2023 г. при раннем появлении фитофтороза товарный урожай томата был в основном получен только в опыт-

ном варианте с применением химических средств защиты. Применение фунгицидов за три сбора способствовало существенному приросту товарной урожайности – на 22,6 т/га на сорте Одиссей и на 18,6 т/га на сорте Фитилек по сравнению с контрольными вариантами, что соответственно превысило контроль в 15 и 23 раза (рис. 3).

Это связано с высокой степенью поражения плодов фитофторозом в контроле, особенно при первом сборе, где прямые потери у сорта Одиссей составили 80 % и 100 % у сорта Фитилек (рис. 4). В вариантах с обработкой фунгицидами доля больных плодов у обоих сортов в первом сборе была в три раза ниже. К последнему сбору, когда защитное действие фунгицидов существенно ослабевало, у сорта Одиссей товарные плоды были собраны только в опытном варианте, из которых всего лишь 11 % были поражены фитофторозом. У сорта Фитилек в опыте при более высокой продуктивности растений пораженность плодов составила около 60 %, тогда как в контроле около 20 %. Тем не менее, выход товарных плодов при последнем сборе у данного сорта составил более 3 т/га, а в контроле – менее 0,5 т/га.

В 2024 г. отмечены аналогичные эффекты действия баковой смеси фунгицидов в отношении развития болезней, особенно альтернариоза, где 100-процентная биологическая эффективность их действия сохранялась и в августе, как и в

Таблица 2 – Влияние защитных мероприятий с использованием фунгицидов на урожайность и структуру урожая сортов томата (2022–2023 гг.)

Table 2 – The impact of protective measures using fungicides on the yield and yield structure of tomato varieties (2022–2023)

Вариант	Урожайность, т/га			Нетоварная часть урожая, % от общей урожайности		Масса товарного плода, г
	общая	товарная		мелкие плоды	пораженные фитофторозом	
		ранняя	всего			
<i>сорт Одиссей</i>						
Контроль	13,4	3,1	8,4	13,0	4,0	52,6
Сигнум + Орвего	27,4	4,8	22,0	7,3	6,3	55,2
НСР ₀₅	5,0	0,8	4,9	–	–	6,9
<i>сорт Фитилек</i>						
Контроль	25,6	3,0	10,8	5,0	63,8	55,5
Сигнум + Орвего	47,8	6,3	20,2	2,0	48,7	62,0
НСР ₀₅	8,4	1,3	8,0	–	–	5,8

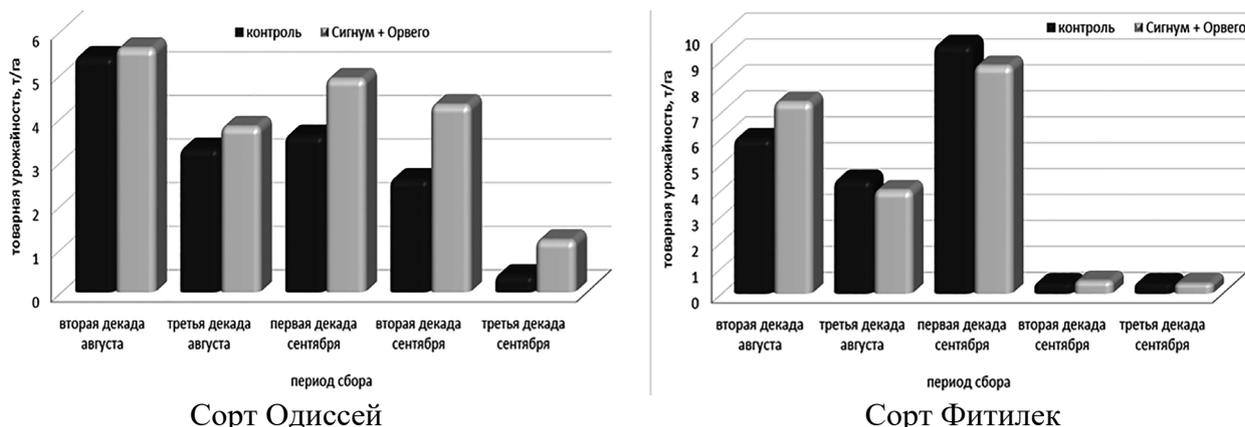


Рисунок 2 – Динамика выхода товарных плодов в контрольном и опытном вариантах с использованием обработок фунгицидами разных сортов томата (2022 г.)

Figure 2 – Dynamics of yield of commercial fruits in control and experimental versions using fungicide treatments of different tomato varieties (2022)

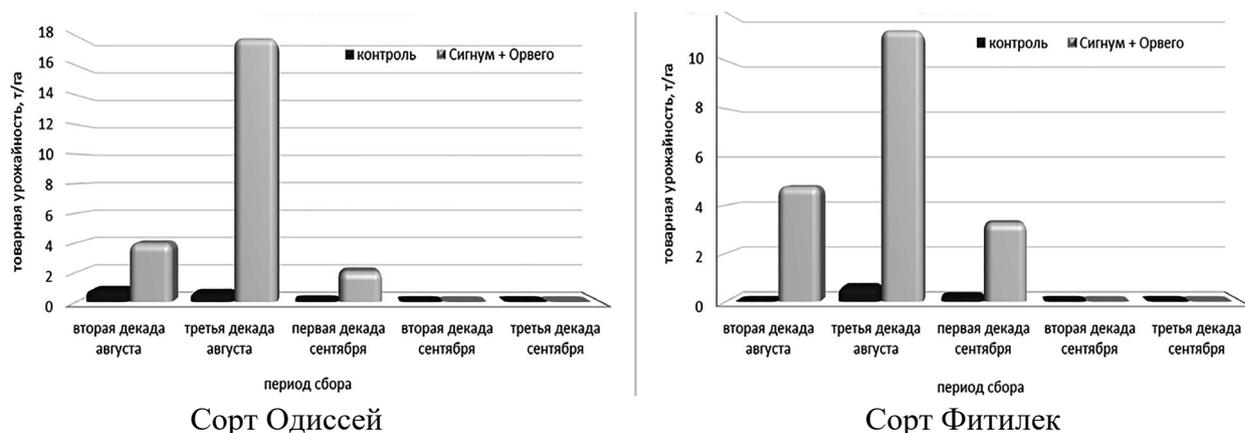


Рисунок 3 – Динамика выхода товарных плодов в контрольном и опытном вариантах с использованием обработок фунгицидами разных сортов томата (2023 г.)

Figure 3 – Dynamics of yield of commercial fruits in control and experimental versions using fungicides of different tomato varieties (2023)

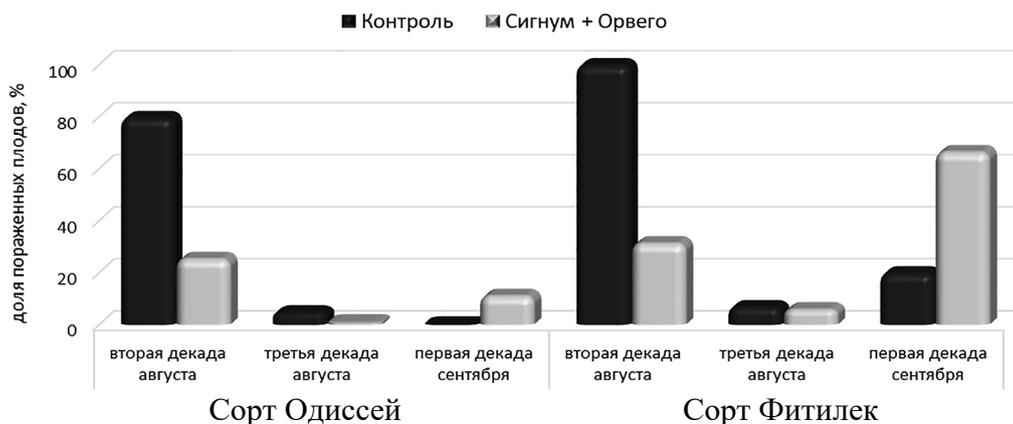


Рисунок 4 – Прямые потери урожая плодов томата от фитофтороза в контроле и опыте с использованием фунгицидов в 2023 г., % от общей урожайности

Figure 4 – Direct losses of tomato fruit yield from late blight in control and experiment using fungicides in 2023, in % of total yield

Таблица 3 – Динамика развития пятнистостей листовой поверхности сортов томата в контроле и при обработках фунгицидами (2024 г.)

Table 3 – Dynamics of the development of leaf surface spots of tomato varieties in the control and treatment with fungicides (2024)

Вариант	Показатели	Развитие болезни, периоды учетов						
		альтернариоз				септориоз	фитофтороз	комплекс ¹
		II декада июля	III декада июля	I декада августа	II декада августа	III декада августа	III декада августа	I декада сентября
<i>сорт Одиссей</i>								
Контроль	P, %	13	40	95	100	55	45	100
	R, %	3	15	25	28	15	10	100
Сигнум + Орвего	P, %	0	0	0	18	25	0	100
	R, %	0	0	0	5	5	0	68
	БЭ, %	100	100	100	82	67	100	33
<i>сорт Фитилек</i>								
Контроль	P, %	5	22	80	100	37	77	100
	R, %	1	5	20	27	10	20	100
Сигнум + Орвего	P, %	0	0	10	15	0	0	100
	R, %	0	0	2,5	5	0	0	57
	БЭ, %	100	100	87	81	100	100	43
Примечания: 1 – комплекс болезней; P – распространенность болезни, %; R – степень развития болезни, %; БЭ – биологическая эффективность по степени развития болезни, %.								

отношении фитофтороза (табл. 3). Против развития септориоза активность фунгицидов была выше на сорте Фитилек. К концу вегетации, когда отмечали 100 % поражения листовой поверхности группой патогенов, биологическая эффективность относительно контроля составила 33 % у сорта Одиссей и 43 % у сорта Фитилек, что 1,5–2 два раза выше, чем в предыдущие годы при более высокой интенсивности поражения растений альтернариозом и фитофторозом.

Благоприятные условия 2024 г. и низкий инфекционный фон в первой половине вегетации способствовали более полной реализации продуктивного потенциала сортов, даже в контрольном варианте, особенно у растений сорта Одиссей. Применение фунгицидов способствовало существенному увеличению общей и товарной урожайности томата на 47 % по сравнению с контрольным вариантом. Здесь же была наименьшая доля мелких плодов и наибольшая масса товарного плода, значимо превышающая этот показатель в контроле (на 4,2 г или на 7 %). Товарность плодов в опытном варианте соот-

ветственно составила 63 % против 57 % в контроле (табл. 4).

На сорте Фитилек обработки фунгицидами способствовали существенному увеличению общей урожайности плодов на 25,3 т/га или на 89 %, а выход товарных плодов при раннем и общем сборе превысил контроль более чем в два раза, за счет снижения доли плодов, пораженных фитофторозом. Обработки способствовали также увеличению средней массы товарного плода (табл. 4).

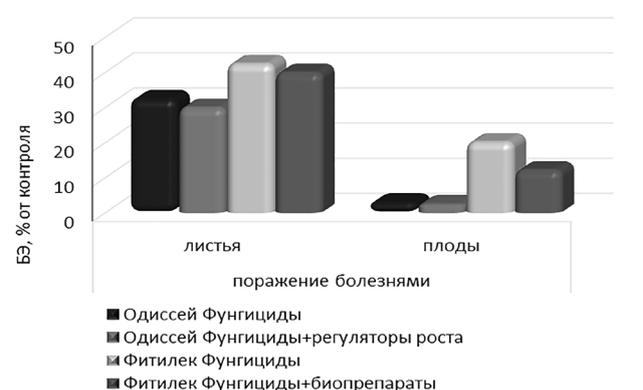
Следует отметить, что использование баковой смеси фунгицидов совместно с регуляторами роста (Цитодеф + Циркон) или биопрепаратами (Микорад + Фитоспорин-М) в системе интегрированной защиты томата не дало ожидаемых положительных результатов. Это подтверждается данными, показанными на рисунке 5.

Таким образом, в сложившихся условиях вегетационного периода 2024 г. химические фунгициды сыграли определяющую роль в защите растений томата от болезней и снижении потерь урожая плодов.

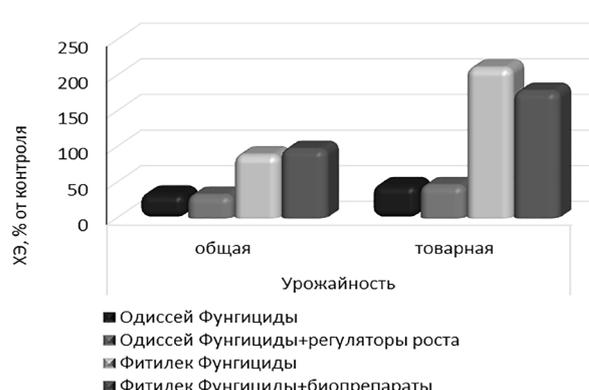
Таблица 4 – Влияние защитных мероприятий с использованием фунгицидов на урожайность и структуру урожая сортов томата в условиях 2024 г.

Table 4 – The impact of protective measures using fungicides on the yield and yield structure of tomato varieties in 2024

Вариант	Урожайность, т/га			Нетоварная часть урожая, % от общей урожайности		Масса товарного плода, г
	общая	товарная		мелкие плоды	пораженные фитофторозом	
		ранняя	всего			
<i>сорт Одиссей</i>						
Контроль	43,6	7,9	25,1	3,7	36	58,8
Сигнум + Орвего	58,6	7,5	36,8	2,0	32	63,1
НСР ₀₅	6,3	–	7,3	–	–	2,6
<i>сорт Фитилек</i>						
Контроль	28,3	3,6	9,4	0,7	63	51,8
Сигнум + Орвего	53,6	7,1	29,3	0,7	42	55,3
НСР ₀₅	14,2	–	7,7	–	–	4,6



биологическая эффективность
biological efficiency



хозяйственная эффективность
economic efficiency

Рисунок 5 – Эффективность применения отдельно баковой смеси фунгицидов (Сигнум + Орвего) и совместно с регуляторами роста (сорт Одиссей) или биопрепаратами (сорт Фитилек) в условиях вегетационного периода 2024 года, % от контроля

Figure 5 – Efficiency of using a separate tank mixture of fungicides (Signum + Orvego) and together with growth regulators (Odyssey variety) or biological products (Fitylok variety) in the growing season of 2024, % of control

Заключение. На эффективность защитных мероприятий влияет характер и скорость развития болезней в зависимости от устойчивости сортов и погодных условий года, которые определяют степень напряженности складывающегося общего инфекционного фона. Отмечены различия в динамике интенсивности развития альтернариоза анализируемых сортов. В начальный период его развитие на сорте

Одиссей идет более быстрыми темпами, чем на сорте Фитилек. Однако, начиная с августа, пораженность у сорта Фитилек усиливается; при этом растения после завязывания 2–3 кисти начинают интенсивное формирование дополнительных вегетативных побегов. Поражение растений листовыми пятнистостями, вызываемыми возбудителями альтернариоза, а также септориоза, приводит к снижению общей

урожайности сортов. Тем не менее признаков поражения плодов этими болезнями у обоих сортов во все годы исследований не было отмечено, и снижение товарности продукции связано, в основном, с развитием фитофтороза, особенно во второй половине вегетации.

Высокую эффективность испытываемой баковой смеси в защите от альтернариоза обеспечивал фунгицид Сигнум, биологическая эффективность которого составляла от 100 % в начале опыта до 45–82 % спустя 10–14 суток после последней обработки в зависимости от года исследований.

Эффективность второго компонента этой смеси, фунгицида Орвего, против фитофтороза также была очевидна за счет сдерживания развития болезни на листьях до начала созревания плодов (биологическая эффективность 75–100 %) и снижения доли пораженных плодов, особенно у

восприимчивого к *Phytophthora infestans* сорта Фитилек (биологическая эффективность 15–21 %).

Таким образом, применение трехкратной обработки растений баковой смесью двух препаратов с разной фунгицидной активностью в отношении возбудителей альтернариоза и фитофтороза дает существенный положительный эффект даже в годы эпифитотийного развития болезней, повышая общую, раннюю и товарную урожайность томата в два и более раз.

На основании полученных результатов использование баковой смеси двух фунгицидов можно рекомендовать для производственных испытаний не только с целью получения товарной продукции, но и для повышения эффективности ведения семеноводства востребованных районированных сортов томата в условиях Приморского края.

Список источников

1. Гнутова Р. В., Золотарева Е. В. Болезни овощных культур и картофеля на Дальнем Востоке России. Владивосток : Дальнаука, 2011. 169 с. EDN QLCTDN.
2. Справочник по климату СССР. Приморский край. Часть 2. Температура воздуха и почвы. Ленинград : Гидрометеиздат, 1966. 220 с.
3. Золотарева Е. В., Ошлакова З. В., Гнутова Р. Ф., Толкач В. Ф. Вредители и болезни овощных культур Дальнего Востока. Хабаровск, 2006. 128 с.
4. Яркулов Ф. Я. Экологические основы биологической защиты растений от вредителей и болезней в Приморском крае. Владивосток : Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения РАН, 2017. 247 с. EDN YLHLXW.
5. Михеев Ю. Г., Леунов В. И., Ванюшкина И. А., Корнилов А. С., Лапина Н. В., Синиченко Н. А. Создание нового исходного материала овощных культур с ценными хозяйственными признаками для условий Приморского края // Картофель и овощи. 2020. № 7. С. 33–36. doi: 10.25630/PAV.2020.97.18.005. EDN LTZTEY.
6. Ванюшкина И. А., Кушнарева Н. П. Защита томата от болезней при выращивании в открытом грунте в условиях Приморского края // Овощи России. 2020. № 2. С. 91–94. doi: 10.18619/2072-9146-2020-2-91-94. EDN RLBZXR.
7. Ванюшкина И. А., Синиченко Н. А., Козарь Е. Г. Применение системы фунгицидов на томате в условиях открытого грунта Приморского края // Овощи России. 2023. № 6. С. 101–107. doi: 10.18619/2072-9146-2023-6-101-107. EDN VTFTYF.
8. Багирова С. Ф., Горшкова Н. С., Игнатова С. И. Фитофторозы томата: диагностика, определение видов-возбудителей, оценка устойчивости растений, доноры устойчивости. М. : Московский государственный университет; Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 1999. 32 с.
9. Прогноз распространения главнейших вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур в Приморском крае на 2012 год. Владивосток, 2012. 88 с.
10. Орина А. С., Ганнибал Ф. Б., Левитин М. М. Видовое разнообразие, биологические особенности и география грибов рода *Alternaria*, ассоциированных с растениями семейства Solanaceae // Микология и фитопатология. 2010. Т. 44. № 2. С. 150–159. EDN OJARBN.

11. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Краснодар : Полиграфические услуги, 2022. 774 с.
12. Тютюрев С. Л. Обработка семян фунгицидами и другими средствами оптимизации жизни растений. СПб. : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 2006. 248 с. EDN ZRJPQR.
13. Макаров А. А., Коваленко Е. Д., Соломатин Д. А., Маторина Н. М. Методы полевой и лабораторной оценки неспецифической устойчивости растений к болезням // Типы устойчивости растений к болезням : материалы научного семинара. СПб. : Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, 2003. С. 5–9. EDN QKVQMT.
14. Енгальчева И. А., Козарь Е. Г., Ушаков А. А. Селекция на иммунитет в Федеральном научном центре овощеводства – история и современность // Овощи России. 2024. № 4 (78). С. 5–15. doi: 10.18619/2072-9146-2024-4-5-14. EDN QEOSMH.
15. Морозов Д. О., Букреев В. В. Будущее за интегрированной системой защиты // Картофель и овощи. 2022. № 11. С. 12–13.
16. Огнев В. В., Чернова Т. В., Костенко А. Н., Барбирицкая И. В. Состояние и перспективные направления селекции томата для открытого грунта России // Картофель и овощи. 2021. № 9. С. 33–36. doi: 10.25630/PAV.2021.70.53.005. EDN IEFDXK.
17. Каталог сортов и гибридов овощных и цветочных культур. Лучшие сорта для овощеводов юга Дальнего Востока России / под ред. В. Г. Колодкина. Владивосток, 2012. 109 с.
18. Синиченко Н. А., Ванюшкина И. А., Хихлуха Е. А. Сорт томата Фитилек – новинка дальневосточной селекции // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока : материалы V междунар. науч.-практ. конф. Уссурийск : Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. С. 200–205. EDN AIVFLG.
19. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М. : Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 650 с. EDN VVLERZ.
20. Методические указания по селекции сортов и гибридов томата для открытого и защищенного грунта. М., 1986. 64 с.
21. Хохряков М. К., Потлайчук В. И., Семенов А. Я., Элбакян М. А. Определитель болезней сельскохозяйственных культур. Л. : Колос, 1984. 304 с.
22. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М. : Альянс, 2011. 370 с. EDN QLCQEP.

References

1. Gnutova R. V., Zolotareva E. V. *Diseases of vegetable crops and potatoes in the Russian Far East*, Vladivostok, Dal'nauka, 2011, 169 p. EDN QLCTDN (in Russ.).
2. *Handbook of the USSR climate. Primorsky krai. Part 2. Air and soil temperature*, Leningrad, Gidrometeoizdat, 1966, 220 p. (in Russ.).
3. Zolotareva E. V., Oshlakova Z. V., Gnutova R. F., Tolkach V. F. *Pests and diseases of vegetable crops of the Far East*, Khabarovsk, 2006, 128 p. (in Russ.).
4. Yarkulov F. Ya. *Ecological foundations of biological protection of plants from pests and diseases in Primorsky krai*, Vladivostok, Tikhookeanskii institut geografii Dal'nevostochnogo otdeleniya RAN, 2017, 247 p. EDN YLHLXW (in Russ.).
5. Mikheev Yu. G., Leunov V. I., Vanyushkina I. A., Kornilov A. S., Lapina N. V., Sinichenko N. A. Creation of a new source material for vegetable crops with valuable economic characteristics for the conditions of Primorsky krai. *Kartofel' i ovoshchi*, 2020;7:33–36. doi: 10.25630/PAV.2020.97.18.005. EDN LTZTEY (in Russ.).
6. Vanyushkina I. A., Kushnareva N. P. Protection of tomatoes from diseases when grown outdoors in the Primorsky krai. *Ovoshchi Rossii*, 2020;2:91–94. doi: 10.18619/2072-9146-2020-2-91-94. EDN RLBZXR (in Russ.).

7. Vanyushkina I. A., Sinichenko N. A., Kozar E. G. Application of a system of fungicides on tomatoes in open ground conditions of Primorsky krai. *Ovoshchi Rossii*, 2023;6:101–107. doi: 10.18619/2072-9146-2023-6-101-107. EDN BTFTYF (in Russ.).
8. Bagirova S. F., Gorshkova N. S., Ignatova S. I. *Late blight of tomatoes: diagnosis, identification of pathogen species, assessment of plant resistance, donors of resistance*, Moscow, Moskovskii gosudarstvennyi universitet, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut ovoshchevodstva, 1999, 32 p. (in Russ.).
9. *Forecast of the spread of the main pests, diseases and weeds of agricultural crops in Primorsky Krai for 2012*, Vladivostok, 2012, 88 p. (in Russ.).
10. Orina A. S., Gannibal F. B., Levitin M. M. Species diversity, biological features and geography of fungi of the genus *Alternaria* associated with plants of the Solanaceae family. *Mikologiya i fitopatologiya*, 2010;44;2:150–159. EDN OJARBN (in Russ.).
11. *The State catalog of pesticides and agrochemicals approved for use in the territory of the Russian Federation*, Krasnodar, Poligraficheskie uslugi, 2022, 774 p. (in Russ.).
12. Tyuterev S. L. *Seed treatment with fungicides and other means of optimizing plant life*, Saint-Petersburg, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut zashchity rastenii, 2006, 248 p. EDN ZRJPQR (in Russ.).
13. Makarov A. A., Kovalenko E. D., Solomatin D. A., Matorina N. M. Methods of field and laboratory assessment of nonspecific plant resistance to diseases. Proceedings from Types of plant resistance to diseases: *Nauchnyi seminar*. (PP. 5–9), Saint-Petersburg, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut zashchity rastenii, 2003. EDN QKVQMT (in Russ.).
14. Engalycheva I. A., Kozar E. G., Ushakov A. A. Breeding for immunity at the Federal Scientific Vegetable Center – history and modernity. *Ovoshchi Rossii*, 2024;4(78):5–15. doi: 10.18619/2072-9146-2024-4-5-14. EDN QEOSMH (in Russ.).
15. Morozov D. O., Bukreev V. V. The future belongs to the integrated protection system. *Kartofel' i ovoshchi*, 2022;11:12–13 (in Russ.).
16. Ognev V. V., Chernova T. V., Kostenko A. N., Barbiritskaya I. V. The state and promising directions of tomato breeding for the open ground of Russia. *Kartofel' i ovoshchi*, 2021;9:33–36. doi: 10.25630/PAV.2021.70.53.005. EDN IEFDXK (in Russ.).
17. Kolodkin V. G. (Eds.). *Catalog of varieties and hybrids of vegetable and flower crops. The best varieties for vegetable growers in the south of the Russian Far East*, Vladivostok, 2012, 109 p. (in Russ.).
18. Sinichenko N. A., Vanyushkina I. A., Khikhlyukha E. A. Tomato variety Fitylok – a novelty of Far Eastern breeding. Proceedings from The role of agricultural science in the development of forestry and agriculture in the Far East: *V Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 200–205), Ussuriisk, Primorskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya, 2021. EDN AIVFLG (in Russ.).
19. Litvinov S. S. *Methodology of field experience in vegetable growing*, Moscow, Vserossiiskii nauchno-issledovatel'skii institut ovoshchevodstva, 2011, 650 p. EDN VVLERZ (in Russ.).
20. *Guidelines for the breeding of tomato varieties and hybrids for open and protected ground*, Moscow, 1986, 64 p. (in Russ.).
21. Khokhryakov M. K., Potlaichuk V. I., Semenov A. Ya., Elbakyan M. A. *Determinant of diseases of agricultural crops*, Leningrad, Kolos, 1984, 304 p. (in Russ.).
22. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)*, Moscow, Al'yans, 2011, 370 p. EDN QLCQEP (in Russ.).

© Ванюшкина И. А., Синиченко Н. А., Козарь Е. Г., Пышная О. Н., 2025

Статья поступила в редакцию 25.12.2024; одобрена после рецензирования 28.02.2025; принята к публикации 05.03.2025.

The article was submitted 25.12.2024; approved after reviewing 28.02.2025; accepted for publication 05.03.2025.

Информация об авторах

Ванюшкина Ирина Алексеевна, старший научный сотрудник, Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5379-2981>, SPIN-код: 5195-8660, vanyuschkina.i@yandex.ru;

Синиченко Наталья Александровна, старший научный сотрудник, Приморская овощная опытная станция – филиал Федерального научного центра овощеводства, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0412-4835>, SPIN-код: 1046-1750, natsinichenko@mail.ru;

Козарь Елена Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр овощеводства, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-код: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru;

Пышная Ольга Николаевна, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, заместитель директора по науке, Федеральный научный центр овощеводства, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>, SPIN-код: 7967-8504, pishnaya_o@mail.ru

Information about the authors

Irina A. Vanyushkina, Senior Researcher, Primorskaya Vegetable Experimental Station – Branch of the Federal Scientific Vegetable Center, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5379-2981>, SPIN: 5195-8660, vanyuschkina.i@yandex.ru;

Natalya A. Sinichenko, Senior Researcher, Primorskaya Vegetable Experimental Station – Branch of the Federal Scientific Vegetable Center, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0412-4835>, SPIN: 1046-1750, natsinichenko@mail.ru;

Elena G. Kozar, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Vegetable Center, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru;

Olga N. Pyshnaya, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Deputy Director for Science, Federal Scientific Vegetable Center, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9744-2443>, SPIN: 7967-8504, pishnaya_o@mail.ru

Вклад авторов:

Ванюшкина И. А. – проведение исследований, обработка и анализ экспериментальных данных, написание статьи.

Синиченко Н. А. – проведение исследований, оформление статьи.

Козарь Е. Г. – систематизация и обобщение данных, написание статьи, оформление и редактирование статьи.

Пышная О. Н. – общее руководство исследованиями, редактирование статьи.

При этом все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Vanyushkina I. A. – conducting research, processing and analyzing experimental data, and writing an article.

Sinichenko N. A. – conducting research, designing an article.

Kozar E. G. – systematization and generalization of data, writing of the article, design and editing of the article.

Pyshnaya O. N. – general research management, article editing.

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 633.11:631.52

EDN VMFDTM

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-32-39>

Степень фенотипического доминирования количественных признаков у реципрочных гибридов пшеницы мягкой яровой

Кристина Владимировна Зенкина¹, Светлана Сергеевна Федорова²

^{1,2} Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства
Хабаровский край, Хабаровск, Россия

¹ polosataya-zebra@mail.ru, ² svetlanafedorova684@gmail.com

Аннотация. Представлены результаты наследования основных хозяйственно ценных признаков продуктивности реципрочными гибридами F_1 яровой пшеницы с исходными формами. Проведена оценка трех реципрочных комбинаций пшеницы по тринадцати количественным признакам. Скрещивание проводили в Дальневосточном научно-исследовательском институте сельского хозяйства в 2023 г., сравнительный анализ гибридов и их родительских форм – в 2024 г. Погодные условия существенно отличались по годам: в 2023 г. отмечена засуха, в 2024 г. – переувлажнение. Установлен наибольший эффект гетерозиса у гибридной популяции с привлечением сортов Анфея и Калинка в обратной комбинации скрещиваний, чем в прямой. Семьи АК1 (первая семья прямого гибрида Анфея × Калинка), КА3 (третья семья обратного гибрида Калинка × Анфея), ДК1 (первая семья прямого гибрида Далира × Калинка) отличались высокой степенью фенотипического доминирования ($H_p > 1,0$) наибольшего количества признаков. У семьи АК1 выявлено неполное доминирование длины второго междоузлия ($H_p = -0,8$); у семьи КА3 – частичное доминирование общего кущения ($H_p = 0,9$); у семьи ДК1 – частичное доминирование количества колосков ($H_p = 0,8$) и зерен ($H_p = 0,1$) в колосе. Выявлена высокая степень фенотипического доминирования у гибридов первого поколения с использованием сортов яровой пшеницы Аль Варис и Воевода независимо от реципрочного скрещивания. Выделены семьи с абсолютным гетерозисом ($H_p > 1,0$) всех количественных признаков продуктивности: КА1 (первая семья обратного гибрида Калинка × Анфея), ВА1 (первая семья прямого гибрида Воевода × Аль Варис), ВА2 (вторая семья прямого гибрида Воевода × Аль Варис), ВА5 (пятая семья прямого гибрида Воевода × Аль Варис), АВ1 (первая семья обратного гибрида Аль Варис × Воевода), АВ2 (вторая семья обратного гибрида Аль Варис × Воевода).

Ключевые слова: пшеница мягкая яровая, реципрочные гибриды, количественные признаки, гетерозис, степень фенотипического доминирования

Для цитирования: Зенкина К. В., Федорова С. С. Степень фенотипического доминирования количественных признаков у реципрочных гибридов пшеницы мягкой яровой // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 32–39. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-32-39>.

Original article

The degree of phenotypic dominance of quantitative traits in reciprocal hybrids of spring soft wheat

Kristina V. Zenkina¹, Svetlana S. Fedorova²

^{1,2} Far Eastern Agricultural Research Institute, Khabarovsk krai, Khabarovsk, Russian Federation

¹ polosataya-zebra@mail.ru, ² svetlanafedorova684@gmail.com

Abstract. The article presents the results of inheritance of the main economically valuable productivity traits by reciprocal F_1 hybrids of spring wheat with the original forms. Three reciprocal combinations of wheat were evaluated for thirteen quantitative traits. Crossing was carried out at the Far Eastern Agricultural Research Institute in 2023, a comparative analysis of hybrids and their parental forms was carried out in 2024. Weather conditions differed significantly by year: drought in 2023, waterlogging in 2024. The greatest heterosis effect was noted in the hybrid population with the involvement of the Anfeya and Kalinka varieties in the reverse combination of crossings than in the direct one. Families AK1 (the first family of the direct hybrid Anfeya \times Kalinka), KA3 (the third family of the reverse hybrid Kalinka \times Anfeya), DK1 (the first family of the direct hybrid Dalira \times Kalinka) were distinguished by a high degree of phenotypic dominance ($H_p > 1.0$) of the greatest number of traits. Family AK1 showed incomplete dominance of the second internode length ($H_p = -0.8$), family KA3 showed partial dominance of total tillering ($H_p = 0.9$), and family DK1 showed partial dominance of the number of spikelets ($H_p = 0.8$) and grains ($H_p = 0.1$) in an ear. A high degree of phenotypic dominance was established in first-generation hybrids using spring wheat varieties Al Waris and Voevoda, regardless of reciprocal crossing. Families with absolute heterosis ($H_p > 1.0$) of all quantitative productivity traits were identified: KA1 (the first family of the reverse hybrid Kalinka \times Anfeya), BA1 (the first family of the direct hybrid Voevoda \times Al Waris), BA2 (the second family of the direct hybrid Voevoda \times Al Waris), BA5 (the fifth family of the direct hybrid Voevoda \times Al Waris), AB1 (the first family of the reverse hybrid Al Waris \times Voevoda), AB2 (the second family of the reverse hybrid Al Waris \times Voevoda).

Keywords: soft spring wheat, reciprocal hybrids, quantitative traits, heterosis, degree of phenotypic dominance

For citation: Zenkina K. V., Fedorova S. S. The degree of phenotypic dominance of quantitative traits in reciprocal hybrids of spring soft wheat. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:32–39. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-32-39>.

Введение. Пшеница является одной из важнейших зерновых культур в мире [1]. Для повышения ее продуктивности существенный интерес представляет гетерозисная селекция [2] – превосходство гибридов над родителями, а также их способность к сохранению преимущества в последующих поколениях [3, 4].

Истинный гетерозис обеспечивает высокую вероятность достижения трансгрессивных генотипов в последующих поколениях [5]. Селекция на гетерозис во многом зависит от правильно спланированной программы скрещиваний, включения исходного материала с высокой общей и специфической комбинационной способностью, изучения закономерностей наследования вегетативных и генеративных признаков растений [6]. Информация об изменчивости и характере их наследования позволяет селекционеру целенаправленно подбирать ценные родительские формы и прогнозировать эффективность отбора в расщепляющихся гибридных популяциях [7].

Цель исследований состоит в определении характера наследования ос-

новных количественных признаков у реципрокных гибридов яровой мягкой пшеницы первого поколения.

Материалы и методика исследований. Исследования проводили в 2023–2024 гг. в Дальневосточном научно-исследовательском институте сельского хозяйства (г. Хабаровск).

Материалом служили восемь гибридных комбинаций, полученных путем реципрокных скрещиваний сортов мягкой пшеницы яровой [8]. Объект исследований – гибриды первого поколения:

Анфея \times Калинка (АК) – 5 семей;

Калинка \times Анфея (КА) – 5 семей;

Далира \times Калинка (ДК) – 5 семей;

Калинка \times Далира (КД) – одна семья;

Воевода \times Аль Варис (ВА) – 5 семей;

Аль Варис \times Воевода (АВ) – 5 семей.

Гибриды высевали по схеме «мать – гибрид – отец» и убирали вручную.

Рассчитывали следующие количественные показатели: высота растений; общее и продуктивное кушение; длина верхнего и второго междоузлия; длина и

масса колоса; количество колосков и зерен в колосе и с растения; масса зерна с колоса и с растения; масса 1 000 зерен.

Значение гипотетического ($\Gamma_{гип}$) и истинного ($\Gamma_{ист}$) гетерозиса рассчитывали по формуле Д. С. Омарова [9]. Степень доминирования (H_p) определяли по методу В. Griffing [10].

Величину гетерозиса оценивали по рассчитанным значениям: $h_p < -1,0$ – депрессия; $h_p = -1,0$ – отрицательное полное доминирование; $-1,0 < h_p < 0$ – неполное доминирование; $h_p = 0$ – промежуточное наследование; $0 < h_p < 1,0$ – частичное доминирование; $h_p = 1,0$ – полное доминирование; $h_p > 1,0$ – сверхдоминирование (гетерозис) [11].

Погодные условия по годам исследований были контрастными. Год скрещивания сортов отличался засухой в течение всей вегетации; гидротермический коэффициент в период с мая по июль составил 0,8; 1,1; 1,0 ед. по месяцам соответственно. В год изучения гибридов первого поколения отмечали существенное пересушивание в течение всей вегетации, особенно в период «колошение – цветение»; гидротермический коэффициент при этом составил 1,3; 3,7; 1,1 ед. соответственно по месяцам за период с мая по июль (при среднемноголетней норме 1,7; 1,5; 2,1 ед.).

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что основные количественные признаки гибридов пшеницы наследовались от депрессии до гетерозиса (рис. 1).

При определении наследования у прямого гибрида АК (Анфея × Калинка) преобладание гетерозиса составило 77 % количественных признаков; по длине верхнего ($H_p = 0,6$) и нижнего ($H_p = 0,7$) междоузлий и количеству зерен в колосе ($H_p = 0,9$) у гибридной популяции АК отмечали частичное доминирование родительских форм с наибольшей величиной данных признаков продуктивности. Наибольшее значение истинного гетерозиса у гибрида АК наблюдали по количеству и массе зерна с колоса – 36,0 и 44,0 % соответственно.

У первой семьи АК1 длина второго междоузлия наследовалась неполным доминированием отцовской формы Калинка ($H_p = -0,8$), остальные показатели характеризовались гетерозисом ($H_p = 1,5-15,0$).

Истинный гетерозис составил от 3,0 % по количеству колосков в колосе до 99,7 и 113,7 % по массе и количеству семян с растения соответственно.

Особенностью наследования у второй семьи АК2 стала депрессия показателей длины колоса ($H_p = -2,5$) и второго междоузлия ($H_p = -3,0$); неполное доминирование материнской формы Анфея по длине верхнего междоузлия ($H_p = -0,5$); промежуточное наследование массы колоса ($H_p = 0$); частичное преобладание отцовской формы Калинка по высоте растений ($H_p = 0,4$) и материнской формы Анфея по массе зерна с колоса ($H_p = 0,7$); полное доминирование материнской формы Анфея по количеству зерен с колоса ($H_p = 1,0$); сверхдоминирование общего ($H_p = 1,6$) и продуктивного ($H_p = 2,3$) кушения, количества колосков в колосе ($H_p = 4,0$), количества ($H_p = 5,6$) и массы ($H_p = 5,7$) зерен с растения.

У третьей семьи АК3 отмечали частичное доминирование высоты растений ($H_p = 0,4$) и продуктивного кушения ($H_p = 0,6$) по отцу Калинка; неполное доминирование длины верхнего междоузлия ($H_p = -0,5$) по матери Анфея. По остальным количественным показателям наблюдалось сверхдоминирование ($H_p > 1$) при истинном гетерозисе 2,3–44,4 %.

Четвертая семья АК4 характеризовалась высокими эффектами гетерозисов по показателям длины колоса ($H_p = 3,0$) и количества колосков в колосе ($H_p = 2,0$); частичным доминированием длины верхнего междоузлия ($H_p = 0,5$) по отцу Калинка, длины второго междоузлия ($H_p = 0,2$) по матери Анфея, массы колоса ($H_p = 0,1$) по матери Анфея, количества зерен в колосе ($H_p = 0,4$) по матери Анфея и с растения ($H_p = 0,1$) по отцу Калинка; неполным доминированием по материнской форме Анфея высоты растений ($H_p = -0,5$), общего кушения ($H_p = -0,6$), продуктивного кушения ($H_p = -0,3$), массы зерна с растения ($H_p = -0,4$) и по отцовской форме Калинка массы зерна с колоса ($H_p = -0,1$); депрессией массы 1 000 зерен ($H_p = -3,0$).

В пятой семье АК5 установлены наследование по типу частичного доминирования массы колоса ($H_p = 0,7$) и массы зерна с колоса ($H_p = 0,2$) по материнской форме Анфея; депрессия количества зерен с колоса ($H_p = -1,2$) и гетерозис остальных количественных признаков ($H_p > 1,0$).

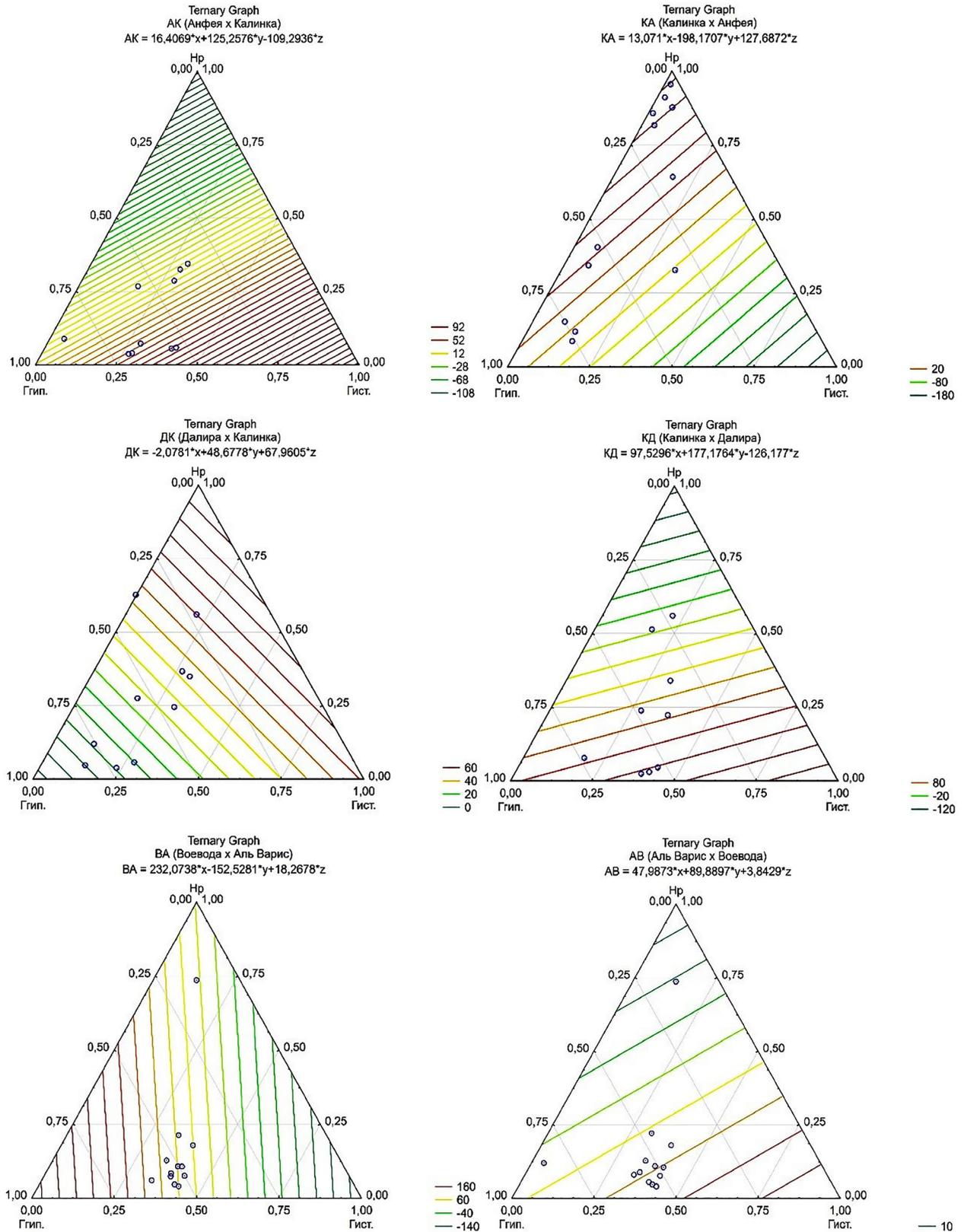


Рисунок 1 – График степени фенотипирования (Hr), гипотетического (Г_{гип}) и истинного (Г_{ист}) гетерозиса
Figure 1 – Graph of the degree of phenotyping (Hr), hypothetical (Г_{гип}) and true (Г_{ист}) heterozygosity

Сверхдоминирование ($H_p > 1,0$) основных структурных параметров у обратной гибридной популяции КА (Калинка \times Анфея) обусловлено высоким эффектом гетерозиса ($\Gamma_{\text{ист}} = 2,1\text{--}53,7\%$); только длина второго междоузлия наследовалась по типу неполного доминирования отцовской формы Калинка ($H_p = -0,2$). Во всех семьях КА отмечали сверхдоминирование ($H_p > 1,0$) по показателям: длина колоса и его масса, число колосков в колосе, масса семян с колоса, количество и масса зерен с растения.

Первая семья КА1 по всем показателям отличалась превосходством обоих родителей ($H_p > 1,0$) по степени фенотипического доминирования с высоким истинным гетерозисом – от 0,4 до 124,0 %. Неполное доминирование отмечали у второй семьи КА2 длины второго междоузлия ($H_p = -0,2$) по отцу Калинка и у четвертой семьи КА4 высоты растений ($H_p = -0,5$) по матери Анфея. Частичное доминирование отцовской формы Калинка наблюдали у третьей семьи КА3 общего кущения ($H_p = 0,9$), у четвертой семьи КА4 общего ($H_p = 0,1$) и продуктивного ($H_p = 0,6$) кущения. У пятой семьи КА5 проявлялось частичное доминирование продуктивного кущения ($H_p = 0,6$) и длины верхнего междоузлия ($H_p = 0,4$) по отцовской форме Калинка; массы 1 000 зерен ($H_p = 0,4$) по материнской форме Анфея и депрессия длины второго междоузлия ($H_p = -6,5$).

Таким образом, у обратного гибрида КА (Калинка \times Анфея) отмечалось наибольшее превосходство родительских форм в отличие от прямого гибрида АК (Анфея \times Калинка).

Преобладание степени фенотипического доминирования у прямой популяции ДК (Далира \times Калинка) по высоте растений было у всех семей; у обратной КД (Калинка \times Далира) наблюдалось частичное доминирование данного показателя ($H_p = 0,6$) по отцу Калинка.

У первой семьи ДК1 количество колосков ($H_p = 0,8$) и зерен ($H_p = 0,1$) с колоса наследовалось по типу частичного преобладания материнской формы Далира и отцовской формы Калинка соответственно, остальные показатели – по сверхдоминированию ($H_p > 1,0$) с истинным гетерозисом 3,5–65,1 %.

Вторая семья ДК2 характеризовалась депрессией длины второго междоузлия ($H_p = -7,0$); отдельным доминированием отца Калинка по массе 1 000 зерен и неполным доминированием материнской формы Далира общего ($H_p = 0,8$) и продуктивного ($H_p = 0,6$) кущения.

При этом отмечали полное доминирование у третьей семьи ДК3 длины колоса ($H_p = 1,0$); промежуточное – количества зерен с колоса ($H_p = 0$), а также частичный тип наследования количества колосков в колосе ($H_p = 0,5$) по матери и количества зерен с растения ($H_p = 0,9$) по отцу.

У гибрида четвертой семьи ДК4 наблюдали регресс родительских форм по длине ($H_p = -1,5$) и массе ($H_p = -3,0$) колоса, массе зерна с колоса ($H_p = -10,0$). Отмечены общее кущение ($H_p = 0,8$), количество ($H_p = 0,6$) и масса ($H_p = 0,7$) с растения по типу частичного доминирования родителей с наибольшей величиной признаков; тогда как количество колосков ($H_p = -0,7$) и зерен ($H_p = -0,7$) в колосе, масса 1 000 зерен ($H_p = -0,2$) – по типу неполного доминирования родителей с наименьшей величиной признаков.

Мать Далира обеспечила полное превалирование у пятой семьи ДК5 массы зерна с колоса ($H_p = -1,0$) и с растения ($H_p = -1,0$), неполное доминирование – на общее кущение ($H_p = -0,3$) и количество зерен с растения ($H_p = -0,7$). Отец Калинка оказал неполное доминирование на массу 1 000 зерен ($H_p = -0,3$) и частичное доминирование на количество зерен с колоса ($H_p = 0,4$). По продуктивному кущению, длине второго междоузлия, массе колоса и количеству колосков в колосе у ДК5 зафиксирована депрессия ($H_p < -1,0$).

У единственной семьи обратного гибрида КД (Калинка \times Далира) отмечали частичное превалирование сорта Калинка по высоте растений ($H_p = 0,6$) и продуктивному кущению ($H_p = 0,6$); отдельное доминирование по количеству колосков в колосе ($H_p = -0,2$) и массе 1 000 зерен ($H_p = -0,2$). Другие показатели обратного гибрида наследовались по сверхдоминированию с истинным гетерозисом, составляющим 0,8–124,0 %.

Гибриды первого поколения с привлечением родительских форм пшеницы Аль Варис и Воевода отличались наибольшим количеством семей с абсолютным

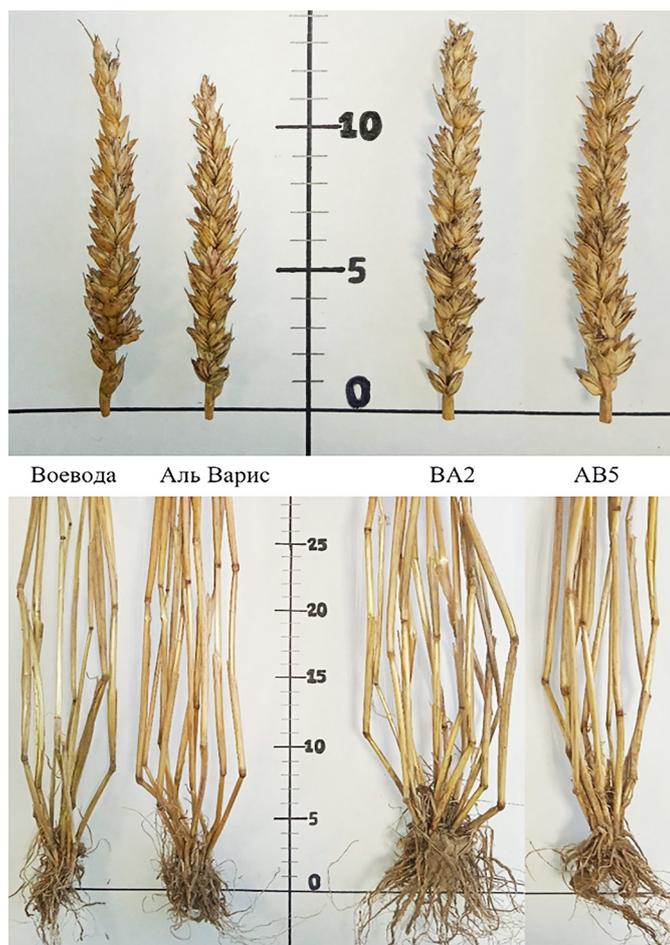


Рисунок 2 – Колос и кушение гибридов с сортами Воевода и Аль Варис
Figure 2 – Ear and tillering of hybrids with varieties Voevoda and Al Waris

($H_r > 1,0$) истинным гетерозисом от 1,3 до 162,1 % всех изученных показателей продуктивности растений независимо от рецiproкных скрещиваний: ВА1, ВА2, ВА5, АВ1, АВ2 (рис. 2). Депрессия длины междоузлия установлена: верхнего у семьи АВ5 ($H_r = -2,4$) и второго у семьи ВА4 ($H_r = -1,1$). Отрицательное преобладание родителя Аль Варис отмечали у семьи ВА3 на длину второго междоузлия ($H_r = -0,1$) в качестве отца и у семьи АВ4 на общее кушение ($H_r = -0,5$) в качестве матери.

Полное доминирование матери Воевода наблюдали у семьи ВА4 на высоту растений ($H_r = 1,0$); частичное доминирование данного сорта в прямых популяциях в качестве матери у семьи ВА3 – на общее кушение ($H_r = 0,6$), у семьи ВА4 – на длину верхнего междоузлия ($H_r = 0,4$) и в обратных популяциях в качестве отца – на длину второго междоузлия у семьи АВ3 ($H_r = 0,3$) и АВ5 ($H_r = 0,1$) и у семьи АВ4 на количество зерен с колоса ($H_r = 0,5$).

Заключение. В результате проведенных исследований, нами отмечено наибольшее превосходство родительских форм по степени фенотипического доминирования у обратного гибрида КА (Калинка × Анфея) в отличие от прямого гибрида АК (Анфея × Калинка).

Наибольший эффект гетерозиса количественных признаков установлен у семей с использованием сортов Аль Варис и Воевода независимо от рецiproкных скрещиваний данных сортов.

В результате гетерозисного анализа гибридных популяций с привлечением генотипов Анфея, Далира, Калинка, Аль Варис, Воевода выделены семьи АК1, КА1, КА3, ДК1, ВА1, ВА2, ВА5, АВ1, АВ2 с высоким уровнем сверхдоминирования по большинству количественных признаков продуктивности, которые вызывают интерес для последующей селекционной работы.

Список источников

1. Kumar A., Chlaya R., Singh V. P., Singh L. Exploitation of heterosis for grain yield and quality traits in wheat // *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020. No. 9 (2). P. 1465–1468.
2. Khan R., Prasad B., Bhatt B. Study of heterosis for grain yield and its components in wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) // *Environment Conservation Journal*. 2024. No. 1 (25). P. 56–61. doi: 10.3653/ECJ.24732666.
3. Li Z., Zhao Y., Luo K. Molecular mechanisms of heterosis and its applications in the tree breeding: progress and perspectives // *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. No. 25. P. 12344. doi: 10.3390/ijms252212344.
4. Волкова Л. В., Амунова О. С. Изучение эффекта гетерозиса и прогноз перспективности гибридных популяций яровой пшеницы в селекции на продуктивность и засухоустойчивость // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023. № 3 (184). С. 41–50. doi: 10.30901/2227-8834-2023-3-41-50.
5. Dragov R. Heterosis of some morphological and grain quality traits in winter durum wheat // *Genetika*. 2023. No. 3 (55). P. 795–806. doi: 10.2298/GENSR2303795D.
6. Сухенко Н. Н., Ковтунов В. В. Изучение эффекта гетерозиса морфо-биологических признаков гибридов F₁ сорго зернового // *Зерновое хозяйство России*. 2023. № 5 (15). С. 5–11. doi: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-5-11.
7. Омелянюк Л. В., Асанов А. М., Кармазина А. Ю. Доноры признаков структуры стебля в селекции гороха усатого морфотипа для Сибирского региона // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2021. № 4 (44). С. 25–34. doi: 10.48136/2222-0364_2021_4_25.
8. Асеева Т. А., Зенкина К. В., Ломакина И. В. Создание нового исходного материала яровой пшеницы в условиях Среднего Приамурья // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2024. Т. 18. № 1. С. 16–25. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-16-25.
9. Омаров Д. С. К методике учета и оценки гетерозиса у растений // *Сельскохозяйственная биология*. 1975. Т. 10. № 1. С. 123–127.
10. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems // *Australian Journal of Biological Sciences*. 1956. No. 9. P. 463–493.
11. Дзюба В. А., Есаулова Л. В., Чихирь И. Н., Лапина Е. Н. К методике проведения гибридологического анализа гибридов зерновых культур // *Зерновое хозяйство России*. 2012. № 3 (21). С. 8–13. doi: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-44-48.

References

1. Kumar A., Chlaya R., Singh V. P., Singh L. Exploitation of heterosis for grain yield and quality traits in wheat. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2020;9(2):1465–1468.
2. Khan R., Prasad B., Bhatt B. Study of heterosis for grain yield and its components in wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). *Environment Conservation Journal*, 2024;1(25):56–61. doi: 10.3653/ECJ.24732666.
3. Li Z., Zhao Y., Luo K. Molecular mechanisms of heterosis and its applications in the tree breeding: progress and perspectives. *International Journal of Molecular Sciences*, 2024;25:12344. doi: 10.3390/ijms252212344.
4. Volkova L. V., Amunova O. S. Study of the effect of heterosis and forecast of the prospects of hybrid populations of spring wheat in breeding for productivity and drought resistance. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i seleksii*, 2023;3(184):41–50. doi: 10.30901/2227-8834-2023-3-41-50 (in Russ.).
5. Dragov R. Heterosis of some morphological and grain quality traits in winter durum wheat. *Genetika*, 2023;3(55):795–806. doi: 10.2298/GENSR2303795D.

6. Sukhenko N. N., Kovtunov V. V. Study of the heterosis effect of morpho-biological traits of grain sorghum hybrids F_1 . *Zernovoe khozyaistvo Rossii*, 2023;5(15):5–11. doi: 10.31367/2079-8725-2023-88-5-5-11 (in Russ.).

7. Omelyanyuk L. V., Asanov A. M., Karmazina A. Yu. Donors of stem structure features in the selection of the mustachioed morphotype of peas for the Siberian region. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2021;4(44):25–34. doi: 10.48136/2222-0364_2021_4_25 (in Russ.).

8. Aseeva T. A., Zenkina K. V., Lomakina I. V. Creation of new source material of spring wheat in conditions of Middle Priamurye. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2024;18;1:16–25. doi: 10.22450/1999-6837-2024-18-1-16-25 (in Russ.).

9. Omarov D. S. Towards a methodology for recording and assessing heterosis in plants. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 1975;10;1:123–127 (in Russ.).

10. Griffing B. Concepts of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, 1956;9:463–493.

11. Dzyuba V. A., Esaulova L. V., Chikhir I. N., Lapina E. N. On the methodology of conducting hybridological analysis of grain crop hybrids. *Zernovoe hozyaistvo Rossii*, 2012;3(21):8–13. doi: 10.31367/2079-8725-2019-61-1-44-48 (in Russ.).

© Зенкина К. В., Федорова С. С., 2025

Статья поступила в редакцию 27.01.2025; одобрена после рецензирования 24.02.2025; принята к публикации 25.02.2025.

The article was submitted 27.01.2025; approved after reviewing 24.02.2025; accepted for publication 25.02.2025.

Информация об авторах

Зенкина Кристина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5774-3580>, Author ID: 960754, polosataya-zebra@mail.ru;

Федорова Светлана Сергеевна, специалист, Дальневосточный научно-исследовательский институт сельского хозяйства, svetlanafedorova684@gmail.com

Information about the authors

Kristina V. Zenkina, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Far Eastern Agricultural Research Institute, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5774-3580>, Author ID: 960754, polosataya-zebra@mail.ru;

Svetlana S. Fedorova, Specialist, Far Eastern Agricultural Research Institute, svetlanafedorova684@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 631.86

EDN SDKRVT

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-40-46>

Донные отложения как удобрение для органического земледелия

Ольга Викторовна Чагарова¹, Ольга Александровна Косицына²

^{1,2} Благовещенский государственный педагогический университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ olga_chagarova.bgpu@mail.ru, ² ivanolga2005@mail.ru

Аннотация. Одной из задач сельскохозяйственного производства является его экологизация, реализация которой возможна через ведение органического земледелия и интенсификацию процессов восстановления плодородия почвы. Большую роль в восстановлении почв играют органические удобрения, среди которых сапропели являются наиболее ценными. Амурская область обладает богатыми запасами сапропелей, однако изучение их носит фрагментарный характер. Объектом исследования выступили донные отложения озера Капустиха, которое располагается на территории парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский Тамбовского муниципального округа. В результате проведенного исследования установили, что донные отложения озера Капустиха имеют серую окраску и относятся к органо-известковистому виду, характеризуются нейтральным водородным показателем. Содержание органического вещества колеблется от 13,429 до 16,447 %. Запасы нитратного и аммонийного азота составляют 83,964 и 230,645 мг/кг соответственно, фосфора – 195,519 мг/кг, калия – 212,033 мг/кг. Выяснено, что донные отложения озера Капустиха являются ценным органическим удобрением, микробный пул которого представлен аммонификаторами-анаэробами, нитрификаторами, свободноживущими азотфиксаторами.

Ключевые слова: донные отложения, органическое земледелие, озеро Капустиха, агрохимические показатели, состав микрофлоры донных отложений

Для цитирования: Чагарова О. В., Косицына О. А. Донные отложения как удобрение для органического земледелия // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 40–46. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-40-46>.

Original article

Bottom sediments as fertilizer for organic farming

Olga V. Chagarova¹, Olga A. Kositsyna²

^{1,2} Blagoveshchensk State Pedagogical University

Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ olga_chagarova.bgpu@mail.ru, ² ivanolga2005@mail.ru

Abstract. One of the tasks of agricultural production is its greening, the implementation of which is possible through organic farming and intensification of the processes of restoring soil fertility. Organic fertilizers play a major role in soil restoration, among which sapropels are the most valuable. The Amur region has rich reserves of sapropels, but their study is fragmentary. The object of the study was the bottom sediments of Kapustikha Lake, which is located on the territory of the Muravyovsky Park for Sustainable Environmental Management and Environmental Education, Tambov Municipal District. As a result of the study, it has been established that the bottom sediments of Kapustikha Lake are gray in color and belong to the organic-calcareous type, are characterized by a neutral hydrogen index, and the content of organic matter ranges from 13,429 to 16,447%. The reserves of nitrate and ammonium nitrogen are 83,964 and 230,645 mg/kg, respectively, phosphorus – 195,519 mg/kg, potassium – 212,033 mg/kg. It has been found that the

bottom sediments of Kapustikha Lake are a valuable organic substance, a microbial pool, which is represented by anaerobic ammonifiers, nitrifiers, and free-living nitrogen fixers.

Keywords: bottom sediments, organic farming, Kapustikha Lake, agrochemical indicators, composition of microflora of bottom sediments

For citation: Chagarova O. V., Kositsyna O. A. Bottom sediments as fertilizer for organic farming. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:40–46. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-40-46>.

Введение. Современное общество все чаще делает запрос на экологически безопасную или органическую продукцию. Органическое земледелие подразумевает минимальное применение минеральных удобрений и делает акцент на использование органических удобрений. Одним из эффективных органических удобрений является сапропель, богатый не только органикой, но и легкодоступными для растений элементами минерального питания с нейтральным рН. Кроме того, сапропель оказывает положительное воздействие на общее почвенное состояние – повышение сорбционных свойств, оптимизация буферной емкости и др. Внесение сапропеля активизирует почвенную микрофлору, что способствует оздоровлению почвы [1].

Амурская область располагает богатейшими запасами озерных сапропелей. Исследования их носят несистематический характер и тем не менее доказывают высокий потенциал использования донных отложений в качестве удобрений и средств для рекультивации почв [2, 3].

Цель работы – исследование донных отложений озера Капустиха для оценки

возможности их использования в качестве органического удобрения. В соответствии с поставленной целью обозначены задачи исследования: провести агрохимический анализ и выявить сообщество бактерий, участвующих в круговороте азота в донных отложениях оз. Капустиха.

Материал и методы исследований. В основу методологии исследований положены комплексный анализ полученных данных в ходе проведения полевых и лабораторных работ и аналитическое сравнение результатов исследований с данными других авторов.

Исследования проведены в теплый период 2024 г. (с мая по октябрь) на озере Капустиха, расположенном на территории парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский (Тамбовский муниципальный округ, Амурская область).

Озеро находится вдали от земель сельскохозяйственного назначения и не испытывает значительных антропогенных воздействий. Оно имеет координаты: 49.873775, 127.695679 (рис. 1).

Точки отбора проб располагались согласно форме озера Капустиха:



Рисунок 1 – Географическое положение озера Капустиха
Figure 1 – Geographical location of Kapustikha Lake

точка № 1 – причал;

точка № 2 – перешеек;

точка № 3 – территория гнездования дальневосточного аиста.

Объектом исследования явились донные отложения озера Капустиха. Образцы донных отложений для анализа отбирали пробоотборником согласно требований ГОСТ 17.15.01–80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность».

Термическое разложение проб проводили с использованием терморектора лабораторного «Термион». Определение органического вещества в донных отложениях выполняли на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Содержание ионов исследовали с помощью системы капиллярного электрофореза «Капель-205» (компания «Люмекс», Россия), измерение значений водородного показателя проводили на рН-метре рН-150МИ.

Классификация донных отложений выполнялась с учетом положений, установленных ГОСТ Р 54000–2010 «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия».

В донных отложениях озер выявляли бактерий, участвующих в круговороте азота. Аммонификаторов-анаэробов определяли путем посева на МПА; нитрифицирующих бактерий культивировали на среде Виноградского для 1 и 2 фазы нитрификации; свободноживущих азотфиксаторов устанавливали на агаризованной среде Эшби. Для идентификации родовой принадлежности пользовались определителем Берджи (2009) [4], а также культурально-биохимическими признаками. Вероятное число бактерий определяли по таблице Мак-Креди (на 10 г почвы). Микробиологические исследования проводили по стандартным методикам [5].

Агрохимические показатели донных отложений озера Капустиха приводятся в сравнении с луговыми черноземовидными почвами как наиболее плодородными в регионе и залегающими в Тамбовском муниципальном округе, основном земледельческом районе региона [6]. По гранулометрическому составу данные почвы средне- и тяжелосуглинистые. При этом содержание гумуса составляет от 3,6 до

4,6 %, минерального азота – 25–42 мг/кг, подвижного фосфора – 28–32 мг/кг, калия – 170–240 мг/кг; $pH_{\text{сол}}$ – 5,1–5,5 [7].

Результаты исследований и их обсуждение. Донные отложения озера Капустиха имеют серую окраску и илистую тонкодисперсную структуру. По содержанию органического вещества и водородному показателю сапропель относится к органо-известковистому виду (табл. 1).

Реакция почвенной среды является важным критерием выживаемости почвенных микроорганизмов, доступности питательных элементов для растений и значительно влияет на биохимические процессы в целом [8].

Важнейшей проблемой для амурского земледелия является закисление почв. С 90-х гг. XX в. в области не проводятся мероприятия по известкованию и фосфоритованию почв [7]. Кислотность солевой вытяжки лугово-черноземовидных почв составляет 5,1 ед. Реакция среды донных отложений озера – 7,02 ед. Следовательно, систематическое внесение сапропеля на амурских полях будет способствовать нормализации кислотности почв.

Содержание органического вещества в донных отложениях озера Капустиха составляет 14,747 %, что значительно превышает его содержание в лугово-черноземовидных почвах [9].

Запасы в почве минерального азота низкие; в донных отложениях количество нитратного и аммонийного азота составляет 83,964 и 230,645 мг/кг соответственно. Фосфор – один из самых малодоступных биогенных элементов. Донные отложения озера характеризуются высокой концентрацией фосфора – 195,519 мг/кг, в отличие от луговых черноземовидных почв, где его запасы невелики (84 мг/кг).

Одним из основных показателей качества донных отложений и органических удобрений принято считать содержание K_2O , который как один из активных и подвижных элементов принимает участие во всех продукционных и деструктивных процессах [10]. Содержание калия в донных отложениях и луговой черноземовидной почве очень высокое и составляет 212,033 и 204 мг/кг соответственно.

Во всех исследованных пробах донных отложений выделены аммонифика-

Таблица 1 – Химические показатели донных отложений озера Капустиха в теплый период 2024 г.
Table 1 – Chemical indicators of bottom sediments of Kapustikha Lake in the warm period of 2024

Исследуемые параметры	Точка 1		Точка 2		Точка 3		Среднее значение по озеру
	среднее	диапазон варьирования содержания	среднее	диапазон варьирования содержания	среднее	диапазон варьирования содержания	
pH _{солевой}	6,66±0,6	6,01–7,35	7,07±0,3	6,71–7,34	7,35±0,29	7,10–7,68	7,02±0,24
Органическое вещество, %	13,429±2,8	10,157–15,896	14,367±2,3	12,278–17,015	16,447±2,3	14,351–19,025	14,747±1,1
<i>Катионы, мг/кг</i>							
NH ⁴⁺	228,508±219,8	8,788–448,565	239,581±234,2	5,636–474,227	223,847±136,3	87,162–359,845	230,645±5,9
K ⁺	237,756±231,5	5,840–469,036	169,591±160,3	8,76–329,418	228,753±102,2	126,181–330,672	212,033±28,2
Ca ²⁺	80,585±76,8	3,544–157,287	75,196±69,4	6,205–145,182	681,059±195,0	486,440–876,451	278,946±268,0
<i>Анионы, мг/кг</i>							
NO ₃ ⁻	81,109±74,3	7,101–155,802	157,251±157,5	0–315,027	13,533±13,3	0–66,753	83,964±48,8
PO ₄ ³⁻	115,770±115,5	0–231,168	264,503±264,7	0–529,468	206,286±206,8	0–413,71	195,519±53,1

торы-анаэробы. Бактерии дали сплошной и сливной рост. Окраска колоний – светло-кремовая; поверхность – гладкая блестящая; консистенция – пастообразная. На микропрепаратах обнаружены грамположительные одиночные и соединенные попарно палочки с центральным или терминальным расположением спор, а также беспоровые формы. Общее число микроорганизмов составило не менее 11×10^5 колоний на 10 г донных отложений.

Присутствие нитрифицирующих бактерий первой фазы устанавливали по наличию запаха аммиака при реакции с реактивом Несселера, бактерий второй фазы нитрификации – по появлению азотной кислоты с помощью дифениламина в присутствии концентрированной серной кислоты и темно-синего окрашивания. В исследуемых донных отложениях озера выявлено наличие нитрифицирующих бактерий. На микропрепаратах наблюдали скопление грамотрицательных беспоровых овальных и коккоидных клеток, коротких палочек. Общее число микроор-

ганизмов составило не менее 14×10^5 колоний на 10 г донных отложений.

На агаризированной среде Эшби развились слизистые, бесцветные, округлые с ровным краем колонии бактерий рода *Azotobacter*. В мазках выявлены грамотрицательные палочковидные бактерии, лишенные спор, имеющие капсулу и накапливающие волютин. При этом общее число микроорганизмов составило не менее 14×10^4 колоний на 10 г донных отложений.

Заключение. С учетом невысокого содержания органического вещества в донных отложениях (с учетом нормативных требований ГОСТ Р 54000–2010); нейтральной кислотности; высокого содержания ионов аммония и нитрат-ионов; присутствия бактерий, участвующих в круговороте азота, целесообразно применение сапропелей озера Капустиха, расположенного на территории парка устойчивого природопользования и экопросвещения Муравьевский, в качестве удобрения для органического земледелия.

Список источников

1. Щукин С. В., Труфанов А. М. Экологизация сельского хозяйства: перевод традиционного сельского хозяйства в органическое. М. : Буки-Веди, 2012. 196 с. EDN SBOXUX.
2. Рыжков В. А., Краснощекова Т. А., Курков Ю. Б., Туаева Е. В., Рыжков Е. В., Ищенко О. Ю. Зональные особенности химического состава сапропелей Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 4. С. 60–62. EDN SCMESP.
3. Гольц М. Е., Черпак А. А. Использование донных отложений в качестве органических удобрений // IX Вильямсовские чтения : материалы всерос. молодежной науч. конф. с междунар. участием. М. : Российский государственный аграрный университет, 2024. С. 52–56. EDN JRSLDQ.
4. Определитель бактерий Берджи. Том 2 / под ред. Дж. Хоулта, Н. Крига, П. Снита, Дж. Стейли, С. Уилльямса. М. : Мир, 1997.
5. Практикум по микробиологии : учебное пособие / под ред. А. И. Нетрусова. М. : Академия, 2005. 602 с.
6. Джаббаров Н. И., Мишанов А. П., Добринов А. В., Савельев А. П. Моделирование и оценка уровня плодородия почвы // Инженерные технологии и системы. 2024. Т. 34. № 3. doi: 10.15507/2658-4123.034.202403.407-423.
7. Система земледелия Амурской области : производственно-практический справочник / под ред. П. В. Тихончука. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. 570 с. <https://doi.org/10.22450/9785964202769>.
8. Шумилова Л. П., Банецкая Е. В. Влияние длительного применения удобрений на почвообитающие микромицеты луговой черноземовидной почвы в посевах пшеницы // Агрехимия. 2023. № 7. С. 27–36. doi: 0.31857/S0002188123070104.

9. Дудукалов К. А. Состояние плодородия пахотных почв южной зоны Амурской области // Земледелие. 2017. № 1. С. 30–32. EDN YLNAND.

10. Ежков О. В., Газизов Р. Р., Яппаров И. А., Биккинина Л. М., Ежкова Д. В., Яппаров Д. А., Файзрахманов Р. Н. Влияние сапропеля на агрохимические показатели почвы, урожайность и качество овощных культур // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 6. EDN YIXKIV.

References

1. Shchukin S. V., Trufanov A. M. *Greening agriculture: converting traditional agriculture to organic*, Moscow, Buki-Vedi, 2012, 196 p. EDN SBOXUX (in Russ.).

2. Ryzhkov V. A., Krasnoshchekova T. A., Kurkov Yu. B., Tuaeва E. V., Ryzhkov E. V., Ishchenko O. Yu. Zonal features of the chemical composition of spropels of the Amur region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014;4:60-62. EDN SCMESP (in Russ.).

3. Golts M. E., Cherpak A. A. The use of bottom sediments as organic fertilizers. *Proceedings from IX Williams Readings: Vserossiiskaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 52–56), Moscow, Rossiiskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2024. EDN JRSLDQ (in Russ.).

4. Houtl J., Krieg N., Sneath P., Staley J. (Eds.). *The Bergey bacteria detector. Volume 2*, Moscow, Mir, 1997 (in Russ.).

5. Netrusov A. I. (Eds.). *Microbiology workshop: a textbook*, Moscow, Akademiya, 2005, 602 p. (in Russ.).

6. Dzhaborov N. I., Mishanov A. P., Dobrinov A. V., Savelyev A. P. Modeling and assessment of soil fertility. *Inzhenernye tekhnologii i sistemy*, 2024;34;3. doi: 10.15507/2658-4123.034.202403.407-423 (in Russ.).

7. Tikhonchuk P. V. (Eds.). *The farming system of the Amur region: a production and practical guide*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016, 570 p. <https://doi.org/10.22450/9785964202769> (in Russ.).

8. Shumilova L. P., Banetskaya E. V. The effect of long-term fertilizer use on the soil-dwelling micromycetes of meadow chernozem soil in wheat crops. *Agrokimiya*, 2023;7:27–36. doi: 0.31857/S0002188123070104 (in Russ.).

9. Dudukalov K. A. The state of fertility of arable soils in the southern zone of the Amur region. *Zemledelie*, 2017;1:30–32. EDN YLNAND (in Russ.).

10. Ezhkov O. V., Gazizov R. R., Yapparov I. A., Bikkinina L. M., Ezhkova D. V., Yapparov D. A., Faizrakhmanov R. N. The effect of sapropel on soil agrochemical parameters, yield and quality of vegetable crops. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2017;20;6. EDN YIXKIV (in Russ.).

© Чагарова О. В., Косицына О. А., 2025

Статья поступила в редакцию 14.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 12.03.2025.

The article was submitted 14.02.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 12.03.2025.

Информация об авторах

Чагарова Ольга Викторовна, кандидат химических наук, доцент, Благовещенский государственный педагогический университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2253-470X>, Author ID: 705195, olga_chagarova.bgpu@mail.ru;

Косицына Ольга Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Благовещенский государственный педагогический университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9712-3231>, Author ID: 352985, ivanolga2005@mail.ru

Information about the authors

Olga V. Chagarova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Blagoveshchensk State Pedagogical University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2253-470X>, Author ID: 705195, olga_chagarova.bgpu@mail.ru;

Olga A. Kositsyna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Blagoveshchensk State Pedagogical University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9712-3231>, Author ID: 352985, ivanolga2005@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.

ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

ANIMAL BREEDING AND VETERINARY

Научная статья

УДК 636.32/.38:636.087.26

EDN OWJTJX

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-47-54>**Эффективность откорма баранчиков
с использованием отходов соевого производства****Светлана Владимировна Карамушкина¹, Александр Викторович Вадько²,
Алена Владимировна Корнилова³**¹ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева
Москва, Россия^{2,3} Дальневосточный государственный аграрный университет
Амурская область, Благовещенск, Россия¹ sveta.vetmed@mail.ru, ² veltonsata@mail.ru, ³ kornilovaalena81@yandex.ru

Аннотация. Использование отходов производства сои при откорме жвачных животных широко распространено среди фермерских хозяйств Амурской области, как региона, специализирующегося на выращивании сои. Однако вопрос эффективности введения соевой соломы и соевого фуража в основной рацион откормочных животных остается открытым ввиду содержания в данных кормах антипитательных веществ. Целью работы является исследование эффективности использования отходов соевого производства при откорме баранчиков с обоснованием показателей мясной продуктивности, ферментативной активности крови и уровня рентабельности. В статье представлены результаты исследования ферментативной активности сыворотки крови и показателей продуктивности животных в научно-производственном эксперименте с применением в основном рационе кормления соевой соломы и соевого фуража. Проведен сравнительный анализ показателей экономической эффективности использования при откорме овец отходов соевого производства в количестве от 50 до 100 %. Исходя из питательной ценности отходов соевого производства, при 50-процентной замене сена на соевую солому и концентратной части на соевый фураж возрастает усвоение питательных веществ корма организмом животного, что характеризуется усилением ферментативной активности сыворотки крови, повышением прироста живой массы и, как следствие, более высоким уровнем окупаемости кормов.

Ключевые слова: откорм овец, отходы соевого производства, ферменты сыворотки крови, мясная продуктивность, экономическая эффективность откорма овец

Для цитирования: Карамушкина С. В., Вадько А. В., Корнилова А. В. Эффективность откорма баранчиков с использованием отходов соевого производства // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 47–54. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-47-54>.

Original article

Efficiency of lamb fattening with the use of soybean waste**Svetlana V. Karamushkina¹, Alexander V. Vadko², Alena V. Kornilova³**¹ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy,
Moscow, Russian Federation^{2,3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russian Federation

¹ sveta.vetmed@mail.ru, ² veltonsata@mail.ru, ³ kornilovaalena81@yandex.ru

Abstract. The use of soybean waste in fattening ruminants is widespread among farms in the Amur region as a region specializing in soybean cultivation. However, the issue of efficiency of introduction of soybean straw and soybean forage into the main ration of fattening animals remains open due to the content of anti-nutritive substances in these feeds. The aim of the work is to study the effectiveness of the use of waste soybean production in fattening lambs with the justification of indicators of meat productivity, enzymatic activity of blood and the level of profitability. The article presents the results of the study of enzymatic activity of blood serum and indicators of animal productivity in scientific and production experiment with the use of soybean straw and soybean forage in the main diet. The comparative analysis of economic efficiency indicators of using soybean production wastes in the amount from 50% to 100% in sheep fattening was carried out. Proceeding from the nutritive value of soybean production wastes, at 50% replacement of hay with soybean straw and concentrate part with soybean forage the assimilation of nutrients of feed by animal organism increases, which is characterized by strengthening of enzymatic activity of blood serum, increase of live weight gain and as a consequence a higher level of feed payback.

Keywords: sheep fattening, wastes of soybean production, blood serum enzymes, meat productivity, economic efficiency of sheep fattening

For citation: Karamushkina S. V., Vadko A. V., Kornilova A. V. Efficiency of lamb fattening with the use of soybean waste. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:47–54. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-47-54>.

Введение. В регионах, занимающихся выращиванием сои, становится актуальным вопрос использования отходов соевого производства (соевой соломы и соевого фуража) в кормлении сельскохозяйственных животных. Введение отходов от производства сои в основной рацион кормления овец позволяет не только повысить его питательность и обменную энергию, но и увеличить рентабельность производства баранины, исходя из сравнительно низкой стоимости отходов сои [1].

Результаты исследования свидетельствуют, что питательность 1,7 тонн половы, полученной с 4 га соевого поля, соответствует основным аналогичным характеристикам 1,7 тонн злакового сена, получаемого с одного посевного гектара. В настоящее время в Амурской области соя возделывается на площади 900 тыс. га. В результате, соевой половиной может компенсироваться 380 тыс. тонн сена, для получения которого требуется использование не менее 220 тыс. га сенокосов [2].

Вопросы использования отходов соевого производства широко изучаются отечественными и зарубежными учеными. Поиск альтернативных источников белка позволяет открыть дополнительные кормовые ресурсы и увеличить эффективность откорма сельскохозяйственных животных [3, 4].

Увеличить производительность овцеводческой отрасли невозможно без глубокого изучения процессов пищеварения, которые позволяют оценить как питательность применяемых белковых добавок, так и их вкусовую привлекательность. Способность пищеварительной системы адаптироваться под различный состав вновь вводимых кормов обеспечивается в основном за счет изменения ферментативной активности пищеварительных соков.

Изучение влияния соевых продуктов на процессы пищеварения показывает, что содержание в них большого количества белков и жиров, а также антипитательных веществ делает данный кормовой ресурс не только привлекательным, но и опасным для здоровья животного. Избыточное поступление в организм антипитательных веществ (ингибиторы протеаз и уреазы) способно вызвать дистрофические и воспалительные патологии со стороны органов пищеварения.

Для снижения отрицательного эффекта соевые бобы подвергают термической обработке и дозированно вводят в рацион кормления животных.

Изучение обмена веществ у овец при добавлении в рацион соевой соломы и фуража позволяет установить принципы подбора рационов кормления для повышения продуктивности и рентабельности

выращивания этих животных в животноводческих комплексах и фермерских хозяйствах [5, 6].

Проведенный ранее зоотехнический анализ соевой соломы и соевого фуража показал, что содержание в них сырой клетчатки и сырого протеина превышает по питательности данные виды кормов из других сельскохозяйственных культур. При этом по сырой клетчатке превышение составило 36 % (соевая солома), по сырому протеину – 58 % (соевый фураж). Это обуславливает использование данных видов кормов в рационах откорма жвачных животных [7].

Целью исследований явилось изучение эффективности использования отходов соевого производства при откорме баранчиков с обоснованием показателей мясной продуктивности, ферментативной активности крови и рентабельности.

Материал и методы исследований. На базе КФХ «Махмудов Э. С.» (Амурская область) проведен научно-хозяйственный опыт. Из баранчиков Эдильбаевской породы возрастом пяти месяцев методом пар-аналогов было сформировано три группы животных (по 20 голов).

Контрольная группа животных находилась на общепринятом сенно-концентратном рационе. *Животным первой опытной группы* 50 % основного рациона заменили отходами соевого производства (соевая солома и соевый фураж), а у баранчиков *второй опытной группы* 100 % рациона составляли отходы соевого производства.

Ранее проведенные исследования по энергетической питательности экспериментальных рационов показали наличие в них обменной энергии: контрольный рацион – 12,2 мДж/кг; рацион первой опытной группы – 13,7 мДж/кг; рацион второй опытной группы – 14,9 мДж/кг [8].

Для оценки уровня обменных процессов в организме исследовали основные ферментные системы крови. Кровь получали у животных натошак из яремной вены в вакуумные пробирки с активатором свертывания крови.

Активность аланинтрансферазы, амилазы и щелочной фосфатазы в сыворотке крови определяли на полуавтоматическом биохимическом анализа-

торе STAT FAX 1904 Plus (Awareness Technology, США) с использованием наборов биохимических реагентов для ветеринарии ДиаВетТест (ООО «Диавет», Россия). Активность трипсина в крови определяли по методу с использованием в качестве субстрата БАПНА [9].

Полученные результаты обрабатывали методом вариационной статистики с помощью табличного процессора Microsoft Excel.

Для анализа эффективности процесса откорма исследовали абсолютный и среднесуточный прирост живой массы баранчиков. В качестве показателя экономической эффективности рассчитывали уровень рентабельности применения отходов соевого производства для откорма [10].

Результаты исследований. Показатели продуктивности баранчиков Эдильбаевской породы при различном процентном содержании в основном рационе кормления отходов соевого производства, полученные в ходе научно-производственного опыта, представлены в таблице 1.

Анализируя данные таблицы, можно отметить, что абсолютный прирост живой массы баранчиков второй опытной группы ниже первой опытной группы на 34 %, в то время как достоверной разницы между первой опытной группой и контрольной группой не отмечено.

Интенсивность роста баранчиков, рацион которых состоял из соевой соломы и фуража, ниже контрольной и первой опытной групп в 1,4 раза.

Среднесуточный прирост живой массы у баранчиков первой опытной группы не имеет достоверной разницы с контролем, тогда как данный показатель у животных второй опытной группы достоверно ниже контроля на 31,5 %. Этот факт свидетельствует о менее эффективном использовании животными питательных веществ рациона, состоящего на 100 % из отходов соевого производства.

Для характеристики усвоения питательных веществ проведем сравнительный анализ активности ферментов плазмы крови экспериментальных животных, результаты которого показаны на рисунке 1.

Протеолитические ферменты, указывающие на уровень белкового обмена веществ (аланинтрансфераза и трипсин),

Таблица 1 – Показатели продуктивности баранчиков Эдильбаевской породы при добавлении к основному рациону кормления отходов соевого производства ($M \pm m$, $n = 20$)
Table 1 – Productivity indicators of Edilbaev breed lambs when soybean production wastes are added to the main feeding ration ($M \pm m$, $n = 20$)

Показатели	Группы животных		
	контрольная	первая опытная	вторая опытная
Вес на начало эксперимента, кг	34,7±3,52	33,9±3,14	36,9±4,79
Вес на 120-й день эксперимента, кг	52,2±2,87	52,1±3,42	48,9±4,19
Абсолютный прирост живой массы, кг	17,5±0,62	18,2±1,03	12,0±0,94*
Относительный прирост живой массы, %	25,1±1,24	26,3±1,18	17,8±1,01*
Среднесуточный прирост, г	145,8±15,8	151,6±9,7	100,0±11,2*

* $P < 0,01$ уровень достоверности при сравнении с контролем.

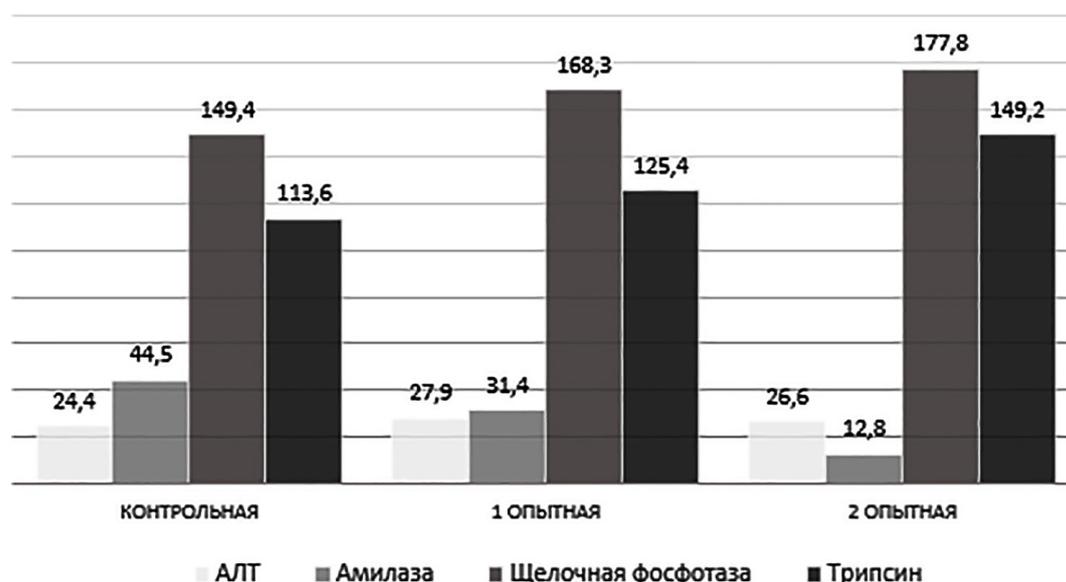


Рисунок 1 – Активность ферментов плазмы крови баранчиков при применении в рационе отходов соевого производства, ед./л ($n = 20$)
Figure 1 – Activity of blood plasma enzymes of lambs at application in the diet of soybean production wastes, units per liter ($n = 20$)

у животных, получавших рацион кормления со 100-процентным содержанием отходов соевого производства, превышает контрольную группу на 6,9 и 30,5 % соответственно. Но по отношению к первой опытной группе уровень АЛТ на 3,5 % ниже, что может свидетельствовать о более эффективном использовании протеина организмом животных для построения собственной мышечной ткани [11, 14].

Уровень щелочной фосфатазы в контрольной и первой опытной группах нахо-

дится на верхних границах референсных значений, а во второй опытной группе превышает средние значения для данного вида животных на 8,2 %. Этот показатель отражает состояние печени, как основного органа, участвующего в метаболизме, и указывает на критический уровень функциональной нагрузки.

Активность амилазы в обеих опытных группах ниже, чем в контроле. Причем у животных, получавших только соевые отходы, уровень этого показателя в

Таблица 2 – Экономическая эффективность использования отходов соевого производства при откорме баранчиков (n = 20)

Table 2 – Economic efficiency of utilization of soybean production wastes in lamb fattening (n = 20)

Показатели	Группы животных		
	контрольная	первая опытная	вторая опытная
Обменная энергия, мДж/кг	12,2	13,7	14,9
Среднесуточный прирост, г	145,8	151,6	100,0
Прирост живой массы по группе, кг	350	364	240
Затраты на прирост 1 кг живой массы, руб.	88,23	73,97	96,67
Цена реализации 1 кг прироста, руб.	250,00	250,00	250,00
Стоимость прироста, руб.	87 500	91 000	60 000
Уровень рентабельности, %	183,3	237,9	158,6

1,9 раза ниже, чем у баранчиков, находящихся на сено-концентратном рационе. Этот факт объясняется пониженным содержанием легкоусвояемых углеводов в экспериментальных рационах кормления.

Для характеристики экономической эффективности использования экспериментальных рационов провели расчет показателей таблицы 2. Общий прирост живой массы в первой опытной группе составил 364 кг, что на 34 % выше показателей у животных, получавших рацион со 100-процентным содержанием отходов соевого производства.

Исходя из данных таблицы 2, наименьшие затраты на прирост 1 кг живой массы составили 73,97 руб. у баранчиков, находящихся на экспериментальном рационе с 50-процентным содержанием отходов соевого производства. Стоимость прироста живой массы (при цене реализации 250 руб. за 1 кг) составила в контрольной группе 87,5 тыс. руб., в первой опытной группе 91 тыс. руб., во второй опытной группе 60 тыс. руб.

Уровень рентабельности выращивания овец при 50-процентной замене соевой соломой и соевым фуражом общепринятого рациона составил 237,9 %, а при 100-процентной замене – 158,6 %.

Заключение. Анализ ферментативных систем сыворотки крови позволяет оценивать усвоение питательных веществ корма организмом животных и, как следствие, прогнозировать увеличение их продуктивности [11, 12].

Активность ферментов сыворотки крови (АЛТ, трипсин, щелочная фосфатаза, амилаза) экспериментальных животных показала наиболее эффективное использование питательных веществ корма организмом овец при замене основного рациона кормления на 50 % отходами соевого производства.

В свою очередь, это обеспечило сравнительно высокий уровень привесов живой массы тела при низком показателе затрат, ввиду небольшой стоимости соевой соломы и соевого фуража.

Приведенные экономические показатели напрямую влияют на окупаемость откорма овец с использованием соевых отходов [13].

Исходя из показателей уровня рентабельности, наиболее эффективно использовать при откорме овец рецептуры с 50-процентной заменой грубой и концентрированной части рациона на отходы соевого производства.

Список источников

1. Адиньяев Э. Д., Абаев А. А., Угорец В. И. Кормовая ценность соевой соломы и мякины // Актуальные вопросы зоотехнической науки и практики как основа повышения продуктивности и производства экологически чистой продукции животноводства : материалы междунар. науч.-произв. конф. Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2005. С. 9. EDN GJHFYC.
2. Михалев В. В., Шульженко Е. А. Замена производства сена использованием в кормлении скота соевой полостью // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. № 8. С. 90–93. doi: 10.5281/zenodo.1345170.
3. Абилов Б. Т., Кулинцев В. В., Пашкова Л. А., Болдарева А. В., Халимбеков З. А., Джафаров Н. М. О. [и др.]. Интенсивное выращивание молодняка овец с использованием белка из вторичного сырья АПК // Сельскохозяйственный журнал. 2018. № 1 (11). С. 43–50. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-50-58. EDN BRCNWM.
4. Ярро-Румен В. Е., Швецов Н. Н., Швецова М. Р., Коренькова Н. М. Эффективность использования различных источников протеина в рационах коров // Пути возмещения дефицита протеина в рационах сельскохозяйственных животных : сб. науч. тр. Белгород : Белгородский сельскохозяйственный институт, 1990. С. 11–15. EDN VYTJFV.
5. Седило Г. М., Вовк С. О., Петришин М. А., Хомик Н. Н. Активность ферментов плазмы крови и продуктивные качества пестра животных в зависимости от уровня протеина и энергии в рационе лактирующих овцематок // Научный вестник Львовского национального университета ветеринарной медицины и биотехнологий. 2017. Т. 19. № 74. С. 171–174. EDN YNWOID.
6. Фисинин В. И., Вертипрахов В. Г., Харитонов Е. Л., Грозина А. А. Адаптация панкреатической секреции и метаболизма у животных с разным типом пищеварения при замене белкового компонента рациона // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 6. С. 1122–1134. doi: 10.15389/agrobiol.2019.6.1122rus. EDN QTBLGC.
7. Карамушкина С. В., Вадько А. В. Биохимические показатели крови овец при использовании в качестве грубых кормов отходов соевого производства // Инновационные исследования: теоретические основы и практическое применение : материалы нац. (всерос.) науч.-практ. конф. Уфа : Омега Сайнс, 2021. С. 72–75. EDN HBQLMB.
8. Карамушкина С. В., Вадько А. В. Показатели белкового обмена у жвачных животных при кормлении отходами соевого производства // Овцы, козы, шерстяное дело. 2024. № 1. С. 51–54. doi: 10.26897/2074-0840-2024-1-55-58.
9. Вертипрахов В. Г., Грозина А. А. Оценка состояния поджелудочной железы методом определения активности трипсина в крови птицы // Ветеринария. 2018. № 6. С. 51–54. doi: 10.30896/00424846.2018.21.12.51-54.
10. Методические указания по апробации в условиях производства и расчету эффективности научно-исследовательских разработок в области кормления и физиологии сельскохозяйственных животных. М. : ВАСХНИЛ, 1984. 18 с.
11. Скорых Л. Н. Биохимические тест-системы, генетические маркеры для оценки, прогноза мясной продуктивности в товарном овцеводстве // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 2 (22). С. 96–100. EDN WIQLQB.
12. Мироненко С. И., Никонова Е. А., Косилов В. И., Иргашев Т. А., Амиршоев Ф. С. Активность аминотрансфераз (АСТ и АЛТ) и минеральный состав сыворотки крови молодняка овец казахской курдючной грубошерстной породы // Состояние и перспективы совершенствования генетических и продуктивных особенностей овец курдючных пород : материалы междунар. науч.-практ. конф. Душанбе : Матбаа, 2021. С. 132–138. EDN AONSHD.
13. Шульженко Е. А., Бурмага А. В., Романенко В. А. К вопросу применения соевой полостью для нужд животноводства // Современные технологии и техническое обеспечение производства и переработки сельскохозяйственных культур : материалы науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2016. С. 143–146. EDN ZINGKR.

14. Мухитдинов Ш. М., Алиев Д. Д., Исмоилов К. Т., Мамурова Г. Н., Джуманова Н. Э. Взаимосвязь биологически активных веществ с продуктивностью и физиологическими свойствами каракульских овец // International scientific review of the problems of natural sciences and medicine : XV International Correspondence Scientific Specialized Conference. Boston : Problems of Science, 2019. С. 86–95. EDN MOHSMW.

References

1. Adinyaev E. D., Abaev A. A., Ugorets V. I. Feed value of soybean straw and chaff . Proceedings from Actual issues of zootechnical science and practice as a basis for increasing productivity and production of environmentally friendly livestock: *Mezhdunarodnaya nauchno-proizvodstvennaya konferentsiya*. (PP. 9), Vladikavkaz, Gorskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2005. EDN GJHFYC (in Russ.).

2. Mikhalev V. V., Shulzhenko E. A. Replacement of manufacturing of hay by use soybean chaff in farm animals feeding. *Byulleten' nauki i praktiki*, 2018;4;8:90–93. doi: 10.5281/zenodo.1345170 (in Russ.).

3. Abilov B. T., Kulintsev V. V., Pashkova L. A., Boldareva A. V., Khalimbekov Z. A., Jafarov N. M. O. [et al.]. Intensive rearing of young sheep using protein from secondary agricultural raw materials. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*, 2018;1(11):43–50. doi: 10.25930/0372-3054-2018-1-11-50-58. EDN BRCNWM (in Russ.).

4. Yarko-Rumen V. E., Shvetsov N. N., Shvetsova M. R., Korenkova N. M. Efficiency of using various protein sources in cow diets. Proceedings from *Puti vozmeshcheniya defitsita proteina v ratsionakh sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh*. (PP. 11–15), Belgorod, Belgorodskii sel'skokhozyaistvennyi institut, 1990. EDN VYTJFV (in Russ.).

5. Sedilo G. M., Vovk S. O., Petrishin M. A., Khomik N. N. Plasma enzyme activity and productive qualities of animals depending on protein and energy levels in the diet of lactating sheep. *Nauchnyi vestnik L'vovskogo natsional'nogo universiteta veterinarnoi meditsiny i biotekhnologii*, 2017;19;74:171–174. EDN YNWOID (in Russ.).

6. Fisinin V. I., Vertiprakhov V. G., Kharitonov E. L., Grozina A. A. Adaptation of pancreatic secretion and metabolism in animals with different types of digestion when replacing the protein component of the diet. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya*, 2019;54;6:1122–1134. doi: 10.15389/agrobiology.2019.6.1122rus. EDN QTBLGC (in Russ.).

7. Karamushkina S. V., Vadko A. V. Biochemical indices of sheep blood when used as roughage waste of soybean production. Proceedings from Innovative research: theoretical foundations and practical application: *Natsional'naya (vserossiiskaya) nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 72–75), Ufa, Omega Sains, 2021. EDN HBQLMB (in Russ.).

8. Karamushkina S. V., Vadko A. V. Indicators of protein metabolism in ruminants fed with soybean production wastes. *Ovtsy,kozy, sherstyanoe delo*, 2024;1:51–54. doi: 10.26897/2074-0840-2024-1-55-58 (in Russ.).

9. Vertiprakhov V. G., Grozina A. A. Assessment of pancreas condition by the method of trypsin activity determination in poultry blood. *Veterinariya*, 2018;6:51–54. doi: 10.30896/00424846.2018.21.12.51-54 (in Russ.).

10. *Methodical instructions on approbation in production conditions and calculation of effectiveness of research developments in the field of feeding and physiology of farm animals*, Moscow, VASKHNIL, 1984, 18 p (in Russ.).

11. Skorykh L. N. Biochemical test-systems, genetic markers for evaluation, forecast of meat productivity in commercial sheep breeding. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 2016;2(22):96–100. EDN WIQLQB (in Russ.).

12. Mironenko S. I., Nikonova E. A., Kosilov V. I., Irgashev T. A., Amirshoev F. S. Activity of aminotransferases and mineral composition of blood serum of young sheep of the Kazakh curd coarse-haired sheep breed. Proceedings from State and prospects of improvement of genetic and productive features of sheep of curd breeds: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 132–138), Dushanbe, Matbaa, 2021. EDN AONSHD (in Russ.).

13. Shulzhenko E. A., Burmaga A. V., Romanenko V. A. To the issue of using soybean chaff for livestock needs. Proceedings from Modern technologies and technical support of production and processing of agricultural crops: *Nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. (PP. 143–146), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016. EDN ZINGKR (in Russ.).

14. Mukhitdinov Sh. M., Aliev D. D., Ismoilov K. T., Mamurova G. N., Dzhumanova N. E. The relationship of biologically active substances with productivity and physiological properties of Karakul sheep. Proceedings from International scientific review of the problems of natural sciences and medicine: *XV International Correspondence Scientific Specialized Conference*. (PP. 86–95), Boston, Problems of Science, 2019. EDN MOHSMW (in Russ.).

© Карамушкина С. В., Вадько А. В., Корнилова А. В., 2025

Статья поступила в редакцию 01.02.2025; одобрена после рецензирования 24.02.2025; принята к публикации 25.02.2025.

The article was submitted 01.02.2025; approved after reviewing 24.02.2025; accepted for publication 25.02.2025.

Информация об авторах

Карамушкина Светлана Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева, sveta.vetmed@mail.ru;

Вадько Александр Викторович, преподаватель, Дальневосточный государственный аграрный университет, veltonsata@mail.ru;

Корнилова Алена Владимировна, кандидат биологических наук, доцент, Дальневосточный государственный аграрный университет, kornilovaalena81@yandex.ru

Information about the authors

Svetlana V. Karamushkina, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, sveta.vetmed@mail.ru;

Alexander V. Vadko, Lecturer, Far Eastern State Agrarian University, veltonsata@mail.ru;

Alena V. Kornilova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Far Eastern State Agrarian University, kornilovaalena81@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 619:612.172

EDN JCHFOY

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-55-66>

Электрофизиологические показатели variability сердечного ритма оленей Республики Саха (Якутия)

Евгений Евгеньевич Степура¹, Валерий Иннокентьевич Федоров²,
Туяра Ивановна Дмитриева³

^{1,2,3} Арктический государственный агротехнологический университет
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

Аннотация. В статье представлены оригинальные исследования и впервые проведен анализ вариационных пульсограмм методом математического анализа variability сердечного ритма электрокардиограммы, а также выполнен корреляционный анализ, что позволило установить породные особенности оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия). Для анализа и снятия ЭКГ у исследуемых оленей использовали программу «CONAN-4.5» в системе фронтальных отведений по методике М. П. Рощевского. Клинические исследования проводились по методикам клинического осмотра животных Б. В. Уша и включали осмотр, пальпацию, перкуссию и аускультацию сердечной области. На основании проведенных исследований при анализе электрокардиограмм оленей эвенкийской породы установлены особенности первичных показателей вариационной пульсометрии: мода – $1,01 \pm 0,048$ с; амплитуда моды – $28,00 \pm 2,84$ %; вариационный размах – $0,683 \pm 0,07$ с; индекс напряжения регуляторных систем организма – $21,75 \pm 2,34$ у. е.; частота сердечных сокращений – $56,13 \pm 2,37$ уд./мин. Определены и проанализированы вторичные показатели вариационной пульсометрии: квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов – $180,81 \pm 29,88$ мс; число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве – $63,29 \pm 4,83$ %; индекс вегетативного равновесия – $43,25 \pm 5,58$ у. е.; вегетативный показатель ритма – $1,75 \pm 0,16$ у. е.; показатель адекватности процессов регуляции – $27,88 \pm 2,64$ у. е. Проведена оценка индексов А. Я. Каплана: индекс дыхательный модуляции – $8,21 \pm 1,16$; индекс симпато-адреналового тонуса – $40,88 \pm 9,11$; индекс медленноволновой (функциональной) аритмии – $9,78 \pm 3,04$; показатель сердечного стресса – $10,30 \pm 1,72$ % и показатель сердечной аритмии – $2,81 \pm 0,69$ %.

Ключевые слова: олени, эвенкийская порода, электрокардиограмма, индекс напряжения, вариационная пульсометрия, variability сердечного ритма, исходный вегетативный тонус

Для цитирования: Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И. Электрофизиологические показатели variability сердечного ритма оленей Республики Саха (Якутия) // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 55–66. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-55-66>.

Original article

Electrophysiological indicators of heart rate variability in deer of Republic of Sakha (Yakutia)

Evgeniy E. Stepura¹, Valery I. Fedorov², Tuyara I. Dmitrieva³

^{1,2,3} Arctic State Agrotechnological University
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russian Federation

Abstract. The article presents original research and for the first time conducted analysis of variation pulsograms by the method of mathematical analysis of heart rate variability of electro-

cardiogram and correlation analysis. On this basis, breed characteristics of Evenki reindeer of the Republic of Sakha (Yakutia) were established. For analysis and recording of ECG in the Evenki reindeer under study, the program "CONAN-4.5" was used in the system of frontal leads according to the method of M. P. Roshchevsky. Clinical research were carried out according to the methods of clinical examination of animals by B. V. Usha and included examination, palpation, percussion and auscultation of the cardiac region. Based on the conducted studies during the analysis of electrocardiograms of Evenki reindeer, the following features of the primary indicators of variational pulsometry were established: mode – 1.01 ± 0.048 sec; mode amplitude – $28.00 \pm 2.84\%$; variation range – 0.683 ± 0.07 sec; index of stress of the body's regulatory systems – 21.75 ± 2.34 conventional units; heart rate – 56.13 ± 2.37 beats/min. Secondary indicators of variation pulsometry are determined and analyzed: square root of the sum of differences in a consecutive series of cardio-intervals – 180.81 ± 29.88 ms; the number of pairs of cardiointervals with a difference of more than 50 ms in percent of the total number of cardiointervals in the array – $63.29 \pm 4.83\%$; autonomic equilibrium index – 43.25 ± 5.58 conventional units; autonomic rhythm indicator – 1.75 ± 0.16 conventional units; regulatory process adequacy index – 27.88 ± 2.64 conventional units. A. Ya. Kaplan's indices were evaluated: respiratory modulation index – 8.21 ± 1.16 ; sympathoadrenal tone index – 40.88 ± 9.11 ; slow-wave arrhythmia index – 9.78 ± 3.04 ; cardiac stress index – $10.30 \pm 1.72\%$ and cardiac arrhythmia index – $2.81 \pm 0.69\%$.

Keywords: reindeer, Evenki breed, electrocardiogram, stress index, variational pulsometry, heart rate variability, initial vegetative tone

For citation: Stepura E. E., Fedorov V. I., Dmitrieva T. I. Electrophysiological indicators of heart rate variability in deer of Republic of Sakha (Yakutia). *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:55–66. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-55-66>.

Введение. Изучению физиологии сердечно-сосудистой системы северного оленя до последнего времени уделялось мало внимания. Информация о процессах регуляции, которые осуществляются на уровне органов и систем, характеризует функциональное состояние организма сельскохозяйственных животных [1].

В основе деятельности сердца лежат механизмы его регуляции. Состоянию регуляции сердечно-сосудистой системы, а именно функциональному состоянию различных отделов вегетативной регуляции у животных, в частности у оленей, посвящено очень малое число научных исследований. Традиционный анализ электрокардиограммы не позволяет правильно и полно оценить механизмы регуляции сердечной деятельности оленей. В то же время анализ variability сердечного ритма дает возможность исследовать более тонкие механизмы регуляции сердечно-сосудистой системы [2–4].

Исходными данными для анализа variability сердечного ритма являются продолжительные одноканальные записи ЭКГ, выполняемые, как правило, в спокойном, расслабленном состоянии [5].

Регистрация электрокардиограммы была предпринята А. Г. Карташовой

(1967) в трех стандартных отведениях у северных оленей в зоопарке г. Каунаса в одном из туловищных отведений [6].

В работах М. П. Рощевского (1972) применялись системы отведений ЭКГ: фронтальная, сагиттальная и от конечностей. В каждой системе регистрировались отведения: I, II, III, aVR, aVL и aVF. Частота сердечных сокращений у сыриц и важенок в покое установлена на уровне $62,0 \pm 3,0$. Разница между оленями разных возрастов не обнаружена. У десяти оленей автором отмечен синусовый сердечный ритм сокращений с небольшой дыхательной аритмией. У пяти оленей отмечалась значительная дыхательная аритмия сердечной деятельности, а у одной важенки была зарегистрирована неполная атрио-вентрикулярная блокада [7].

Хьюго А. Гонсалес-Джасси, Николь Леблан, Бенджамин Э. Алькантар, Родриго С. Гарсес Торрес (2021) описали качественные и количественные показатели кардиоторакальной функции у 10 гериатрических пятнистых оленей (*Cervus nippon*) с помощью цифровой рентгенографии, ЭКГ в 6 отведениях (sECG) и ЭКГ на базе смартфона (aECG). В результате проведенной работы рентгенологически ни у одного оленя не было сердечно-легочных нарушений. Средние значения для наибо-

лее важных сердечных измерений составляли: 170 мм (153–193 мм) для высоты сердца; 135 мм (122–146 мм) для ширины сердца; 9 мм (8–9 мм) для позвоночного сердечного ритма и 99 мм (69–124 мм) для кардиостернального контакта. У всех оленей был нормальный синусовый ритм без отмеченных патологических аритмий. Достоверная разница между sECG и aECG была выявлена по минимальной частоте сердечных сокращений (49 уд./мин против 51 уд./мин соответственно), длительности зубца P (0,05 с против 0,03 с), амплитуде зубца P (0,28 мВ против 0,10 мВ), интервалу PR (0,15 с против 0,12 с) и интервалу QT (0,39 с против 0,30 с) [8].

Других исследований биоэлектрической активности сердца у северных оленей эвенкийской породы в отечественной и зарубежной литературе нами не найдено.

В этой связи **целью исследований** стало проведение анализа вариационных пульсограмм методом математического анализа вариабельности сердечного ритма и установление на этой основе породных особенностей оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия).

Для выполнения поставленной цели у исследуемых оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия) установлены:

1. *Параметры первичных показателей вариационных пульсограмм* (мода, амплитуда моды и вариационный размах).

2. *Параметры вторичных показателей вариационных пульсограмм* (индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции, индекс напряжения регуляторных систем организма).

3. *Параметры индексов А. Я. Каплана вариационных пульсограмм* (индекс дыхательной модуляции, индекс симпатoadреналового тонуса, индекс медленноволновой (функциональной) аритмии).

4. *Параметры показателей сердечного стресса и сердечной аритмии вариационных пульсограмм.*

Также нами проведен корреляционный анализ между показателями вариационной пульсометрии.

Материалы и методы исследований. Клиническое и электрокардиографическое исследования оленей эвенкийской породы проводили в ресурсном резерве «Кэнкэмэ» (родовая община коренных малочисленных народов севера – эвенков имени Аполлона Константиновича Ильинова «Энэси Халан» (Сила Народа)) в июне 2024 г.

В период проведения исследований все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания в соответствии с зоогигиеническими требованиями (рис. 1).

Перед тем как провести электрокардиографические обследования, олени в



Рисунок 1 – Содержание оленей эвенкийской породы в ресурсном резерве «Кэнкэмэ»
Figure 1 – Keeping of Evenki reindeer in the Kenkeme resource reserve

присутствии ветеринарного врача хозяйства проходили контрольный осмотр, чтобы исключить наличие инфекционных и неинфекционных заболеваний, поскольку многие болезни могут оказывать как прямое, так и косвенное воздействие на состояние сердечно-сосудистой системы.

Клинические методы исследования включали осмотр, пальпацию, перкуссию, аускультацию и термометрию.

В работе использовался метод вариабельности сердечного ритма, который является общепринятым для оценки функционального состояния регуляторных систем, а также врожденных функциональных резервов организма (рис. 2).

По методике Р. М. Баевского [9] регистрировался синусовый сердечный ритм с последующим анализом его структуры. Регистрация кардиоинтервалограмм (КИГ) проводилась в системе фронтальных отведений с помощью специализированной электрофизиологической лаборатории «CONAN-4.5». ЭКГ снималась за 2–3 часа до приема пищи, когда частота пульса стабилизировалась. Регистрировались 100 последовательных кардиоинтервалов (КИ, R-R).

Рассчитывались индекс напряжения (ИН) регуляторных систем, первичные

и вторичные показатели вариационной пульсометрии, индексы А. Я. Каплана, показатель сердечного стресса и сердечной аритмии.

Результаты исследований и их обсуждение. При анализе ЭКГ были изучены кардиоинтервалы R-R в динамическом ряду. Анализ этих значений заключается в расчете характеристик сердечного ритма. Функциональное состояние системы кровообращения находит свое отражение в изучении вариационных пульсограмм.

Числовыми характеристиками электрокардиограмм являются мода, амплитуда моды и вариационных размах. Эти первичные показатели дают возможность оценить, какой отдел вегетативной нервной системы преобладает в регуляции сердечного ритма (табл. 1).

Мода (Mo) – это значение кардиоинтервала, которое наиболее часто встречается среди кардиоинтервалов в одной кардиограмме. Она характеризует наиболее вероятный уровень функционирования системы кровообращения и гуморальный канал регуляции. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение данного показателя составило $1,01 \pm 0,048$ с (изменяется в пределах от 0,89 до 1,12 с).

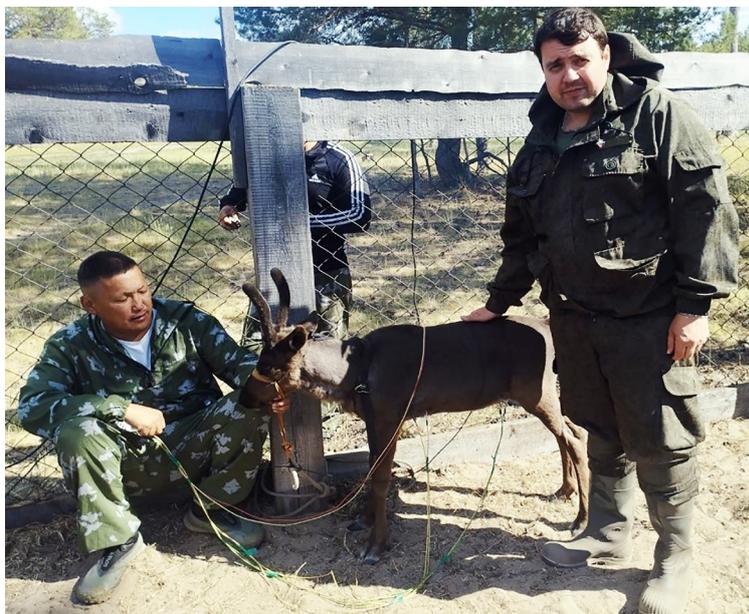


Рисунок 2 – Регистрация электрокардиограммы у оленей эвенкийской породы в ресурсном резерве «Кэнкэмэ»

Figure 2 – Registration of electrocardiogram of Evenki reindeer in the Kenkeme resource reserve

Таблица 1 – Первичные показатели вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы

Table 1 – Primary indicators of variational pulsometry of Evenki reindeer

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс напряжения (ИН), у. е.	21,75±2,34	27,29	16,21
Частота сердечных сокращений (ЧСС), ударов в минуту	56,13±2,37	61,73	50,52
Электрическая ось сердца (ЭОС), град.	53,75±3,55	62,16	45,35
Мода (Мо), с	1,01±0,048	1,12	0,89
Амплитуда моды (АМо), %	28,00±2,84	34,72	21,28
Вариационный размах (ΔX), с	0,683±0,07	0,854	0,510

Амплитуда моды (АМо) – это число значений кардиоинтервалов, которое соответствует моде, выраженное в процентах к общему массиву всех кардиоинтервалов. Этот показатель отражает стабилизирующий эффект централизации управления ритмом сердца, то есть определяет состояние активности симпатического отдела вегетативной нервной системы. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение показателя составило 28,00±2,84 % (изменяется в пределах от 21,28 до 34,72 %).

Вариационный размах (ΔX) – число, которое рассчитывается разностью между максимальным и минимальным значениями длительности R-R среди всего массива кардиоциклов в динамическом ряду. Данный показатель отражает уровень активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Для исследуемой группы оленей эвенкийской

породы его среднее значение составило 0,683±0,07 с (изменяется в пределах от 0,510 до 0,854 с).

Индекс напряжения регуляторных систем организма (ИН) определяет степень централизации управления сердечным ритмом над автономным. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение показателя составило 21,75±2,34 у. е. и изменяется от 16,21 до 27,29 у. е.

Частота сердечных сокращений является одним из важнейших параметров, отражающих функциональное состояние организма. Для исследуемой группы оленей эвенкийской породы среднее значение частоты сердечных сокращений оказалось равным 56,13±2,37 уд./мин; изменяется от 50,52 до 61,73 уд./мин.

В таблице 2 представлены вторичные показатели вариационных пульсо-

Таблица 2 – Вторичные показатели вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы

Table 2 – Secondary indicators of variational pulsometry of Evenki reindeer

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс вегетативного равновесия (ИВР), у. е.	43,25±5,58	56,47	30,03
Вегетативный показатель ритма (ВПР), у. е.	1,75±0,16	2,14	1,36
Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР), у. е.	27,88±2,64	34,12	21,63
Квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов (RMMSSD), мс	180,81±29,88	251,46	110,15
Число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве (pNN50), %	63,29±4,83	74,75	51,84

грамм: индекс вегетативного равновесия, вегетативный показатель ритма, показатель адекватности процессов регуляции, квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов, число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве.

Показатель RMMSSD отражает влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на ритм сердца, в том числе на синусовую аритмию, связанную с дыханием. Его среднее значение составило $180,81 \pm 29,88$ мс (изменяется в пределах от 110,15 до 251,46 мс).

Показатель pNN50 отражает влияние парасимпатического отдела на сердечный ритм, в том числе на проявление синусовой аритмии, связанной с дыханием. В среднем значение показателя составил $63,29 \pm 4,83$ % (изменяется от 51,84 до 74,75 % у здоровых оленей).

Индекс вегетативного равновесия (ИВР) определяет соотношение активности парасимпатического и симпатического отделов вегетативной нервной системы. В нашем исследовании индекс изменяется от 30,03 до 56,47 у. е. и в среднем у всех оленей составляет $43,25 \pm 5,58$ у. е.

Вегетативный показатель ритма (ВПР) характеризует баланс симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. В среднем он составляет $1,75 \pm 0,16$ у. е. и изменяется от 1,36 до 2,14 у. е.

Показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР) определяет активность симпатического отдела вегетативной нервной системы, контролирует и определяет ведущий уровень функционирования синусового узла. В среднем его

значения составили $27,88 \pm 2,64$ у. е., изменяясь от 21,63 до 34,12 у. е.

При анализе вариационной пульсометрии оленей были получены и проанализированы показатели А. Я. Каплана, представленные в таблице 3.

Индекс дыхательный модуляции (ИДМ) оценивает степень влияния дыхательного ритма на вариабельность кардиоинтервалов. В среднем он составил $8,21 \pm 1,16$ (изменяется от 5,46 до 10,96).

Изучение *индекса симпто-адреналового тонуса (ИСАТ)* необходимо для оценки сердечной деятельности. В среднем для исследуемых животных индекс составил $40,88 \pm 9,11$; изменяется от 19,34 до 62,41.

Индекс медленноволновой (функциональной) аритмии (ИМА) оценивает состояние организма животных в результате влияния аритмии. Для исследуемых оленей в среднем его значение достигало $9,78 \pm 3,04$ и изменялось от 2,59 до 16,96.

Показатели, характеризующие активность сердечной деятельности, представлены в таблице 4.

Индекс показателя сердечного стресса (ПСС) предназначен для оценки вариабельности кардиоинтервалов, выражающейся в присутствии кардиоинтервалов одинаковой или очень близкой длительности с различием до 5 мс. В проведенном исследовании среднее значение индекса в норме и равно $10,30 \pm 1,72$ %, изменяясь от 6,22 до 14,38 %.

Индекс показателя сердечной аритмии (ПСА) предназначен для оценки экстравариабельности кардиоинтервалов или уровня аритмии. Значение у здоровых оленей составило $2,81 \pm 0,69$ %, изменяясь от 1,16 до 4,47 %.

Таблица 3 – Показатели А. Я. Каплана вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы

Table 3 – A. Ya. Kaplan's indices of variational pulsometry of Evenki reindeer

В процентах (in percent)

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Индекс дыхательной модуляции (ИДМ)	8,21±1,16	10,96	5,46
Индекс симптоадреналового тонуса (ИСАТ)	40,88±9,11	62,41	19,34
Индекс медленноволновой аритмии (ИМА)	9,78±3,04	16,96	2,59

Таблица 4 – Показатели сердечного стресса и сердечной аритмии вариационной пульсометрии оленей эвенкийской породы

Table 4 – Cardiac stress indices and cardiac arrhythmia indices of variational pulsometry in Evenki reindeer

В процентах (in percent)

Показатели	Значения		
	M±m	Lim _{max}	Lim _{min}
Показатель сердечного стресса (ПСС)	10,30±1,72	14,38	6,22
Показатель сердечной аритмии (ПСА)	2,81±0,69	4,47	1,16

Таким образом, полученные референтные значения вариационной пульсометрии предназначены для оценки состояния сердечного ритма у исследуемых оленей эвенкийской породы.

Для оценки сопоставимости и взаимозаменяемости параметров вариационной пульсометрии последовательно изучена корреляционная связь между основными показателями (табл. 5). Практический интерес представляет специфика функциональной организации вегетативного обеспечения, так как эффективность адаптации и функциональные возможности сердечно-сосудистой системы определяются не только состоянием систем регуляции, но и качеством их взаимодействия.

Применение метода корреляции Пирсона с анализом структурной архитектуры множественных взаимосвязей позволило выявить вклад системных компонентов в формирование функционального состояния сердечно-сосудистой системы оленей.

Любое воздействие, меняющее функциональное состояние регуляторных систем, приводит к изменению реагирования на уровне исполнительных систем организма.

Индекс напряжения регуляторных систем у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с модой (–0,63), амплитудой моды (0,59), вариационным размахом (–0,65), индексом вегетативного равновесия (0,92), вегетативным показателем ритма (0,89), показателем адекватности процессов регуляции (0,65), частотой сердечных сокращений (0,75), индексом дыхательной модуляции (–0,66), индексом симпато-адреналового тонуса (0,83), индексом медленноволновой аритмии (0,47), показателем сердечно-

го стресса (0,78), показателем сердечной аритмии (–0,74), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,67), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,76) (здесь и далее по тексту в скобках приведены полученные значения коэффициента корреляции).

Величина моды у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с амплитудой моды (0,41), вариационным размахом (0,41), индексом вегетативного равновесия (0,24), вегетативным показателем ритма (–0,35), показателем адекватности процессов регуляции (–0,01), частотой сердечных сокращений (–0,67), индексом дыхательной модуляции (0,06), индексом симпато-адреналового тонуса (0,31), индексом медленноволновой аритмии (–0,45), показателем сердечного стресса (0,07), показателем сердечной аритмии (0,12), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (0,23), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,21).

Амплитуда моды у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с вариационным размахом (0,20), индексом вегетативного равновесия (0,69), вегетативным показателем ритма (–0,38), показателем адекватности процессов регуляции (0,91), частотой сердечных сокращений (–0,02), индексом дыхательной модуляции (–0,25), индексом симпато-адреналового тонуса (0,77), индексом медленноволновой аритмии (0,07), показателем сердечного стресса (0,71), показателем сердечной аритмии (0,11), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар

Таблица 5 – Значения коэффициентов корреляции показателей вариационной пульсометрии у оленей эвенкийской породы в состоянии относительного покоя ($p \leq 0,05$)

Table 5 – Values of correlation coefficients indicators of variational pulsometry in Evenki reindeer in a state of relative rest ($p \leq 0,05$)

Показатели	ЧСС	ЭОС	Мо	АМо	X	ИВР	ВПР	ПАПР	РММSSD	pNN50	ИДМ	SAT	ИМА	ПСС	ПСА
ИН	0,75	0,28	-0,63	0,59	-0,65	0,92	0,89	0,65	-0,67	-0,76	-0,66	0,83	0,47	0,78	-0,74
ЧСС	-	0,02	-0,67	-0,02	-0,14	-0,03	-0,08	0,29	-0,61	-0,16	-0,44	0,12	0,77	0,49	0,41
ЭОС	-	-	0,19	0,31	0,01	0,36	-0,07	0,21	-0,47	-0,58	-0,48	0,48	0,20	0,37	0,41
Мо	-	-	-	0,41	0,41	0,24	-0,35	-0,01	0,23	-0,21	0,06	0,31	-0,45	0,07	0,12
АМо	-	-	-	-	0,20	0,69	-0,38	0,91	-0,23	-0,64	-0,25	0,77	0,07	0,71	0,11
ΔX	-	-	-	-	-	-0,52	-0,86	0,10	0,51	0,32	0,53	-0,30	-0,39	-0,23	0,51
ИВР	-	-	-	-	-	-	0,30	0,58	-0,57	-0,83	-0,63	0,92	0,29	0,77	0,19
ВПР	-	-	-	-	-	-	-	-0,34	-0,12	-0,01	-0,13	-0,01	-0,03	-0,09	-0,48
ПАПР	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,32	-0,56	-0,26	0,66	0,28	0,71	0,05
РММSSD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79	0,97	-0,71	-0,91	-0,81	-0,24
pNN50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,84	-0,95	-0,57	-0,87	-0,21
ИДМ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,76	-0,85	-0,78	-0,19
ИСАТ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,47	0,91	0,11
ИМА	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,64	0,21
ПСС	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,32

интервалов N–N (–0,23), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,64).

Вариационный размах у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом вегетативного равновесия (–0,52), вегетативным показателем ритма (–0,86), показателем адекватности процессов регуляции (0,10), частотой сердечных сокращений (–0,14), индексом дыхательной модуляции (0,53), индексом симпато-адреналового тонуса (–0,30), индексом медленноволновой аритмии (–0,39), показателем сердечного стресса (–0,23), показателем сердечной аритмии (0,51), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (0,51), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (0,32).

Индекс вегетативного равновесия у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с вегетативным показателем ритма (0,30), показателем адекватности процессов регуляции (0,58), частотой сердечных сокращений (–0,03), индексом дыхательной модуляции (–0,63), индексом симпато-адреналового тонуса (0,92), индексом медленноволновой аритмии (0,29), показателем сердечного стресса (0,77), показателем сердечной аритмии (–0,19), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,57), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,83).

Вегетативный показатель ритма у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с показателем адекватности процессов регуляции (–0,34), частотой сердечных сокращений (–0,08), индексом дыхательной модуляции (–0,13), индексом симпато-адреналового тонуса (–0,01), индексом медленноволновой аритмии (–0,03), показателем сердечного стресса (–0,09), показателем сердечной аритмии (–0,48), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,12), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,01).

Показатель адекватности процессов регуляции у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с ча-

стотой сердечных сокращений (0,29), индексом дыхательной модуляции (–0,26), индексом симпато-адреналового тонуса (0,66), индексом медленноволновой аритмии (0,28), показателем сердечного стресса (0,71), показателем сердечной аритмии (0,05), квадратным корнем из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N (–0,32), процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (–0,56).

Квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов N–N у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с процентом от общего количества последовательных пар интервалов R–R (0,79), индексом дыхательной модуляции (0,97), индексом симпато-адреналового тонуса (–0,71), индексом медленноволновой аритмии (–0,91), показателем сердечного стресса (–0,81), показателем сердечной аритмии (–0,24).

Процент от общего количества последовательных пар интервалов R–R у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом дыхательной модуляции (0,84), индексом симпато-адреналового тонуса (–0,95), индексом медленноволновой аритмии (–0,57), показателем сердечного стресса (–0,87), показателем сердечной аритмии (–0,21).

Индекс дыхательной аритмии у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом симпато-адреналового тонуса (–0,76), индексом медленноволновой аритмии (–0,85), показателем сердечного стресса (–0,78), показателем сердечной аритмии (–0,19).

Индекс симпато-адреналового тонуса у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с индексом медленноволновой аритмии (0,47), показателем сердечного стресса (0,91), показателем сердечной аритмии (0,11).

Индекс медленноволновой аритмии тонус у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечного стресса (0,64), показателем сердечной аритмии (0,21).

Показатель сердечного стресса у оленей эвенкийской породы имеет корреляционные взаимосвязи с показателем сердечной аритмии (0,32).

По мнению Р. М. Баевского, коэффициенты корреляции между показателями variability сердечного ритма являются самостоятельными физиологическими значениями, позволяющими оценивать степень функциональной взаимосвязи механизмов регуляции ритма сердца.

Заключение. Таким образом, при анализе функционального состояния организма методом математического анализа variability сердечного ритма получены и проанализированы числовые характеристики вариационных пульсограмм, на основе которых установлены породные особенности оленей эвенкийской породы Республики Саха (Якутия):

1. Установлены особенности первичных показателей вариационной пульсометрии: мода – $1,01 \pm 0,048$ с; амплитуда моды – $28,00 \pm 2,84$ %; вариационный размах – $0,683 \pm 0,07$ с; индекс напряжения регуляторных систем организма – $21,75 \pm 2,34$ у. е., частота сердечных сокращений – $56,13 \pm 2,37$ уд./мин.

2. Исследованы вторичные показатели вариационной пульсометрии, в

числе которых индекс вегетативного равновесия ($43,25 \pm 5,58$ у. е.); вегетативный показатель ритма ($1,75 \pm 0,16$ у. е.); показатель адекватности процессов регуляции ($27,88 \pm 2,64$ у. е.); квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда кардиоинтервалов ($180,81 \pm 29,88$ мс); число пар кардиоинтервалов с разностью более 50 мс в процентах к общему числу кардиоинтервалов в массиве ($63,29 \pm 4,83$ %).

3. Впервые проанализированы индексы А. Я. Каплана: индекс дыхательной модуляции – $8,21 \pm 1,16$; индекс симпатoadреналового тонуса – $40,88 \pm 9,11$; индекс медленноволновой (функциональной) аритмии – $9,78 \pm 3,04$.

4. Проанализированы показатель сердечного стресса ($10,30 \pm 1,72$ %) и показатель сердечной аритмии ($2,81 \pm 0,69$ %).

5. Проведен корреляционный анализ и установлены коэффициенты корреляции между показателями вариационной пульсометрии у оленей эвенкийской породы в состоянии относительного покоя ($p \leq 0,05$).

Список источников

1. Емельянова А. С., Никитов С. В. Анализ взаимосвязи первичных показателей вариационных пульсограмм коров и молочной продуктивности при применении добавки «Витартил» // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. № 3. С. 250–251. EDN PBPFOF.
2. Степура Е. Е. Анализ динамического ряда вторичных показателей вариационных пульсограмм коров джерсейской породы // Естественные и технические науки. 2017. № 6 (108). С. 28–31. EDN YTVWDF.
3. Степура Е. Е. Анализ показателей variability сердечного ритма коров джерсейской породы // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 11 (211). С. 110–114. EDN YLQIEY.
4. Емельянова А. С., Степура Е. Е. Исходный вегетативный тонус коров джерсейской породы на основе индекса напряжения и его анализ // Естественные науки. 2017. № 4 (61). С. 128–133. EDN YOVCW.
5. Емельянова А. С. Оценка исходного вегетативного тонуса коров с различной молочной продуктивностью по индексу напряжения регуляторных систем организма // Естественные и технические науки. 2009. № 6 (44). С. 148–149.
6. Видовые и природно-климатические адаптации организма животных. Физиолого-генетические исследования. Новосибирск, 1967. 298 с.
7. Рощевский М. П., Тумакова Н. М. Электрокардиограммы и газообмен у домашних северных оленей зимой // Материалы 4-й всесоюз. конф. по физиологическим и биохимическим основам повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Боровск, 1966. С. 276–278.

8. Gonzalez-Jassi H. A., Leblan N., Alcantar B. E., Torres R. S. G. Using smartphone-based electrocardiography and chest X-ray to assess heart function and morphology in geriatric spotted deer (*Cervus nippon*) // American Journal of Veterinary Research. 2021. Vol. 83. No. 2. P. 127–132. doi: 10.2460/ajvr.21.08.0128.

9. Баевский Р. М., Иванов Г. Г. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2015. № 2. С. 108–127. EDN VWTHLT.

References

1. Emelyanova A. S., Nikitov S. V. Analysis of the relationship between primary indicators of variational pulsograms of cows and milk productivity when using the Vitartil supplement. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012;3:250–251. EDN PBPEOF (in Russ.).

2. Stepura E. E. Analysis of the dynamic range of secondary indicators of variational pulsograms of Jersey cows. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2017;6(108):28–31. EDN YTVWDF (in Russ.).

3. Stepura E. E. Analysis of heart rate variability in Jersey cows. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2017;11(211):110–114. EDN YLQIEY (in Russ.).

4. Emelyanova A. S., Stepura E. E. Initial vegetative tone of Jersey cows based on stress index and its analysis. *Estestvennye nauki*, 2017;4(61):128–133. EDN YOOVCW (in Russ.).

5. Emelyanova A. S. Assessment of the initial vegetative tone of cows with different milk productivity according to the stress index of the regulatory systems of the body. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2009;6(44):148–149 (in Russ.).

6. *Specific and climatic adaptations of the animal organism. Physiological and genetic research*, Novosibirsk, 1967, 298 p. (in Russ.).

7. Roshchevsky M. P., Tumakova N. M. Electrocardiograms and gas exchange in domestic reindeer in winter. Proceedings from 4-ya Vsesoyuznaya konferentsiya po fiziologicheskim i biokhimicheskim osnovam povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh. (PP. 276–278), Borovsk, 1966 (in Russ.).

8. Gonzalez-Jassi H. A., Leblan N., Alcantar B. E., Torres R. S. G. Using smartphone-based electrocardiography and chest X-ray to assess heart function and morphology in geriatric spotted deer (*Cervus nippon*). American Journal of Veterinary Research, 2021;83;2:127–132. doi: 10.2460/ajvr.21.08.0128.

9. Baevsky R. M., Ivanov G. G. Heart rate variability: theoretical aspects and possibilities of clinical application. *Ul'trazvukovaya i funktsional'naya diagnostika*, 2015;2:108–127. EDN VWTHLT (in Russ.).

© Степура Е. Е., Федоров В. И., Дмитриева Т. И., 2025

Статья поступила в редакцию 26.02.2025; одобрена после рецензирования 10.03.2025; принята к публикации 12.03.2025.

The article was submitted 26.02.2025; approved after reviewing 10.03.2025; accepted for publication 12.03.2025.

Информация об авторах

Степура Евгений Евгеньевич, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии сельскохозяйственных животных и экологии, Арктический государственный агротехнологический университет;

Федоров Валерий Иннокентьевич, доктор биологических наук, ректор, Арктический государственный агротехнологический университет;

Дмитриева Туяра Ивановна, специалист научно-исследовательской части, Арктический государственный агротехнологический университет

Information about the authors

Evgeniy E. Stepura, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Physiology of Farm Animals and Ecology, Arctic State Agrotechnological University;

Valery I. Fedorov, Doctor of Biological Sciences, Rector, Arctic State Agrotechnological University;

Tuyara I. Dmitrieva, Specialist, Research Department, Arctic State Agrotechnological 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.

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 664.6

EDN LDXONI

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-67-77>**Использование протертой пасты
из семян кунжута в технологии песочного печенья****Мариам Вардановна Галстян¹, Лидия Васильевна Шульгина²,
Владимир Алексеевич Лях³**^{1,2,3} Дальневосточный федеральный университет, Приморский край, Владивосток, Россия² Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Приморский край, Владивосток, Россия² lvshulgina@mail.ru

Аннотация. Проведены исследования по использованию в технологии песочного печенья урбеча из семян кунжута. В качестве жирового компонента при получении печенья традиционно используются сливочное масло или маргарин, которые характеризуются высоким содержанием насыщенных жирных кислот. Маргарин также содержит трансизомеры жирных кислот, способные отрицательно влиять на организм человека. Замена жирового компонента до 50,0 % урбечем из семян кунжута в рецептуре теста при получении песочного печенья позволила значительно снизить количество насыщенных жирных кислот в продукте. Урбеч – это протертая паста из семян кунжута, в которой содержание белков составляет 20,8 %, жира – 52,1 %, углеводов – 19,5 %, минеральных веществ – 4,8 %. В липидах урбеча из семян кунжута доли мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот составляют 42,92 % и 40,76 % соответственно от общей суммы липидов. Использование урбеча из семян кунжута в количестве 13,5 % от массы теста способствовало повышению в печенье содержания белков на 30,0 %, снижению жира на 19,0 %, а также насыщенных жирных кислот на 40,0 % и более. Замена одной второй части сливочного масла на урбеч в составе печенья обеспечило повышение в продукте полиненасыщенных жирных кислот с 0,8 до 3,9 г на 100 г продукта, при замене маргарина – на 16,0 %.

Ключевые слова: кунжут, урбеч, нутриенты, жирные кислоты, антиоксидантные свойства, печенье, пищевая ценность

Благодарности: авторы выражают благодарность руководству Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» Дальневосточного федерального университета и Тихоокеанскому филиалу Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии за помощь в проведении отдельных видов экспериментальных работ.

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FZNS-2025-0008).

Для цитирования: Галстян М. В., Шульгина Л. В., Лях В. А. Использование протертой пасты из семян кунжута в технологии песочного печенья // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 67–77. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-67-77>.

Original article

Using mashed paste made from sesame seeds in shortbread cookies technology

Mariam V. Galstyan¹, Lidiya V. Shulgina², Vladimir A. Lyakh³

^{1, 2, 3} Far Eastern Federal University, Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation

² Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography Primorsky krai, Vladivostok, Russian Federation

² lvshulgina@mail.ru

Abstract. Research has been conducted on the use of sesame seed urbech in the shortbread cookie technology. Traditionally, butter or margarine, which are characterized by a high content of saturated fatty acids, are used as a fat component in the production of cookies. Margarine also contains trans-isomers of fatty acids, which can negatively affect the human body. Replacing the fat component up to 50.0% with sesame seed urbech in the dough recipe for shortbread cookies made it possible to significantly reduce the amount of saturated fatty acids in the product. Urbech is a mashed paste made from sesame seeds, which contains 20.8% proteins, 52.1% fat, 19.5% carbohydrates, and 4.8% minerals. In the lipids of sesame seed urbech, the proportions of mono-unsaturated and polyunsaturated fatty acids make up 42.92% and 40.76% of the total lipids. The use of sesame seed urbech in the amount of 13.5% of the dough weight contributed to an increase in the protein content in the cookies by 30.0%, a decrease in fat by 19.0%, and saturated fatty acids by 40.0 % or more. Replacing one second of the butter with urbech in the cookies contributed to an increase in the polyunsaturated fatty acids content in the product from 0.8 g to 3.9 g per 100 g of product, while replacing margarine increased the increase by 16.0%.

Keywords: sesame, urbech, nutrients, fatty acids, antioxidant properties, cookies, nutritional value

Acknowledgements: the authors express their gratitude to the management of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" of Far Eastern Federal University and the Pacific Branch of the All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography for assistance in conducting certain types of experimental work.

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. FZNS-2025-0008).

For citation: Galstyan M. V., Shulgina L. V., Lyakh V. A. Using mashed paste made from sesame seeds in shortbread cookies technology. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:67–77. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-67-77>.

Введение. Приоритетными направлениями развития пищевой промышленности в Российской Федерации, установленными в Доктрине продовольственной безопасности, Стратегии повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 г. и ряде ведомственных целевых программ развития АПК, выступают создание условий для производства пищевой продукции нового поколения с заданными характеристиками качества, в том числе обогащенных; развитие научных исследований в области разработки современных технологий производства, направленных на повышение качества пищевой продукции и продвижение принципов здорового питания.

Одной из основных составляющих пищевого рациона всех возрастных групп населения являются мучные кондитерские изделия (МКИ), которые пользуются высоким потребительским спросом, но при этом не всегда отвечают требованиям рационального питания [1, 2].

Жировой компонент, в качестве которого используются твердые жиры (сливочное масло, маргарины и другие кондитерские жиры), используется для формирования необходимых функционально-технологических и органолептических свойств теста и качества готовых МКИ. Известно, что масло сливочное характеризуется высоким содержанием холестерина (до 237 мг%) и насыщенных

жирных кислот (НЖК) (более 53,0 % от общей суммы жирных кислот), отсутствием полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега-3 (не более 0,1 %) [3–5]. Маргарины и кондитерские жиры характеризуются повышенным содержанием НЖК, а также трансизомеров, которые способны отрицательно влиять на организм человека [6, 7].

Для соответствия МКИ требованиям, предъявляемым к современным продуктам здорового питания, необходим поиск новых технических решений для существенной коррекции их химического состава, в частности снижения содержания насыщенных жирных кислот и холестерина, обогащения минорными веществами (ПНЖК, витаминами, микроэлементами и другими) [1, 8].

Одним из рациональных технологических подходов к решению данной проблемы является полная или частичная замена твердых жиров в рецептуре МКИ. Природными источниками ПНЖК, жирорастворимых витаминов и других физиологически функциональных ингредиентов являются семена масличных культур, лечебные и профилактические свойства которых давно известны. Семена масличных культур (кунжута, мака, льна, подсолнечника, тыквы и других) в виде муки и шрота давно используются в технологиях МКИ, но они лишены значительной части ценных липидов и токоферолов масличных культур.

При введении в состав продуктов сухих, дробленых или грубоизмельченных семян масличных культур не обеспечивается доступность многих веществ для организма человека в пищеварительном тракте [1, 9]. Повышение доступности пищевых веществ семян возможно при их высокой степени измельчения – до порошкообразного вида. Использование урбеча – протертой пасты из семян масличных культур при изготовлении МКИ будет способствовать обогащению продукта ценными веществами и повышению доступности их в пищеварительном тракте человека.

Целью работы явилась разработка новых рецептур печенья с использованием протертой пасты из семян кунжута, обеспечивающих снижение доли твердых

жиров в продуктах и обогащение их природными нутриентами.

Материалы и методы исследований. Для получения песочного печенья были использованы следующие сырьевые компоненты, соответствующие требованиям действующих государственных стандартов: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта; сливочное масло; маргарин сливочный; сахар-песок; соль пищевая; меланж; сода пищевая; аммоний углекислый или гидрокарбонат натрия. При этом урбеч на основе семян кунжута отвечал требованиям технических условий ТУ № 9146–001–1287905–2015.

Объектами исследований являлись образцы готового сахарного печенья, изготовленные по традиционной технологии [10] с использованием сливочного масла и маргарина, а также опытные образцы, в которых жировой компонент частично заменен на урбеч – кремообразную пасту из семян кунжута.

Качество готовых изделий определяли согласно нормам ГОСТ 24901–2023 «Печенье. Общие технические условия».

Исследования проводили с учетом следующих требований: массовая доля влаги – ГОСТ 5900–2014 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ»; жир – ГОСТ 31902–2012 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли жира»; минеральные вещества – ГОСТ 5901–2014 «Изделия кондитерские. Методы определения массовой доли золы и металломагнитной примеси».

Содержание белков в образцах печенья проводили методом Кьельдаля в соответствии с нормами ГОСТ 34551–2019 «Изделия кондитерские. Метод определения массовой доли белка». Изучение аминокислотного состава белков выполняли с использованием автоматического аминокислотного анализатора. Содержание триптофана устанавливали по методу, описанному в работе Л. В. Антиповой с соавторами [11]. Сбалансированность белков оценивалась по индексам незаменимых аминокислот, представляющим отношение фактического уровня их в белках продукта к рекомендованному в стандартном белке FAO/WHO [12].

Изучение фракционного состава липидов проводили методом тонкослойной хроматографии [13]. Идентификацию отдельных классов липидов осуществляли методом сравнения с нанесенными на пластинку стандартными соединениями. Для количественного определения применяли программное обеспечение ImageJ (National Institute of Health, v.1.47).

Для изучения состава жирных кислот липиды переводили в метиловые эфиры жирных кислот, проводили очистку препаративной тонкослойной хроматографией и анализировали на хроматографе Shimadzu GC-14B. Идентификацию жирных кислот выполняли с использованием индексов эквивалентной длины цепи. Содержание отдельных жирных кислот определяли по площадям пиков с помощью базы обработки данных Shimadzu Chromatopac C-R4A [14, 15].

Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили общепринятыми математическими методами с использованием компьютерной программы Microsoft Excel. Результаты представляют собой средние значения и стандартное отклонение.

Результаты исследований и их обсуждение. Выбор урбеча, представляющего собой протертую пасту из семян кунжута, обусловлен многими полезными питательными и лечебными свойствами этой масличной культуры [16]. Технология получения урбеча обеспечивает сохра-

нение всех природных соединений семян кунжута. Урбеч – традиционный дагестанский продукт [17], который изготавливают из высушенных или обжаренных семян кунжута, перетирая до густой жидкой пастообразной массы. Для этого используют мельницы, в бункер которых засыпаются подготовленные семена и через воронку направляются с помощью стока в центр между вращающимся и неподвижным жерновами. За счет выделяющегося из зерен кунжута масла продукт превращается в пасту, которая поступает в приготовленную емкость и расфасовывается в стеклянные банки. Полученный урбеч не являлся скоропортящимся, несмотря на полное отсутствие в нем искусственных консервантов. Срок годности этого продукта из семян льна составляет 12 месяцев при температуре от 0 °С до 25 °С.

В его состав входят витамины А, В, С, Е, F, К, Н, РР и минеральные элементы: йод, магний, кальций, калий, натрий, фосфор, фтор. Благодаря комплексу полезных веществ урбеч применяется в питании ослабленных больных, а также детей для стимулирования их роста и укрепления иммунитета.

Содержание белков в протертой пасте из семян кунжута составляло 20,8 %; жира – 52,1 %; углеводов, в том числе пищевых волокон – 19,5 %; минеральных веществ – 4,8 %.

Как показано в таблице 1, белки урбеча из семян кунжута являются сбалан-

Таблица 1 – Состав незаменимых аминокислот в белках урбеча из семян кунжута
Table 1 – Composition of essential amino acids in proteins of urbech from sesame seeds
В граммах на 100 грамм белков (in grams per 100 grams of protein)

Аминокислота	Содержание	
	в урбече	в стандартном белке (согласно шкале ФАО/ВОЗ)
Валин	5,7	5,0
Изолейцин	3,9	4,0
Лейцин	9,9	7,0
Лизин	4,5	5,5
Метионин + цистин	6,3	3,5
Треонин	5,6	4,0
Фенилаланин + тирозин	8,8	6,0
Триптофан	1,9	1,0
Сумма	46,6	36,0

сированными по соотношению незаменимых аминокислот. При этом дефицитной аминокислотой является лизин.

Исследования состава липидов в протертой пасте из семян кунжута показали, что преобладающим их классом являются триацилглицерины (76,5±2,6 % от общей суммы); им значительно уступает содержание фосфолипидов (5,3±0,8 %). Урбеч характеризуется высоким содержанием токоферолов, которые представлены преимущественно γ-токоферолом (табл. 2).

Состав и содержание жирных кислот в липидах протертой пасты из семян кунжута приведены в таблице 3. Показано, что основную часть (более 80,0 %) в жирно-кислотном составе составляют ненасыщенные кислоты; причем доли мононенасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот близки и достигают соответствен-

но 42,92 и 40,76 % от общей суммы жирных кислот. Группа ПНЖК представлена линолевой кислотой (18:2 n-6), содержание которой равно 40,23 % от суммы жирных кислот.

Известно, что в состав липидов входят фитостерины, их сумма составляет 714 мг/100 г, а преобладающими видами являются β-ситостерин (до 60,0 %), кампестерол (19,0 %) и стигмастерол [18]. Они обуславливают высокие функциональные (гипохолестеринемические) свойства липидов семян кунжута.

Семена кунжута характеризуются высоким содержанием лигнанов – природных полифенольных соединений, которые обладают очень мощной антиоксидантной активностью [19, 20]. Основными видами лигнанов при этом являются сезамин и сезамолин. Совместно с токоферолами

Таблица 2 – Фракционный состав липидов в урбече из семян кунжута

Table 2 – Fractional composition of lipids in urbech from sesame seeds

В процентах от суммы липидов (as a percentage of the total lipids)

Класс липидов	Содержание
Триацилглицерины	75,8±2,6
Диацилглицерины	7,1±1,1
Моноглицерины	1,1±0,3
Свободные жирные кислоты	4,0±0,6
Стерины	3,8±0,4
Эфиры стерин	2,9±0,2
Фосфолипиды	5,3±0,8
Сумма токоферолов, мг/100 г	26,80
γ-токоферол, мг/100 г	25,00

Таблица 3 – Состав жирных кислот в урбече из семян кунжута

Table 3 – Composition of fatty acids in urbech from sesame seeds

В процентах от суммы жирных кислот (as a percentage of the total of fatty acids)

Насыщенные		Мононенасыщенные		Полиненасыщенные	
жирная кислота	%	жирная кислота	%	жирная кислота	%
12:0	0,15	16:1 n-7	0,17	18:2 n-6	40,23
16:0	10,00	18:1 n-9	41,71	18:3 n-3	0,31
18:0	5,58	18:1 n-7	0,90	20:2 n-6	0,22
20:0	0,58	20:1 n-11	0,14	сумма ПНЖК	40,76
сумма	16,32	сумма	42,92	сумма n-3	0,31
–	–	–	–	сумма n-6	40,45

лигнаны обуславливают высокую стабильность кунжутного масла и урбеча из кунжута при хранении.

Урбеч из кунжута использовали для получения песочного печенья, которым заменяли одну вторую часть жирового компонента в тесте. Состав рецептуры контрольных и опытных образцов теста для выпечки печенья показан в таблице 4.

Для получения теста в емкость по рецептуре сначала закладывали сливочное масло или маргарин (слегка размягченные), пасту из семян кунжута, сахарный песок. Все тщательно перемешивали до исчезновения кристаллов сахара. Постепенно добавляли яйца, растворенный в воде углекислый аммоний, соль. Ингредиенты перемешивали до образования однородной массы в течение 18–20 мин. при температуре 16–20 °С; вводили муку пшеничную и соду, тщательно перемешивали тесто в течение 12 мин. Воду добавляли до влажности теста 18,5–19,5 %.

После разделки и формования заготовок проводили выпечку изделий в течение 10 мин. при температуре 150–160 °С, охлаждали и фасовали. Хранение печенья осуществляли при комнатной температуре 20–22 °С и относительной влажности воздуха не более 75 %.

Опытные образцы песочного печенья по органолептическим показателям были близки контрольным; заметных отличий не выявлено. Печенье песочное представляло собой изделия правильной фигурной формы, без вмятин с ровными

краями. Поверхности были золотистого цвета без подгорелости и без вкраплений крошек. Все МКИ имели равномерно-пористую структуру, без пустот. Вкус (как в опытных, так и в контрольных образцах) был приятным, сладким, без посторонних привкуса и запаха.

Пищевая ценность контрольных и опытных образцов песочного печенья приведена в таблице 5. Как видно, опытные образцы печенья, в рецептуру которых в качестве частичной замены масла сливочного и маргарина вносили урбеч из семян кунжута в количестве 13,5 % от массы теста, по пищевой ценности отличаются от контрольных образцов. В них на 30,0 % повысилось содержание белков, а количество жирового компонента снизилось на 19,0 %.

На состав жирных кислот готовых МКИ большое влияние оказал вид жирового компонента. В контрольных образцах печенья, в рецептуру которых использовано сливочное масло, преобладали насыщенные жирные кислоты, составившие 16,1 г/100 г продукта. В этой группе 65,0 % жирных кислот были представлены лауриновой (12:0), миристиновой (14:0) и пальмитиновой (16:0) кислотами, которые являются атерогенными и вносят основной вклад в повышение уровня холестерина в крови человека. Их содержание составило 10,4 г/100 г продукта.

В опытных образцах продуктов при замене урбечем из кунжута одной второй части масла сливочного отмечено сниже-

Таблица 4 – Рецепт теста для изготовления 1 кг сахарного печенья

Table 4 – Dough recipe for making 1 kg of sugar cookies

В граммах (in grams)

Компоненты	Содержание в образцах	
	контрольном	опытном
Мука пшеничная	520,0	520,0
Жировой компонент (масло сливочное или маргарин)	310,0	155,0
Урбеч из семян кунжута	–	155,0
Сахар песок	210,0	210,0
Меланж или яйцо	80,0	80,0
Аммоний углекислый	1,3	1,3
Соль пищевая	2,0	2,0
Сода	1,0	1,0

Таблица 5 – Пищевая ценность песочного печенья

Table 5 – Nutritional value of shortbread cookies

Показатели	Образцы печенья			
	контрольный с использованием		опытные с частичной заменой (50,0 %)	
	сливочного масла	маргарина	сливочного масла	маргарина
Вода, %	9,0	9,5	8,7	9,3
Белок, %	7,2	7,3	10,3	10,5
Жир, %	26,0	24,9	20,9	19,8
Углеводы, включая пищевые волокна, %	57,2	57,4	58,3	58,8
Минеральные вещества, %	0,6	0,9	1,1	1,2
Энергетическая ценность, ккал (кДж)	492 (2 060)	489 (2 040)	462 (1 930)	455 (1 900)
Сумма насыщенных жирных кислот, г/100 г	16,1	7,0	9,1	4,1
Сумма мононенасыщенных жирных кислот, г/100 г	8,3	13,4	7,3	10,2
Сумма полиненасыщенных жирных кислот, г/100 г	0,8	3,5	3,9	4,2

ние насыщенных жирных кислот (в том числе атерогенных) на 43,0 % по сравнению с контрольным образцом, а также повышение количества ПНЖК, в основном за счет линолевой кислоты (C18:2 n-6). Линолевая кислота относится к ПНЖК семейства омега-6. Она участвует в регуляции обмена веществ в клетках, нормализации кровяного давления, агрегации тромбоцитов; влияет на обмен холестерина, стимулируя его окисление и выведение из организма; оказывает нормализующее действие на стенки кровеносных сосудов; участвует в обмене витаминов группы В; стимулирует защитные механизмы организма, повышая устойчивость к инфекционным заболеваниям, действию радиации и других повреждающих факторов.

В образце печенья с маргарином среди жирных кислот доминирует группа мононенасыщенных кислот (табл. 5). Известно, что в маргарине присутствуют трансизомеры жирных кислот, образующиеся в процессе дезодорации, гидрогенизации и перэтерификации растительных масел; их содержание может достигать 40,0 %. В трансконфигурации эти жирные кислоты в организме человека приводят к нарушению биохимических процессов в клетках, что приводит к повышению риска

развития атеросклероза и сопутствующих заболеваний сердца и сосудов, снижению чувствительности клеток поджелудочной железы к инсулину (диабет 2-го типа), развитию хронических воспалительных процессов и ожирению.

Замена одной второй части маргарина в рецептуре теста для печенья будет соответственно снижать число трансизомеров. В образце печенья с маргарином и урбечем также отмечено снижение количества насыщенных жирных кислот на 40,0 % и увеличение ПНЖК на 16,0 %. В группе мононенасыщенных жирных кислот доминировала (более 80,0 %) олеиновая кислота (C18:1 n-9), ПНЖК – линолевая кислота (C18:2 n-6).

Заключение. Разработан новый ассортимент песочного печенья, в рецептуру которого введен урбеч из семян кунжута, частично (50 %) заменяющий жировой компонент в составе печенья традиционной технологии.

Урбеч – протертая паста из семян кунжута, получаемая по дагестанской технологии. В работе нами проанализированы состав незаменимых аминокислот в белках урбеча; фракционный состав липидов и состав жирных кислот в урбече.

Отмечено, что урбеч богат токоферолами и лигнанами, что обуславливает высокую антиоксидантную, антимикробную активность и длительный срок хранения (12 мес.) при температуре от 0 °С до 25 °С без добавления антисептических средств.

Жировым компонентом в образцах печенья по традиционной технологии являлись сливочное масло или маргарин. В опытных образцах исходное содержание урбеча из семян кунжута составляло 13,5 % к массе теста для получения печенья. Готовые образцы песочного печенья по органолептическим показателям были близки контрольным, заметных отличий не выявлено. Изделия имели равномерно-пористую структуру, без пустот. Вкус был приятным, сладким; без посторонних привкуса и запаха.

В образцах печенья с урбечем из семян кунжута по сравнению с контрольными содержание белков оказалось выше на 30,0 %, а общее количество жирового компонента ниже на 19,0 %.

При замене урбечем из кунжута одной второй части масла сливочного в рецептуре теста отмечалось снижение на-

сыщенных жирных кислот на 43,0 % по сравнению с контрольным образцом, а также значительное увеличение количества полиненасыщенных жирных кислот за счет линолевой кислоты (C18:2 n-6).

Замена одной второй части маргарина в составе теста для печенья обеспечивает снижение количества насыщенных жирных кислот на 40,0 % и увеличение полиненасыщенных жирных кислот на 16,0 %. Уменьшение в 2 раза доли маргарина в рецептуре теста для печенья соответственно снижает количество трансизомеров жирных кислот.

Таким образом, полученные результаты исследований показывают, что использование урбеча из семян кунжута в технологии песочного печенья будет обеспечивать снижение жирового компонента в продуктах и повышение содержания нутриентов, проявляющих потенциальное защитное действие на организм человека.

На основе приведенных результатов исследований, разработаны нормативные документы на производство нового ассортимента песочного печенья: технические условия и технологическая инструкция.

Список источников

1. Василевская М. Н. Перспективы использования нетрадиционного растительного сырья при разработке мучных сладостей с дифференцированным содержанием основных нутриентов // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2023. Т. 15. № 4 (58). С. 13–24. EDN MSIZHO.
2. Решетник Е. И., Фролова Н. А. Изучение влияния дозировки БАД «ПАНТЭЛ» на потребительские свойства отделочных полуфабрикатов пониженной энергетической ценности для мучных кондитерских изделий // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 1 (45). С. 75–81. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-11012>. EDN XOUKOT.
3. Соболева Н. В., Почапская В. В., Хамитова Я. Р., Кизаев М. А., Дубовскова М. П. Сравнительная оценка качества сливочного масла // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (86). С. 236–240. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-236-240>. EDN FFXXCW.
4. Поросятников А. В. Химический состав и пищевая ценность сливочного масла // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. 2015. № 1. С. 127–131. EDN WHJNZD.
5. Химический состав российских пищевых продуктов / под ред. И. М. Скурихина, В. А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 235 с.
6. Саркисян В. А., Кочеткова А. А. Система антиоксидантной защиты в нативных липидных системах // Вопросы питания. 2014. Т. 83. № S3. С. 263–263. EDN XCEXVL.
7. Sundram K., Ismail A., Hayes K. C., Jeyamalar R., Pathmanathan R. Trans (elaidic) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in humans // Journal of Nutrition. 1997. Vol. 127. No. 3. P. 514–520. <https://doi.org/10.1093/jn/127.3.514S>.

8. Решетник Е. И., Захарова Л. М., Пакурина А. П., Пашина Л. Л., Школьников П. Н. Разработка инновационно новых продуктов функционального назначения // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2024. № 3 (86). С. 45–53. EDN YTWQUF.
9. Sarwar M. F., Sarwar M. H., Sarwar M., Qadri N. A., Moghal S. The role of oilseeds nutrition in human health: A critical // *Journal of Cereals and Oilseeds*. 2013. Vol. 4 (8). P. 97–100. <https://doi.org/10.5897/JCO12.024>.
10. Сборник технологических нормативов. Сборник рецептур на продукцию кондитерского производства. М. : ДеЛи принт, 2019. 560 с.
11. Антипова Л. В., Глотова И. А., Рогов И. А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М. : Колос, 2001. 376 с.
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. Rome : FAO, 2013. 66 p.
13. Schneider C. A., Rasband S. W., Eliceiri W. K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis // *Nature methods*. 2012. Vol. 9. P. 671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.
14. Carreau J. P., Dubacq J. P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts // *Journal of Chromatography A*. 1978. Vol. 151. P. 384–390. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)88356-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)88356-9).
15. Christie W. W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gaschromatography a reappraisal // *Journal of Chromatography A*. 1988. Vol. 447. P. 305–314. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(88\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0021-9673(88)90040-4).
16. Wei P., Zhao F., Wang Z., Wang Q., Chai X., Hou G., Meng Q. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial applications // *Nutrients*. 2022. Vol. 14. No. 19. P. 4079. <https://doi.org/10.3390/nu14194079>.
17. Ибрагимова З. Б. Урбеч – традиционный дагестанский продукт питания // *Acta Historica: Труды по историческим и обществоведческим наукам*. 2018. Т. 1. № 1. С. 34–37. EDN YSHIFN.
18. Sharma L., Saini C. S., Punia S., Nain V., Sandhu K. S. Sesame (*Sesamum indicum*) seed // Tanwar B., Goyal A. *Oilseeds: health attributes and food applications*. Singapore : Springer, 2021. P. 305–330. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_12.
19. Michailidis D., Angelis A., Aligiannis N., Mitakou S., Skaltsounis L. Recovery of sesamin, sesamol, and minor lignans from sesame oil using solid support-free liquid extraction and chromatography techniques and evaluation of their enzymatic inhibition properties // *Frontiers in Pharmacology*. 2019. Vol. 10. P. 723. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00723>.
20. Shimoyoshi S., Takemoto D., Ono Y., Kitagawa Y., Shibata H., Tomono S. [et al.]. Sesame lignans suppress age-related cognitive decline in senescence-accelerated mice // *Nutrients*. 2019. Vol. 11. No. 7. P. 1582. <https://doi.org/10.3390/nu11071582>.

References

1. Vasilevskaya M. N. Prospects for the use of non-traditional vegetable raw materials in the development of flour sweets with a differentiated content of basic nutrients. *Pishchevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*, 2023;15;4(58):13–24. EDN MSIZHO (in Russ.).
2. Reshetnik E. I., Frolova N. A. Study of the influence of the dosage of biologically active additive "PANTEL" on the consuming qualities of finishing convenience foods of reduced energy values used for flour confectionery. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*, 2018;1(45):75–81. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-11012>. EDN XOUKOT (in Russ.).
3. Soboleva N. V., Pochapskaya V. V., Khamitova Ya. R., Kizaev M. A., Dubovskova M. P. Comparative assessment of the quality of butter. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020;6(86):236–240. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2020-86-6-236-240>. EDN FFXXCW (in Russ.).

4. Porosyatnikov A. V. The chemical composition and nutritional value of butter. *Nauka v sovremennykh usloviyakh: ot idei do vnedreniya*, 2015;1:127–131. EDN WHJNZD (in Russ.).
5. Skurikhin I. M., Tutelyan V. A. (Eds.). *Chemical composition of Russian food products*, Moscow, DeLi print, 2002, 235 p. (in Russ.).
6. Sarkisyan V. A., Kochetkova A. A. Antioxidant defense system in native lipid systems. *Voprosy pitaniya*, 2014;83;S3:263–263. EDN XCEXVL (in Russ.).
7. Sundram K., Ismail A., Hayes K. C., Jeyamalar R., Pathmanathan R. Trans (elaidic) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in humans. *Journal of Nutrition*, 1997;127;3:514–520. <https://doi.org/10.1093/jn/127.3.514S>.
8. Reshetnik E. I., Zakharova L. M., Pakusina A. P., Pashina L. L., Shkolnikov P. N. Development of innovative new functional products. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 2024;3(86):45–53. EDN YTWQUF (in Russ.).
9. Sarwar M. F., Sarwar M. H., Sarwar M., Qadri N. A., Moghal S. The role of oilseeds nutrition in human health: A critical. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 2013;4(8):97–100. <https://doi.org/10.5897/JCO12.024>.
10. *Collection of technological standards. Collection of recipes for confectionery products*, Moscow, DeLi print, 2019, 560 p. (in Russ.).
11. Antipova L. V., Glotova I. A., Rogov I. A. *Methods of research of meat and meat products*, Moscow, Kolos, 2001, 376 p. (in Russ.).
12. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation, Rome, FAO, 2013. 66 p.
13. Schneider C. A., Rasband S. W., Eliceiri W. K. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature methods*, 2012;9:671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>.
14. Carreau J. P., Dubacq J. P. Adaptation of a macro-scale method to the micro-scale for fatty acid methyl transesterification of biological lipid extracts. *Journal of Chromatography A.*, 1978;151:384–390. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)88356-9](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)88356-9).
15. Christie W. W. Equivalent chain-lengths of methyl ester derivatives of fatty acids on gaschromatography a reappraisal. *Journal of Chromatography A.*, 1988;447:305–314. [https://doi.org/10.1016/0021-9673\(88\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0021-9673(88)90040-4).
16. Wei P., Zhao F., Wang Z., Wang Q., Chai X., Hou G., Meng Q. Sesame (*Sesamum indicum* L.): A comprehensive review of nutritional value, phytochemical composition, health benefits, development of food, and industrial applications. *Nutrients*, 2022;14;19:4079. <https://doi.org/10.3390/nu14194079>.
17. Ibragimova Z. B. Urbech is a traditional Dagestani food product. *Acta Historica: Trudy po istoricheskim i obshchestvovedcheskim naukam*, 2018;1;1:34–37. EDN YSHIFN (in Russ.).
18. Sharma L., Saini C. S., Punia S., Nain V., Sandhu K. S. Sesame (*Sesamum indicum*) seed. In: Tanwar B., Goyal A. *Oilseeds: health attributes and food applications*, Singapore, Springer, 2021. P. 305–330. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4194-0_12.
19. Michailidis D., Angelis A., Aligiannis N., Mitakou S., Skaltsounis L. Recovery of sesamin, sesamol, and minor lignans from sesame oil using solid support-free liquid extraction and chromatography techniques and evaluation of their enzymatic inhibition properties. *Frontiers in Pharmacology*, 2019;10:723. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.00723>.
20. Shimoyoshi S., Takemoto D., Ono Y., Kitagawa Y., Shibata H., Tomono S. [et al.]. Sesame lignans suppress age-related cognitive decline in senescence-accelerated mice. *Nutrients*, 2019;11;7:1582. <https://doi.org/10.3390/nu11071582>.

© Галстян М. В., Шульгина Л. В., Лях В. А., 2025

Статья поступила в редакцию 12.01.2025; одобрена после рецензирования 05.02.2025; принята к публикации 11.02.2025.

The article was submitted 12.01.2025; approved after reviewing 05.02.2025; accepted for publication 11.02.2025.

Информация об авторах

Галстян Мариам Вардановна, аспирант базовой кафедры «Биоэкономика и продовольственная безопасность» Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, galstian.mv@dvfu.ru;

Шульгина Лидия Васильевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией «Технология переработки гидробионтов», Тихоокеанский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии; профессор базовой кафедры «Пищевая и клеточная инженерия» Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, lvshulgina@mail.ru;

Лях Владимир Алексеевич, кандидат технических наук, декан Факультета «Агропищевые биотехнологии и пищевая инженерия» Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем», Дальневосточный федеральный университет, lyah.va@dvfu.ru

Information about the authors

Mariam V. Galstyan, Postgraduate Student, Basic Department of Bioeconomics and Food Security at the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Far Eastern Federal University, galstian.mv@dvfu.ru;

Lidiya V. Shulgina, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Hydrobiont Processing Technology, Pacific branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography; Professor of the Basic Department of Food and Cell Engineering at the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Far Eastern Federal University, ORCID: 0000-0002-1767-0129, Author ID: 484469, lvshulgina@mail.ru;

Vladimir A. Lyakh, Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Agro-Food Biotechnology and Food Engineering, Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems", Far Eastern Federal University, lyah.va@dvfu.ru

Вклад авторов:

Галстян М. В. – подготовка материалов, выполнение технологических исследований, оценка товароведных характеристик, обработка данных, участие в написании статьи.

Шульгина Л. В. – планирование работ, анализ результатов, оформление статьи.

Лях В. А. – выполнение физико-химических исследований, обработка данных, участие в написании статьи.

При этом все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors:

Galstyan M. V. – preparation of materials, implementation of technological research, evaluation of commodity characteristics, data processing, participation in writing the article.

Shulgina L. V. – work planning, analysis of results, writing an article.

Lyakh V. A. – performance of physical and chemical studies, data processing, participation in writing the article.

The authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Научная статья

УДК 637.352

EDN IDKXDJ

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-78-86>

Исследование процесса диффузии хлорида натрия в мягком сыре

Олег Константинович Мотовилов¹, Елена Валерьевна Бородай²,
Ольга Валентиновна Голуб³

^{1,2,3} Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий

Российской академии наук, Новосибирская область, Краснообск, Россия

¹ motovilovok@sfscs.ru, ² borodayev@sfscs.ru, ³ golubov@sfscs.ru

Аннотация. Солевое равновесие в сыре зависит от множества условий и представляет фактор, оказывающий важнейшее значение при принятии решения производителями о реализации, а потребителями – о приобретении сыра. Следовательно, получение новых знаний о распределении хлорида натрия в мягком сыре является актуальным. Материалами исследований стали образцы мягких сыров (наружный, средний и центральный слои; по окончании этапа созревания (12 час.), после 12 и 24 час. хранения). В сырах осуществляли определение высоты и диаметра; массы нетто; содержания влаги, жира и хлорида натрия стандартными методами. Различий значений по высоте, диаметру и массе в сыре в исследуемые периоды не выявили ($p > 0,05$). Установлено, что на содержание хлорида натрия в сыре оказывали влияние «слой», «интервал исследований» и их взаимодействие: сила влияния соответственно составила 51,6, 27,3 и 21,1 % ($p < 0,01$). Произведено ранжирование сыров по содержанию хлорида натрия в наружном, среднем и центральном слоях. Солевое равновесие наступало по истечении 48 часов. На содержание в сыре влаги и жира в пересчете на сухое вещество оказывал значимое влияние ($p < 0,01$) фактор «слой» – сила влияния соответственно 70,2 и 54,9 %; взаимосвязь факторов – 29,7 и 45,1 %. Отметим значимую положительную корреляционную связь между содержанием хлорида натрия и уровнем влаги в сыре (коэффициент корреляции равен 0,46, $p < 0,05$), незначимую – хлорида натрия и жира в пересчете на сухое вещество (коэффициент корреляции равен минус 0,18). Полученные результаты могут быть использованы при проведении дальнейших научных исследований, а также создании функциональной пищевой продукции.

Ключевые слова: хлорид натрия, сыр мягкий, диффузия соли, солевое равновесие, период хранения, слой отбора проб

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0533-2024-0005).

Для цитирования: Мотовилов О. К., Бородай Е. В., Голуб О. В. Исследование процесса диффузии хлорида натрия в мягком сыре // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 78–86. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-78-86>.

Original article

Study of the process of sodium chloride diffusion in soft cheese

Oleg K. Motovilov¹, Elena V. Borodai², Olga V. Golub³

^{1,2,3} Siberian Federal Research Center of Agro-Biotechnologies

of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russian Federation

¹ motovilovok@sfscs.ru, ² borodayev@sfscs.ru, ³ golubov@sfscs.ru

Abstract. Salt balance in cheese depends on many conditions and is a factor of decisive importance when producers make decisions on its sale, and consumers – on its purchase. Therefore, obtaining new knowledge about the distribution of sodium chloride in soft cheese is relevant. Re-

search materials: soft cheese samples (outer, middle and central layers; at the end of the ripening stage (12 hours), after 12 and 24 hours of storage). The height and diameter, net weight, moisture content, fat and sodium chloride were determined in the cheeses using standard methods. No differences in the values for height, diameter and weight in the cheese in the studied periods were found ($p > 0.05$). It was found that the sodium chloride content in the cheese was affected by the «layer», «research interval» and their interaction: the strength of influence was 51.6, 27.3 and 21.1%, respectively ($p < 0.01$). The cheeses were ranked according to the sodium chloride content in the outer, middle and central layers. Salt equilibrium was achieved after 48 h. The moisture and fat content in cheese calculated on dry matter basis were significantly affected ($p < 0.01$) by the «layer» – the strength of the effect was 70.2 and 54.9%, respectively; the interrelation of factors was 29.7 and 45.1%. A significant positive correlation was found between the sodium chloride and moisture content in cheese (correlation coefficient is 0.46, $p < 0.05$), and an insignificant correlation was found between sodium chloride and fat in terms of dry matter (correlation coefficient is minus 0.18). The results obtained can be used in scientific research and in the creation of functional food products.

Keywords: sodium chloride, soft cheese, salt diffusion, salt equilibrium, storage period, sampling layer

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 0533-2024-0005).

For citation: Motovilov O. K., Borodai E. V., Golub O. V. Study of the process of sodium chloride diffusion in soft cheese. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:78–86. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-78-86>.

Введение. Соль в сыре оказывает непосредственное воздействие на формирование основных показателей продукции, поскольку она определяет активность воды, а, следовательно, контролирует рост микроорганизмов, активность ферментов, биохимические изменения в процессе созревания, в том числе приводящие к формированию оригинальных органолептических характеристик (вкуса, аромата); оказывает влияние на степень гидратации параказеина или его агрегации, а, следовательно, способность казеиновой матрицы к связыванию влаги и ее возможности к синерезису; текстурные характеристики продукции; является непосредственным источником натрия, необходимого для жизнедеятельности человека [1].

Содержание соли в сыре заметно различается в зависимости от различных факторов: наличия и срока созревания, массовой доли влаги и жира в обезжиренном веществе и других. При этом содержание хлористого натрия различно для разных видов сыров и регламентировано техническими условиями соответствующих государственных стандартов:

- сыры плавленые – от 0,2 до 5,0 %;
- сыры полутвердые – от 1,3 до 3,0 %;
- сыры мягкие – не более 4,0 %;
- сыр творожный – на более 2,0 %;

сыры рассольные – от 2,0 до 7,0 %;

сыры с чеддеризацией и термомеханической обработкой сырной массы – от 0,5 до 3,0 %;

сыры сывороточно-альбуминные – не более 2,5 %.

При разработке новых, а также модернизации или совершенствовании существующих технологий сыров, меняется плотность сырного теста, что приводит к изменению скорости проникновения соли вглубь сыра. Концентрация соли в объеме сыра является параметром, во многом определяющим качество созревшего сыра, так как влияет как на физико-химические, так и на микробиологические показатели сыра. Следовательно, необходимо осуществлять анализ содержания соли в сыре, используя при этом соответствующие методы.

Посолка сыра осуществляется различными способами, которые влияют на поглощение и диффузию соли в сыр, а, следовательно, оказывают влияние на формирование качественных характеристик продукции. Исследованиями процесса диффузии соли поваренной занимаются многие специалисты.

Л. Л. Богдановой с соавторами установлено, что при созревании полутвердых сыров массовая доля поваренной соли в

сырах увеличивается [2]. В работе А. Кичану и О. Латышевой установлена достоверная прямая зависимость между содержанием соли во внутренних слоях сыров Голландский и Российский и этапом их созревания [3].

I. Ferroukhi с соавторами определили, что можно получить сыр Fourme d'Ambert с низким содержанием хлорида натрия и повышенным кальция, витаминов В₂, В₆ и В₁₂; менее соленым вкусом и более твердым. Это достигается путем посыпки солью (на 35 %) и частичной ее замены лактатом кальция на 25 % в процессе сухого посола (на 47 %) [4]. Исследованиями V. Gagnaire с соавторами установлено, что снижение на 30 % уровня хлорида натрия при изготовлении сыров швейцарского типа оказывает незначительное влияние на характеристики качества – компенсацию изменений можно нивелировать штаммами заквасок [5].

C. Loffi с соавторами отмечено, что сокращение времени вымачивания в рассоле при производстве сыра Пармиджано-Реджано приводило к получению продукции, обладающей аналогичными органолептическими и функциональными характеристиками, как и продукция, полученная по традиционной технологии, но способной оказывать потенциальное благотворное влияние на здоровье потребителей за счет снижения содержания соли [6]. А. Rako с соавторами определено, что повышенное содержание соли в сыре Брач обеспечивало большее количество неповрежденного α 1-казеина, стимулировало гидролиз β -казеина в процессе созревания, способствовало получению продукции с менее хрупкой текстурой [7].

Следует отметить, что в отношении сыров мягких, включая адыгейский, из-за их востребованности, проводится значительное количество исследований [8–15], однако полноценного научно обоснованного анализа процессов диффузии в них хлорида натрия довольно ограничено.

Цель исследований – проведение оценки распределения хлорида натрия в мягком сыре.

Материалы и методы исследований. Экспериментальные образцы сыра получены из молока коровьего сырого, произведенного федеральным государственным унитарным предприятием

«Элитное» (первого сорта по требованиям ГОСТ Р 52054–2003); кислоты лимонной; каменной соли поваренной пищевой молотой без добавок сорта «Экстра».

Экспериментальные образцы мягких сыров получали следующим образом. Молоко коровье сырое пастеризовали при температуре 93–95 °С в течение 20–25 с. После этого вносили при постоянном перемешивании кислоту лимонную в количестве 10 % от смеси. Образующийся хлопьевидный сгусток выдерживали в течение 5–10 мин. при температуре 93–95 °С. Всплывшую вверх сырную массу (кольце) выкладывали ковшом (ручной способ) в формы для адыгейского сыра вместимостью 300 г и оставляли для самопрессования в течение 10–15 мин., одновременно сливая сыворотку; за это время сыр один раз переворачивали, слегка встряхивая форму.

После самопрессования сыр отправляли в камеры на обсушку и охлаждение при температуре 8–10 °С продолжительностью 16–18 час. Затем осуществляли посол сыра нанесением сухой соли поваренной на верхнюю поверхность (1 % от массы сыра). После усвоения соли поваренной сыры переворачивали и на другую поверхность наносили соль поваренную (также 1 % от массы сыра). Формы с сыром направляли в камеры с температурой 8–10 °С и относительной влажностью воздуха 85–90 %, где выдерживали 12 час. для созревания.

Наконец, сыры упаковывали в вакуумные пакеты из прозрачного лавсан/полиэтилен (PET/PE) плотностью, составляющей 65/95 мкм, и отправляли на хранение в течение 36 час. при температуре 2–6 °С.

Исследования полученных образцов сыра осуществляли по окончании этапа созревания (12 час.), а также по истечении 12 и 24 час. хранения.

В сырах производили определение формы, в том числе высоты и диаметра; массы нетто; содержания влаги, жира и хлорида натрия. При этом учитывались требования ГОСТ 5867–2023 «Молоко и продукты переработки молока. Методы определения жира» (кислотный метод), ГОСТ Р 55063–2012 «Сыры и сыры плавленые. Правила приемки, отбор проб и методы контроля». Соответственно масса нетто определялась путем прямого изме-

рения (взвешивания на весах) и регистрации значений. Устанавливалось содержание влаги, хлористого натрия (метод титрования осаждением). Диаметр и высоту сыра определяли путем прямого измерения штангенциркулем.

Для проведения исследований использовали следующее оборудование: баню водяную WB-4MS (Биосан, Латвия); весы лабораторные Pioneer PA2102C (Ohaus Instruments (Changzhon) Co., Ltd., Китай); весы лабораторные Pioneer PA214 (Ohaus Instruments (Changzhon) Co., Ltd., Китай); гомогенизатор HG-15F-Set (DAIHAN Scientific Co., Ltd., Республика Корея); инкубатор MIR-262 (SANYO Electric Co., Ltd., Япония); микроцентрифугу встряхиватель низкоскоростную «Циклотемп» (ЗАО «Циклотемп», Россия); печь муфельную Snol 7,2/900 (Umega Group, АВ, Литва); плиту программируемую ППП-03 (НПП «Томьана-

лит», Россия); шкаф сушильный ШС-80-01 МК СПУ (ОАО «Смоленское специальное конструкторско-технологическое бюро систем программного управления», Россия); цифровой штангенциркуль (Китай).

Все экспериментальные определения проводили в трех – четырех повторностях. Результаты представляли как среднее значение (плюс (минус) стандартное отклонение). Данные анализировали с использованием программы Statistica 10. Для сравнения средних значений применялся двухфакторный дисперсионный анализ с апостериорным тестом Тьюки ($p < 0,05$). Методом Снедекора устанавливали силу влияния факторов, коэффициенты ранговой корреляции Спирмена (в целях оценки взаимосвязи между переменными).

Результаты исследований и их обсуждение. Из данных таблицы 1 видно, что исследуемые образцы сыров по форме, высоте, диаметру, массе, содержанию

Таблица 1 – Показатели качества сыра
Table 1 – Cheese quality indicators

Показатели	Интервал исследований, час.	Характеристика/ значения
Форма	12–48	низкий цилиндр со слегка выпуклой боковой поверхностью и округленными гранями
Высота, мм	12	43,82±0,07
	24	43,82±0,06
	48	43,82±0,06
Диаметр, мм	12	102,96±0,11
	24	102,94±0,11
	48	103,00±0,06
Масса, кг	12	358±17
	24	358±17
	48	358±16
Массовая доля влаги, %	12	54,21±0,13
	24	54,21±0,13
	48	54,20±0,13
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %	12	45,70±0,16
	24	45,69±0,15
	48	45,68±0,16
Массовая доля хлористого натрия, %	12	менее 0,5 ^{bc}
	24	0,53±0,02 ^a
	48	0,54±0,02 ^a
Примечание: различия средних значений с разными строчными буквами существенны ($p < 0,01$).		

влаги, жира в сухом веществе в исследуемые периоды хранения соответствовали требованиям ГОСТ 32263–2013 «Сыры мягкие. Технические условия».

Различий значений по высоте, диаметру, массе, содержанию влаги, жира в сухом веществе в образцах сыров в исследуемые периоды не выявили ($p > 0,05$). Установлены значимые различия по содержанию хлорида натрия в сырах в исследуемые периоды: наименьшее количество после 12 часов, наибольшее – после 48 часов (сила влияния 97,4 %, $p < 0,01$).

В таблице 2 даны результаты исследований по содержанию хлорида натрия в сыре, свидетельствующие ($p < 0,01$), что наибольшее влияние на содержание соли оказывал «слой», из которого была взята проба (51,6 %), и только затем «интервал исследований» и «слой × интервал исследований» (соответственно 27,3 и 21,1 %).

Содержание соли в сыре в зависимости от интервала исследований ранжировалось следующим образом ($p < 0,01$):

в наружном слое: 12 и 24 час. > 48 час.;
в среднем слое: 12 час. < 24 час. < 48 час.;
в центральном слое: 12 и 24 час < 48 час.

Следует отметить, что равновесие соли во всех трех слоях сыра наступало по истечении 48 часов; значимые различия по содержанию хлорида натрия в образцах продукции отсутствовали ($p > 0,05$).

На содержание влаги и жира в пересчете на сухое вещество в сыре оказывал влияние не «интервал исследований» ($p > 0,05$), а «слой» (сила влияния соответственно 70,2 и 54,9 %, $p < 0,01$) и взаимосвязь факторов (сила влияния соответственно 29,7 и 45,1 %, $p < 0,01$).

Содержание влаги в сыре в зависимости от интервала исследований ранжировалось следующим образом ($p < 0,01$):

в наружном слое: 12 час. < 24 час. < 48 час.;
в среднем слое: 12 и 24 час. > 48 час.;
в центральном слое: 12 час. < 24 час. < 48 час.

Содержание жира в пересчете на сухое вещество в сыре в зависимости от интервала исследований ранжировалось следующим образом ($p < 0,01$):

в наружном слое: 48 час. < 12 час. < 24 час.;
в среднем слое: 24 и 48 час. < 48 час.;
в центральном слое: 24 час. < 12 час. < 48 час.

Из данных таблицы 3 видна прямая значимая корреляционная связь между содержанием влаги и хлорида натрия в сыре (коэффициент корреляции составил 0,46, $p < 0,05$); обратная – между содержанием влаги и жира (коэффициент корреляции равен минус 0,40, $p < 0,05$). При этом значимых корреляционных связей между содержанием хлорида натрия и жиром в сыре не выявили.

На основании проведенного регрессионного анализа получены следующие

Таблица 2 – Диффузия хлорида натрия в сыре

Table 2 – Diffusion of sodium chloride in cheese

Слой	Интервал исследований, час.	Массовая доля хлорида натрия, %	Массовая доля влаги, %	Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %
Наружный	12	0,65±0,04 ^{c-i}	54,33±0,10 ^{bcf-i}	44,80±0,12 ^{b-i}
Наружный	24	0,63±0,03 ^{c-i}	55,57±0,10 ^{ac-i}	46,21±0,12 ^{ac-i}
Наружный	48	0,54±0,02 ^{abdgh}	58,63±0,10 ^{abd-i}	42,48±0,11 ^{abd-i}
Средний	12	менее 0,5 ^{a-cefi}	54,21±0,10 ^{bchi}	45,70±0,12 ^{a-cg-i}
Средний	24	0,52±0,01 ^{abdgh}	54,21±0,10 ^{bchi}	45,69±0,11 ^{a-cg-i}
Средний	48	0,53±0,01 ^{abdgh}	54,20±0,10 ^{a-chi}	45,69±0,11 ^{a-cg-i}
Центральный	12	менее 0,5 ^{a-cefi}	54,10±0,10 ^{a-chi}	46,60±0,12 ^{a-fhi}
Центральный	24	менее 0,5 ^{a-cefi}	52,84±0,10 ^{a-gh}	45,17±0,11 ^{a-gi}
Центральный	48	0,53±0,01 ^{abdgh}	49,78±0,10 ^{a-h}	48,90±0,13 ^{a-h}

Примечание: различия средних значений с разными строчными буквами существенны ($p < 0,01$).

Таблица 3 – Ранговые корреляции Спирмена ($p < 0,05$)Table 3 – Spearman rank correlations ($p < 0.05$)

Показатели	Массовая доля хлористого натрия	Массовая доля влаги	Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество
Массовая доля хлористого натрия	1,00	0,46	-0,18
Массовая доля влаги	0,46	1,00	-0,40
Массовая доля жира в пересчете на сухое вещество	-0,18	-0,40	1,00

уравнения прямолинейной зависимости (при $p < 0,05$):

$$y_1 = -0,83 + 0,02x, \quad (1)$$

$$y_2 = 79,91 - 0,63x \quad (2)$$

где y_1 – массовая доля хлорида натрия, %;

y_2 – массовая доля жира в пересчете на сухое вещество, %;

x – массовая доля влаги, %.

Заключение. В результате проведенных исследований установлено, что полное просаливание сыра мягкого наступает через 48 часов, что подтверждается содержанием хлорида натрия в срезах.

В наружном, среднем и центральном слоях оно составляет соответственно 0,54; 0,53 и 0,53 % и в суммарной пробе (в среднем 0,54 %).

Полученные результаты могут быть использованы при проведении научных исследований (например, при разработке экспресс-способа для качественного определения глубины просаливания мягкого сыра, предусматривающего использование красителя органического Уранина А). Также данные результаты могут получить практическое применение при создании функциональной пищевой продукции (например, с пониженным содержанием соли поваренной).

Список источников

1. Guinee T. P. Salting and the role of salt in cheese // International Journal of Dairy Technology. 2004. Vol. 57. No. 2–3. P. 99–109. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x>. EDN EALWEB.
2. Богданова Л. Л., Подрябинкина А. А., Ефимова Е. В. Изучение влияния количественного содержания поваренной соли на физико-химические показатели сыра // Актуальные вопросы переработки мясного и молочного сырья. 2021. Вып. 16. С. 98–104. <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2021-16-98-104>.
3. Кицану А., Латышева О. Изучение процесса диффузии соли в твердых сырах в период созревания // Stiinta Agricola. 2018. № 1. С. 105–111. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/105-111.pdf. EDN MHSPLV.
4. Ferroukhi I., Dominguez J., Bord C., Guerinon D., Chassard C., Mardon J. How can the NaCl content of ripened Fourme d'Ambert cheese be reduced using innovative dry surface salting processes? // International Journal of Dairy Technology. 2024. Vol. 77. No. 2. P. 548–558. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13067>. EDN YXXDLY.
5. Gagnaire V., Lecomte X., Richoux R., Genay M., Jardin J., Briard-Bion V. [et al.]. Little impact of NaCl reduction in swiss-type cheese // Frontiers in Nutrition. 2022. Vol. 9. P. 888179. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.888179>.
6. Loffi C., Bortolazzo E., Garavaldi A., Musi V., Reverberi P., Galaverna G. [et al.]. Reduction in the brining time in Parmigiano Reggiano cheese production minimally affects proteolysis, with no effect on sensory properties // Foods. 2021. Vol. 10. No. 4. P. 770. <https://doi.org/10.3390/foods10040770>.

7. Rako A., Kalit M. T., Rako Z., Zamberlin Š., Kalit S. Contribution of salt content to the ripening process of Croatian hard sheep milk cheese (Brač cheese) // LWT. 2022. Vol. 162. P. 113506. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113506>.
8. Меркулова Н. Ю., Тохириён Б., Тихонов С. Л., Тихонова Н. В. Исследование качества и безопасности мягких сыров итальянской группы российского производства // Молочная промышленность. 2023. № 6. С. 77–80. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-6-19>. EDN ХСҮМЈГ.
9. Мусина О. Н., Бондаренко Н. И., Усатюк Д. А. Мягкий сыр из смеси коровьего и козьего молока // Ползуновский вестник. 2022. № 1 (4). С. 149–153. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.019>. EDN JNGYIL.
10. Мяконосов Д. С., Смыков И. Т., Абрамов Д. В., Делицкая И. Н., Овчинникова Е. Г. Влияние молокосвертывающих ферментов животного и микробного происхождения на качество и сроки хранения мягких сыров // Пищевые системы. 2021. Т. 4. № 4. С. 286–293. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-286-293>. EDN PFHRHA.
11. Решетник Е. И., Максимюк В. А., Уточкина Е. А. Влияние функционально-технологических свойств зернового компонента на качественные показатели творожного продукта // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 4 (31). С. 74–77. EDN RNIENJ.
12. 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. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-4-4>. EDN ХСТҮСА.
13. Pei M., Chen S., Li C., Zhang G., Liu L., Zhao Z. [et al.]. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08 // Food Bioscience. 2022. Vol. 46. P. 101590. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101590>.
14. Щетинина Е. М., Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Щетинин М. П. Мягкий сыр на основе козьего молока для специализированного (спортивного) питания // Хранение и переработка сельхозсырья. 2022. № 3. С. 134–146. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.360>. EDN AGQOSK.
15. Хатко З. Н., Кудайнетова С. К. Обоснование функциональной направленности адыгейского сыра // Известия вузов. Пищевая технология. 2024. № 1 (395). С. 129–133. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2024.1.21>. EDN AQQIOY.

References

1. Guinee T. P. Salting and the role of salt in cheese. International Journal of Dairy Technology, 2004;57;2–3:99–109. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x>. EDN EALWEB.
2. Bogdanova L. L., Podryabinkina A. A., Efimova E. V. Study of the influence of the quantitative content of table salt on the physicochemical parameters of cheese. *Aktual'nye voprosy pererabotki myasnogo i molochnogo syr'ya*, 2021;16:98–104. <https://doi.org/10.47612/2220-8755-2021-16-98-104> (in Russ.).
3. Kitsanu A., Latysheva O. Study of the salt diffusion process in hard cheeses during the ripening period. *Stiinta Agricola*, 2018;1:105–111. https://ibn.idsi.md/sites/default/files/image_file/105-111.pdf. EDN MHSPLV. (in Russ.).
4. Ferroukhi I., Dominguez J., Bord C., Guerinon D., Chassard C., Mardon J. How can the NaCl content of ripened Fourme d'Ambert cheese be reduced using innovative dry surface salting processes? International Journal of Dairy Technology, 2024;77;2:548–558. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13067>. EDN YXXDLY.
5. Gagnaire V., Lecomte X., Richoux R., Genay M., Jardin J., Briard-Bion V. [et al.]. Little impact of NaCl reduction in swiss-type cheese. *Frontiers in Nutrition*, 2022;9:888179. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.888179>.
6. Loffi C., Bortolazzo E., Garavaldi A., Musi V., Reverberi P., Galaverna G. [et al.]. Reduction in the brining time in Parmigiano Reggiano cheese production minimally affects proteolysis, with no effect on sensory properties. *Foods*, 2021;10;4:770. <https://doi.org/10.3390/foods10040770>.

7. Rako A., Kalit M. T., Rako Z., Zamberlin Š., Kalit S. Contribution of salt content to the ripening process of Croatian hard sheep milk cheese (Brač cheese). *LWT*, 2022;162:113506. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113506>.
8. Merkulova N. Yu., Tohirien B., Tikhonov S. L., Tikhonova N. V. Russian soft cheeses of italian varieties: quality and safety. *Molochnaya promyshlennost'*, 2023;6:77–80. <https://doi.org/10.21603/1019-8946-2023-6-19>. EDN XCYMJG (in Russ.).
9. Musina O. N., Bondarenko N. I., Usatyuk D. A. Soft cheese made from a mixture of cow's and goat's milk. *Polzunovskiy vestnik*, 2022;1(4):149–153. <https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.04.019>. EDN JNGYIL (in Russ.).
10. Myagkonosov D. S., Smykov I. T., Abramov D. V., Delitskaya I. N., Ovchinnikova E. G. Influence of milk-clotting enzymes of animal and microbial origin on the quality and shelf life of soft cheeses. *Pishchevye sistemy*, 2021;4:4: 286–293. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2021-4-4-286-293>. EDN PFHRHA (in Russ.).
11. Reshetnik E. I., Maksimyyuk V. A., Utochkina E. A. Effect of functional and technological properties of the grain component on the quality indices of curd product. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2013;4(31):74–77. EDN RNIENJ (in Russ.).
12. Reshetnik E. I., Gribanova S. L., Egorov D. V., Gritsov N. V. Plant materials use in the production of fermented milk products for specialized nutrition. *Industriya pitaniya*, 2021;6;4:39–46. <https://doi.org/10.29141/2500-1922-2021-6-4-4>. EDN XCTYCA (in Russ.).
13. Pei M., Chen S., Li C., Zhang G., Liu L., Zhao Z. [et al.]. Physicochemical properties and volatile components of pea flour fermented by *Lactobacillus rhamnosus* L08. *Food Bioscience*, 2022;46:101590. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101590>.
14. Shchetinina E. M., Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. L., Shchetinin M. P. Soft cheese based on goat's milk for specialized (sporting) nutrition. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*, 2022;3:134–146. <https://doi.org/10.36107/spfp.2021.360>. EDN AGQOSK (in Russ.).
15. Khatko Z. N., Kudaynetova S. K. Justification of the functional orientation of adyghcheese. *Pishhevaya tekhnologiya*, 2024;1(395):129–133. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2024.1.21>. EDN AQQIOY (in Russ.).

© Мотовилов О. К., Бородай Е. В., Голуб О. В., 2025

Статья поступила в редакцию 12.01.2025; одобрена после рецензирования 05.02.2025; принята к публикации 11.02.2025.

The article was submitted 12.01.2025; approved after reviewing 05.02.2025; accepted for publication 11.02.2025.

Информация об авторах

Мотовилов Олег Константинович, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, ORCID: 0000-0003-2298-3549, Author ID: 388694, motovilovok@sfsca.ru;

Бородай Елена Валерьевна, старший научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, ORCID: 0000-0003-4350-085X, Author ID: 618751, borodayev@sfsca.ru;

Голуб Ольга Валентиновна, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, ORCID: 0000-0003-2561-9953, Author ID: 299690, golubov@sfsca.ru

Information about the authors

Oleg K. Motovilov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher, Siberian Federal Research Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, ORCID: 0000-0003-2298-3549, Author ID: 388694, motovilovok@sfscs.ru;

Elena V. Borodai, Senior Researcher, Siberian Federal Research Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, ORCID: 0000-0003-4350-085X, Author ID: 618751, borodayev@sfscs.ru;

Olga V. Golub, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Siberian Federal Research Center of Agro-Biotechnologies of the Russian Academy of Sciences, ORCID: 0000-0003-2561-9953, Author ID: 299690; golubov@sfscs.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 637.146.34

EDN FOPYLN

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-87-94>

Разработка ацидофильного продукта, обладающего высокими органолептическими свойствами и повышенной пищевой ценностью

Ольга Михайловна Попова¹, Аделя Дамировна Галикиева²

^{1,2} Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, Саратовская область, Саратов, Россия

¹ Popova@sgau.ru, ² adelbasyrova@yandex.ru

Аннотация. Целью исследований явилась разработка ацидофильного продукта, обладающего высокими органолептическими свойствами и повышенной пищевой ценностью. Для достижения поставленной цели использовали пастеризованное молоко жирностью 2,5 % с добавлением закваски, состоящей из *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, а также криопорошков LITMOISE из красной смородины, шпината и морской капусты. Для оценки характеристик продукта были проведены его органолептические, физико-химические и микробиологические испытания на соответствие требованиям действующей нормативно-технической документации. Температурные и временные режимы сквашивания, дозы внесения обогащающих добавок соответствовали требованиям действующих государственных стандартов. По результатам физико-химических испытаний разрабатываемый ацидофильный продукт соответствовал установленным нормам и стандартам качества. В результате микробиологических исследований было установлено, что продукт полностью безопасен. Результаты исследований показывают наличие молочнокислых микроорганизмов и их активность, что указывает на положительное влияние добавленных ингредиентов на пробиотическую составляющую продукта. Создание функционального кисломолочного продукта с улучшенными потребительскими свойствами и повышенной пищевой ценностью может представлять интерес для производителей молочной продукции, а также для потребителей, заинтересованных в здоровом питании.

Ключевые слова: ацидофильные йогурты, кисломолочные продукты, пробиотические культуры, пищеварение, микрофлора кишечника, пищевая ценность

Для цитирования: Попова О. М., Галикиева А. Д. Разработка ацидофильного продукта, обладающего высокими органолептическими свойствами и повышенной пищевой ценностью // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 87–94. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-87-94>.

Original article

Designing of acidophilus product with high organoleptic properties and increased nutritional value

Olga M. Popova¹, Adela D. Galikieva²

^{1,2} Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, Saratov region, Saratov, Russian Federation

¹ Popova@sgau.ru, ² adelbasyrova@yandex.ru

Abstract. The aim of the study is to design an acidophilus product with high organoleptic properties and increased nutritional value. Pasteurized milk with a fat content of 2.5% was used. The fermentation starter consisting of *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*. LITMOISE cryopowders from red currant, spinach

and seaweed were added. To assess the characteristics of the product, organoleptic, physico-chemical and microbiological tests were carried out for compliance with the requirements of the current regulatory and technical documentation. The temperature and time modes of fermentation, and the doses of enriching additives met the requirements of current state standards. According to the results of physical and chemical tests the designed acidophilus product complied with the established norms and quality standards. As a result of microbiological studies it was found that the product was completely safe. The results of the research showed the presence of lactic acid microorganisms and their activity, which indicated a positive effect of the added ingredients on the probiotic component of the product. The creation of a functional sour milk product with improved consumer properties and increased nutritional value may be of interest to dairy product manufacturers, as well as to consumers interested in healthy nutrition.

Keywords: acidophilic yogurts, fermented milk products, probiotic cultures, digestion, intestinal microflora, nutritional value

For citation: Popova O. M., Galikieva A. D. Designing of acidophilus product with high organoleptic properties and increased nutritional value. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:87–94. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-87-94>.

Введение. Ацидофильные йогурты представляют собой кисломолочные продукты, обогащенные пробиотическими культурами, такими как *Lactobacillus acidophilus* и *Streptococcus thermophilus*, которые способствуют улучшению пищеварения и поддержанию здоровой микрофлоры кишечника [1–3]. Введение в состав йогурта натуральных растительных ингредиентов, таких как криопорошки из красной смородины, морской капусты и шпината, позволит обогатить продукт полезными витаминами, минералами, антиоксидантами и другими биологически активными веществами.

В качестве известного способа производства можно привести способ производства йогурта функционального назначения с натуральными добавками [4], который включает пастеризацию молока при температуре 92 ± 2 °С; охлаждение; внесение закваски в количестве 5 % от массы молока; добавление пюре боярышника и тыквенного пюре по 2,5 % от смеси, а также сиропа стевии в объеме 3 % в пересчете на сахар. Процесс завершается сквашиванием до достижения кислотности 75–80 °Т и охлаждением полученного готового продукта.

Однако данный способ имеет ряд недостатков. Во-первых, необходимость отдельной подготовки пюре боярышника и тыквы (варка, протирка, пастеризация) увеличивает трудозатраты и время производства, что может повысить производственные затраты и риск контаминации продукта. Во-вторых, консистенция готового йогурта может быть непостоянной.

Различные партии пюре могут иметь разные уровни влажности и текстуры, что может привести к изменению конечной консистенции йогурта. Это способно повлиять на органолептические свойства продукта, такие как кремообразность и однородность, что, в свою очередь, может снизить потребительское восприятие. Кроме того, добавление растительных пюре может привести к образованию осадка или разделению фаз в готовом продукте, особенно при длительном хранении. Это также негативно сказывается на структуре и визуальной привлекательности йогурта, его стабильности.

Наиболее близким аналогом к разработанному продукту является способ производства ацидофильного напитка [6], при котором используется нормализованное коровье молоко с жирностью 3,2 %, подвергаемое пастеризации при температуре 90 °С. После пастеризации молоко гомогенизируется и охлаждается до температуры заквашивания 38–40 °С. В качестве закваски используются пробиотические культуры, включающие *Enterococcus hirae*, *Lactobacillus acidophilus* и *Bifidobacterium adolescentis* в соотношении 1:3:4. В процессе сквашивания в молоко добавляются пищевые волокна из морковного порошка, полученного из выжимок от сока прямого отжима (1,5–2,5 мас. %). Также вводится витаминная добавка в виде концентрированного цитрусового сока (0,5–0,7 мас. %) и стабилизатор в виде целлюлозного геля (0,3–0,6 мас. %). После сквашивания полученная смесь перемешивается, охлаждается и расфасовывается, что позволяет

получить продукт с повышенными профилактическими, функциональными и энергетическими свойствами.

Однако можно отметить сложность процесса производства данного йогурта, включающего нормализацию, гомогенизацию и пастеризацию молока, а также использование целлюлозного геля в качестве загустителя. В отличие от данного способа, рассмотренный нами метод использует уже пастеризованное молоко с меньшей жирностью, что упрощает технологию и улучшает функциональные характеристики конечного продукта.

Использование криопорошков из красной смородины, морской капусты и шпината в составе ацидофильного продукта несомненно обогатит его витаминами, минералами и антиоксидантами. Кроме того, красная смородина является источником витамина С, который способствует укреплению иммунной системы и обладает мощными антиоксидантными свойствами. Морская капуста, богатая йодом и другими микроэлементами, поддерживает нормальное функционирование щитовидной железы и способствует улучшению обмена веществ. Шпинат содержит витамины А, С и К, а также железо и фолиевую кислоту, что делает его полезным для поддержания общего здоровья и профилактики анемии.

Таким образом, **целью исследований является разработка ацидофильного продукта, обладающего высокими органолептическими свойствами и повышенной пищевой ценностью.**

Материалы и методы исследований. Для производства разработанного продукта использовали пастеризованное молоко (ООО «Энгельсский молочный комбинат») с жирностью 2,5 %. При этом добавляли закваску производства Экспериментальная биофабрика (г. Углич), состоящую из *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, а также криопорошок LITMOISE (ООО ПК «Композит») из красной смородины, шпината и морской капусты.

Для оценки характеристик продукта были проведены его органолептические, физико-химические и микробиологические испытания на соответствие требованиям, установленным ГОСТ 31668–2012

«Ацидофилин. Технические условия» и ГОСТ 31981–2013 «Йогурты. Общие технические условия».

Температурные и временные режимы сквашивания, дозы внесения обогащающих добавок также соответствовали указанным государственным стандартам.

Результаты исследований и их обсуждение. Технологическое производство ацидофильного продукта осуществлялось в ходе эксперимента с использованием готового пастеризованного молока с жирностью 2,5 %. Молоко подвергали тепловой обработке при температуре 60–65 °С, затем охлаждали до 38–40 °С. В молоко вводили ацидофильную закваску в количестве 0,5 г на 1 000 г молока. Смесь размешивали и помещали в термостат при температуре 38,5 °С на 14 часов для сквашивания.

После сквашивания йогурт извлекали и размешивали. Добавляли криопорошки из красной смородины (1,3 г на 100 г), шпината (0,3 г на 100 г), морской капусты (0,3 г на 100 г), а также сахарин в виде одной таблетки, эквивалентной одной чайной ложке сахара (5 г на 100 г). В контрольном образце йогурт также извлекали и размешивали, но не добавляли растительные компоненты в виде соответствующих криопорошков.

Все операции проводили в стерильной посуде с использованием стерильных инструментов. Переливания и пересыпания осуществляли в ламинарном боксе с циркуляцией стерильного воздуха, что минимизировало риск обсемененности продукта.

Температурные и временные режимы сквашивания были выбраны на основе оптимальных условий для роста и активности пробиотических микроорганизмов: *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*. Температура 38–40 °С способствует максимальной ферментации и образованию молочной кислоты, что необходимо для формирования характерной текстуры и вкуса йогурта. Время сквашивания (14 часов) выбрано на основании предварительных исследований, которые показали, что именно при таком времени достигается оптимальная кислотность и текстура продукта. Более короткие сроки могут привести к недостаточному развитию вкуса и текстуры, тогда как более

длительные могут вызвать избыточную кислотность и ухудшение органолептических свойств.

Что касается дозы внесения обогащающих добавок, то они были определены на основе концентрации в них питательных веществ и влияния на органолептические свойства конечного продукта. Криопорошки из красной смородины, шпината и морской капусты обладают высокой концентрацией полезных веществ, что позволяет использовать их в малых дозах. Например, одна чайная ложка криопорошка эквивалентна 1–1,5 кг свежего продукта по содержанию витаминов и минералов.

Шпинат и морская капуста, несмотря на их питательную ценность, могут значительно влиять на вкус и текстуру йогурта, поэтому их содержание было минимизировано. Это позволило сохранить баланс между повышенной пищевой ценностью и желаемыми органолептическими характеристиками.

Красная смородина обладает ярко выраженным ароматом и кислым вкусом, что оправдывает ее более высокую дозировку для достижения насыщенного вкуса и характерного цвета продукта.

Органолептический анализ. Для оценки органолептических свойств разработанного ацидофильного продукта был проведен дегустационный анализ, в котором участвовали пять обученных дегустаторов. Дегустация проходила в специально оборудованном дегустационном зале, что обеспечивало комфортные условия для оценки продукта и минимизировало влияние внешних факторов на результаты.

Органолептический анализ трактуется как оценка способности органов обоняния человека реагировать на специфические качества компонентов продукта. Достоверность проверки определяется не только выбором соответствующего качественного или количественного метода, но и индивидуальными способностями дегустатора [7, 8].

Образцы йогурта были подготовлены в одинаковых условиях и охлаждены до температуры 4 °С перед дегустацией. В дегустационном зале, свободном от посторонних запахов, дегустаторы оценивали образцы по заранее установленным критериям: внешний вид, консистенция, вкус, запах и цвет. Каждый дегустатор вносил свои результаты в дегустационные листы, присваивая каждому показателю количество баллов от одного до пяти, где максимальное количество баллов отдается образцу, показатели которого наиболее характерны для йогурта.

Определение различий между органолептическими характеристиками таких сложносоставных продуктов, как йогурты и йогуртные продукты, наиболее выражено при использовании метода балльной оценки. Каждый признак исследуемого образца оценивался индивидуально, что позволяло выявить наиболее характерные для йогурта показатели. После дегустации все листы были собраны и проанализированы, что дало возможность получить обобщенные данные об органолептических свойствах продукции (табл. 1).

В производстве продуктов йогуртно-десертной группы параметры органо-

Таблица 1 – Результаты органолептических исследований образцов йогурта
Table 1 – Results of organoleptic studies of the yogurt samples

Показатели	Образцы йогурта	
	контрольный (без добавления криопорошков)	опытный (с добавлением криопорошков)
Внешний вид и консистенция	однородная, в меру вязкая	однородная, слегка кремообразная консистенция, с небольшой вязкостью
Вкус и запах	чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов	чистый кисломолочный вкус с легкой сладостью и ароматами, соответствующими использованным компонентам
Цвет	молочно-белый, равномерный по всей массе	светло-бежевый с легким сероватым оттенком, однородный по всей массе

лептической оценки имеют важное значение, так как их отклонение в ту или иную сторону от установленных норм может привести к снижению качества и конкурентоспособности продукта. Результаты органолептических испытаний контрольного образца (без добавления криопорошков) показали, что йогурт обладает однородной и умеренно вязкой консистенцией, чистым кисломолочным вкусом и запахом без посторонних привкусов. Цвет продукта был молочно-белым и равномерным по всей массе, что соответствует требованиям стандарта.

При этом в образце с добавлением криопорошков зафиксирована однородная, слегка кремообразная консистенция с небольшой вязкостью. Вкус сохранял чистоту кисломолочного, однако стал более сладким; с ароматами, соответствующими использованному компонентам. Цвет продукта изменился на светло-бежевый с легким сероватым оттенком.

Полученные результаты подтверждают, что добавление криопорошков из красной смородины, морской капусты и шпината не только обогатило продукт витаминами и минералами, но и положительно повлияло на его органолептические характеристики. Сохранение чистоты вкуса и аромата, а также улучшение визуальной привлекательности продукта делают его более конкурентоспособным на рынке функциональных кисломолочных продуктов.

Физико-химические исследования. По результатам физико-химических испыта-

ний (табл. 2) разрабатываемый ацидофильный продукт соответствует установленным нормам и стандартам качества. Контрольный образец показал кислотность, массу белка и содержание сухого обезжиренного молочного остатка в пределах допустимых значений, что свидетельствует о его стабильности и качестве.

В образце с криопорошками наблюдается небольшое увеличение кислотности и массы белка, что связано с добавлением растительных ингредиентов, обогащающих продукт. Содержание жира осталось на одном уровне, что подтверждает сбалансированность рецептуры.

Микробиологические исследования. В результате микробиологических исследований установлено, что продукт безопасен. Криопорошки были упакованы в плотно закрывающиеся металлизированные зип-пакеты, что обеспечивало защиту от внешних загрязнений. При их добавлении использовались стерильные инструменты, что минимизировало риск бактериальной обсемененности. Дополнительная стерилизация не проводилась, так как криопорошки были получены из высококачественного сырья и прошли предварительную обработку. Для подтверждения их качества были проведены микробиологические исследования, которые показали, что после добавления криопорошков уровень патогенной микробиологической активности не увеличился (табл. 3).

Результаты исследований показывают наличие молочнокислых микроорганизмов и их активность, что говорит о

Таблица 2 – Результаты физико-химических испытаний образцов йогурта

Table 2 – Results of physical and chemical tests of the yogurt samples

Показатели	ГОСТ на метод испытания	Нормативное значение	Погрешность	Результаты испытаний образца йогурта	
				контрольного	опытного
Кислотность, °Т	ГОСТ Р 54669–2011	не более 140	±0,1	87	95
Массовая доля белка, %	ГОСТ 34454–2018	не менее 3,2	±0,14	3,22	3,23
Массовая доля сухого обезжиренного, молочного остатка, %	ГОСТ 31981–2013	не менее 9,5	±0,4	10,50	10,77
Массовая доля жира, %	ГОСТ 5867–2023	0,5–6,0	–	2,5	2,5

Таблица 3 – Результаты микробиологических испытаний образцов йогурта
Table 3 – Results of microbiological tests of the yogurt samples

Показатели	ГОСТ на метод испытания	Нормативное значение	Результаты испытаний образца йогурта	
			контрольного	опытного
Молочнокислые микроорганизмы, КОЕ в 1 см ³	ГОСТ 33951–2016	не менее 1·10 ⁷	4,1·10 ⁸	1,0·10 ⁹
<i>S. aureus</i> в 1 см ³	ГОСТ 30347–2016	не допускается	не обнаружено	
Бактерии рода <i>Salmonella</i> в 25 см ³	ГОСТ 31659–2012	не допускается	не обнаружено	
Дрожжи, КОЕ/см ³	ГОСТ 33566–2015	не более 50	не обнаружено	
Плесени, КОЕ/см ³	ГОСТ 33566–2015	не более 50	не обнаружено	

положительном влиянии добавленных ингредиентов на пробиотическую составляющую продукта. В образце с криопорошками наблюдается увеличение количества молочнокислых бактерий по сравнению с контрольным образцом, что может быть связано с содержанием полезных витаминов и минералов в криопорошках, способствующих росту и размножению полезных микроорганизмов.

Заключение. Разработка функционального кисломолочного продукта с улучшенными органолептическими свойствами

и повышенной пищевой ценностью представляет значительный интерес как для производителей молочной продукции, так и для потребителей, стремящихся к здоровому образу жизни.

Полученные результаты могут служить основой для дальнейших исследований в области функциональных продуктов, а также для внедрения новых технологий в производственный процесс, что, в свою очередь, будет способствовать расширению ассортимента и повышению конкурентоспособности на рынке.

Список источников

1. Васильева А. А., Яниева А. А., Панова Т. М. Разработка технологии йогурта с повышенной пробиотической активностью // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2019. № 4. С. 17–25. doi: 10.15593/2224-9400/2019.4.02.

2. Галикиева А. Д., Нагоркина А. В., Попова О. М. Применение заквасочных культур в молочной промышленности // Технологии и продукты здорового питания : материалы XIII нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Саратов : Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии, 2024. С. 75–81. EDN FAWNSK.

3. Подорожня И. В., Ветохин С. С. Сравнительный анализ некоторых физико-химических показателей йогуртов, изготовленных с применением сухих заквасок в лабораторных условиях // Наука, питание и здоровье : сб. науч. тр. Минск : Белорусская наука, 2021. С. 457–464. EDN MTRVUR.

4. Патент № 2583311 Российская Федерация. Получение йогурта функционального назначения с натуральными добавками : № 2014119392/10 : заявл. 13.05.2014 : опубл. 10.05.2016 / Скоркина И. А., Сухарева Т. Н., Третьякова Е. Н., Нечепорук А. Г. Бюл. № 13. 11 с.

5. Патент № 2473225 Российская Федерация. Способ обогащения йогурта минеральными ингредиентами : заявл. 2010118968/10 : заявл. 11.05.2010 : опубл. 27.01.2013 / Старикова Н. П., Богрянцева И. Э. Бюл. № 3. 8 с.

6. Патент № 2630213 Российская Федерация. Способ производства ацидофильного напитка : № 2016149361 : заявл. 15.12.2016 : опубл. 06.09.2017 / Каменский М. А. Бюл. № 25. 5 с.

7. ГОСТ ISO 3972–2014. Органолептический анализ. Методология. Метод исследования вкусовой чувствительности. М. : Стандартинформ, 2019. 11 с.

8. ГОСТ ISO 5496–2014. Органолептический анализ. Методология. Обучение испытателей обнаружению и распознаванию запахов. М. : Стандартинформ, 2015. 15 с.

References

1. Vasilyeva A. A., Yanieva A. A., Panova T. M. Development of yogurt technology with increased probiotic activity. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya*, 2019;4:17–25. doi: 10.15593/2224-9400/2019.4.02 (in Russ.).

2. Galikieva A. D., Nagorkina A. V., Popova O. M. Application of starter cultures in the dairy industry. Proceedings from Technologies and healthy food products: *XIII Natsional'naya nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem*. (PP. 75–81), Saratov, Saratovskii gosudarstvennyi universitet genetiki, biotekhnologii i inzhenerii, 2024. EDN FAWNSK (in Russ.).

3. Podorozhnyaya I. V., Vetokhin S. S. Comparative analysis of some physico-chemical parameters of yogurts made using dry starter cultures in laboratory conditions. Proceedings from *Nauka, pitanie i zdorov'e*. (PP. 457–464), Minsk, Belorusskaya nauka, 2021. EDN MTRVUR (in Russ.).

4. Skorkina I. A., Sukhareva T. N., Tretyakova E. N., Necheporuk A. G. Obtaining functional yogurt with natural additives. *Patent RF, No. 2583311 yandex.ru/patents* 2016 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2583311C2_20160510 (Accessed 12 December 2024) (in Russ.).

5. Starikova N. P., Bogryantseva I. E. The method of enriching yogurt with mineral ingredients. *Patent RF, No. 2473225 yandex.ru/patents* 2013 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2473225C2_20130127 (Accessed 12 December 2024) (in Russ.).

6. Kamensky M. A. Method of acidophilic beverage production. *Patent RF, No. 2630213 yandex.ru/patents* 2017 Retrieved from https://yandex.ru/patents/doc/RU2630213C1_20170906 (Accessed 12 December 2024) (in Russ.).

7. Organoleptic analysis. Methodology The method of studying taste sensitivity. (2014) *GOST ISO 3972–2014. internet-law.ru/gosts* Retrieved from <https://internet-law.ru/gosts/gost/3686/> (Accessed 08 November 2024) (in Russ.).

8. Organoleptic analysis. Methodology. Training testers to detect and recognize odors. (2014) *GOST ISO 5496–2014. internet-law.ru/gosts* Retrieved from <https://internet-law.ru/gosts/gost/57840/> (Accessed 08 November 2024) (in Russ.).

© Попова О. М., Галикиева А. Д., 2025

Статья поступила в редакцию 22.01.2025; одобрена после рецензирования 25.02.2025; принята к публикации 03.03.2025.

The article was submitted 22.01.2025; approved after reviewing 25.02.2025; accepted for publication 03.03.2025.

Информация об авторах

Попова Ольга Михайловна, доктор биологических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, ORCID: 0000-0002-3534-5370, Popova@sgau.ru;

Галикиева Аделя Дамировна, аспирант кафедры технологии продуктов питания, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова, ORCID: 0009-0007-2984-0109, adelbasyrova@yandex.ru

Information about the authors

Olga M. Popova, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, ORCID: 0000-0002-3534-5370, Popova@sgau.ru;

Adela D. Galikieva, Postgraduate Student of the Department of Food Technology, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, ORCID: 0009-0007-2984-0109, adelbasyrova@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 66.047.75.4/5

EDN BWPBZV

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-95-105>

Кинетика сушки неподвижного слоя пшеницы

Семён Корнеевич Протасов¹, Андрей Александрович Боровик²,
Алла Мечиславовна Брайкова³

^{1,2,3} Белорусский государственный экономический университет

Минск, Республика Беларусь

¹ semenprotas@mail.ru, ² borovickandrew@yandex.by, ³ braikova_am@bseu.by

Аннотация. Конвективная сушка пшеницы в плотном неподвижном слое происходит неравномерно. Сначала просыхает слой со стороны входа агента сушки, а затем сушатся следующие за ним слои. Изменение влагосодержания зерна по высоте неподвижного слоя зависит от параметров сушильного агента (температуры, относительной влажности и скорости движения по колонне), параметров зерна (влагосодержания в начале сушки, состояния слоя и его начальной температуры) и высоты слоя. Указанные параметры также влияют на скорость сушки зерна и время его сушки. Целью работы явилось определение влияния скорости сушильного агента и начального влагосодержания зерна на скорость и время сушки. В статье приведены результаты исследования конвективной сушки неподвижного слоя пшеницы. Для исследований кинетики сушки пшеницы применен весовой метод. Его сущность заключается в том, что материал вместе с сушилкой периодически отсоединяли от непрерывно работающей установки и взвешивали. Это позволяло определять влагосодержание зерна в момент взвешивания. Изменение влагосодержания пшеницы во времени всего процесса сушки позволяет получить кинетические кривые сушки. Получены графические зависимости времени сушки и скорости сушки в зависимости от начального влагосодержания и скорости сушильного агента. Приведены формулы для расчета времени сушки и максимальной скорости сушки. Установлено, что увеличение скорости сушильного агента незначительно увеличивает скорость и сокращает время сушки пшеницы. Увеличение скорости сушильного агента в 3,5 раза уменьшает время сушки в 1,57 раза. Снижение начального влагосодержания пшеницы в 1,46 раза уменьшает время сушки в 2 раза.

Ключевые слова: сушка, пшеница, неподвижный слой, влагосодержание, время сушки, скорость сушки

Для цитирования: Протасов С. К., Боровик А. А., Брайкова А. М. Кинетика сушки неподвижного слоя пшеницы // Дальневосточный аграрный вестник. 2025. Том 19. № 1. С. 95–105. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2025-19-1-95-105>.

Original article

Kinetics of wheat fixed bed drying

Semyon K. Protasov¹, Andrey A. Borovik², Alla M. Braykova³

^{1,2,3} Belarusian State University of Economics, Minsk, Republic of Belarus

¹ semenprotas@mail.ru, ² borovickandrew@yandex.by, ³ braikova_am@bseu.by

Abstract. Convective drying of wheat in a dense fixed bed occurs unevenly. First, the layer on the side of the drying agent inlet dries, and then the layers following it are dried. Changes in grain moisture content along the height of the fixed bed depend on the drying agent parameters (temperature, relative humidity and speed of movement along the column), grain parameters (moisture content at the beginning of drying, layer condition and its initial temperature) and the layer height. These parameters also affect the grain drying rate and drying time. The aim of the

work is to determine the effect of the drying agent speed and the initial moisture content of the grain on the drying rate and time. The article presents the results of a study of convective drying of a fixed layer of wheat. A gravimetric method was used to study the kinetics of wheat drying. The essence of the method was that the material together with the dryer was periodically disconnected from the continuously operating unit and weighed. This made it possible to determine the moisture content of the grain at the time of weighing. The change in the moisture content of wheat over time during the entire drying process allows us to obtain kinetic drying curves. Graphic dependences of the drying time and drying rate depending on the initial moisture content and the drying agent speed are obtained. Formulas for calculating the drying time and maximum drying speed are given. It has been established that an increase in the drying agent speed slightly increases the drying rate and reduces the drying time of wheat. Increasing the drying agent speed by 3.5 times reduces the drying time by 1.57 times. Reducing the initial moisture content of wheat by 1.46 times reduces the drying time by 2 times.

Keywords: drying, wheat, fixed bed, moisture content, drying time, drying speed

For citation: Protasov S. K., Borovik A. A., Braykova A. M. Kinetics of wheat fixed bed drying. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2025;19;1:95–105. (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2024-19-1-95-105>.

Введение. Размеры оборудования и его производительность зависят от важнейшего технологического параметра процесса сушки – времени сушки. Время сушки зерна зависит от сорта пшеницы, ее начальной влажности, температуры и скорости движения теплоносителя. Известны экспериментальные исследования кинетики сушки пшеницы различных сортов [1–9].

Чтобы определить основные закономерности кинетики сушки, необходимо проводить процесс при постоянных параметрах сушильного агента (температура и относительная влажность) в течение всего процесса сушки. Конвективная сушка пшеницы в плотном неподвижном слое большой толщины происходит неравномерно. Вначале просыхает нижний слой со стороны входа агента сушки, а затем сушатся следующие по высоте за ним слои.

Целью работы явилось определение влияния скорости сушильного агента и начального влагосодержания зерна на кинетику конвективной сушки неподвижного слоя зерна пшеницы, а также установление скорости сушки и времени сушки до равновесного влагосодержания зерна при условиях его хранения.

Материалы и методика исследований. Объектом исследований стало зерно пшеницы сорта Батько. Исследования проведены весовым методом [10, 11].

Для исследования кинетики конвективной сушки зерна весовым методом разработана лабораторная установка (рис. 1).

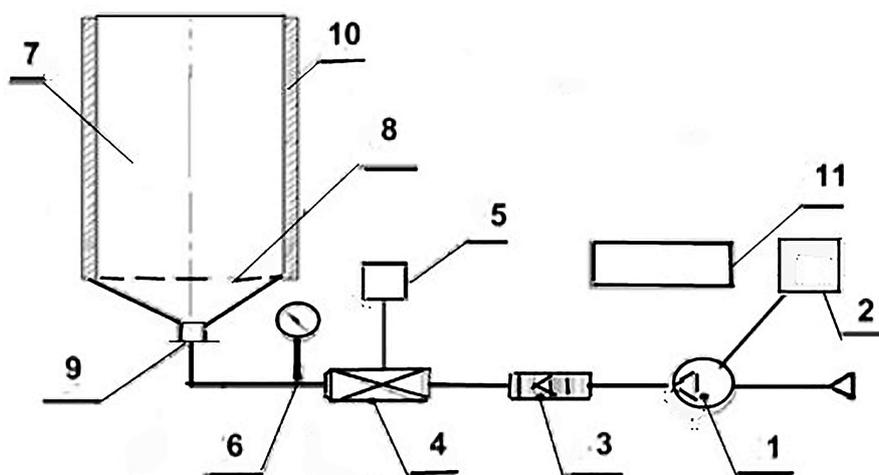
Принцип работы установки. Атмосферный воздух воздуходувкой 1 подается в электрический калорифер 4. Расход воздуха регулируется автотрансформатором 2 и измеряется расходомером 3. В калорифере воздух нагревается до необходимой температуры, которая контролируется термометром 6 и регулируется с помощью лабораторного автотрансформатора 5. Нагретый воздух (сушильный агент) поступает снизу в сушилку с влажным зерном 7, проходит через слой влажного зерна, удаляет влагу из него, а затем выходит в атмосферу.

Перед началом исследований определяют влагосодержание влажного зерна (начальное влагосодержание) (U_n). Для этого из партии зерна для исследований выбирают три навески небольшой массы (порядка 5 грамм) и определяют их начальные массы (m_n) с точностью до 0,01 г.

Навески помещают в сушильный шкаф и сушат при температуре 100 °С. Периодически (через 5 минут) их достают из шкафа и взвешивают. Когда масса каждой навески не меняется в течение трех последовательных взвешиваний, то ее принимают как массу сухого зерна ($m_{сух}$). Окончательную массу сухого зерна принимают как среднее арифметическое трех навесок.

Начальное влагосодержание влажного зерна рассчитывают по формуле (1):

$$U_n = \frac{m_n - m_{сух}}{m_{сух}} \quad (1)$$



1 – воздуходувка; 2 – лабораторный автотрансформатор; 3 – расходомер воздуха; 4 – электрический калорифер; 5 – лабораторный автотрансформатор; 6 – термометр; 7 – сушилка; 8 – опорная решетка; 9 – разъемное устройство; 10 – теплоизоляция; 11 – весы
 1 – air blower; 2 – laboratory autotransformer; 3 – air flow meter; 4 – electric heater; 5 – laboratory autotransformer; 6 – thermometer; 7 – dryer; 8 – support grid; 9 – connector device; 10 – thermal insulation; 11 – scales

Рисунок 1 – Схема лабораторной установки
Figure 1 – Laboratory setup diagram

Последовательность проведения исследований. Включаем воздуходувку 1 и с помощью автотрансформатора 2 устанавливаем необходимый расход воздуха по показаниям прибора 3. Включаем электрический калорифер 4 и устанавливаем необходимую температуру воздуха с помощью автотрансформатора 5 и термометра 6. Определяем массу сушилки ($M_{\text{суш}}$) на весах 11 с точностью 0,01 г. Заполняем сушилку влажным зерном с влагосодержанием U_n . Измеряем высоту слоя зерна и определяем общую массу сушилки с зерном ($M_{\text{общ}}$).

Тогда начальную массу влажного зерна для исследований рассчитываем по формуле (2), а массу сухой части зерна – по формуле (3):

$$M_n = M_{\text{общ}} - M_{\text{суш}} \quad (2)$$

$$M_{\text{сух}} = \frac{M_n}{U_n + 1} \quad (3)$$

Устанавливаем необходимые расход и температуру воздуха. Сушилку с влажным зерном помещаем в разъемное устройство 9 и фиксируем время начала сушки. Через несколько минут сушилку отсоединяем от разъемного устройства и

взвешиваем, определив ее общую массу, а затем быстро устанавливаем ее на прежнее место. При необходимости корректируем расход и температуру воздуха.

Влагосодержание зерна в момент времени взвешивания рассчитываем по формуле (4):

$$U_n = M_n - M_{\text{сух}} \quad (4)$$

где U_n – влагосодержание зерна в n -й момент времени, кг/кг;

M_n ($M_{\text{общ}} - M_{\text{суш}}$) – масса влажного зерна в n -й момент времени, кг;

$M_{\text{сух}}$ – масса сухой части зерна, кг.

Следующие измерения влагосодержания зерна проводим через выбранные заранее промежутки времени. Заканчиваем опыт, когда влагосодержание зерна достигнет равновесного значения (0,12 кг/кг), соответствующего условиям длительного хранения зерна пшеницы [4].

При анализе кинетики сушки следует учитывать, что весовой метод позволяет определить среднее по объему влагосодержание зерна (среднее по высоте слоя). По полученным значениям влагосодержания зерна и соответствующим им време-

нам сушки строим графическую зависимость влагосодержания зерна от времени сушки (кривую сушки).

С помощью кривой сушки определяем продолжительность (время) сушки зерна до равновесного состояния 0,12 кг/кг. Графическим дифференцированием кривой сушки получаем изменение скорости сушки в зависимости от влагосодержания зерна (кривую скорости сушки).

Результаты исследований и их обсуждение. Ранее авторами проведены исследования влияния температуры сушильного агента на кинетику конвективной сушки неподвижного слоя зерна пшеницы сорта Батько [11].

Влияние скорости сушильного агента (нагретого воздуха) проводили при температуре воздуха на входе в сушилку 70 °С, начальном влагосодержании 0,212 кг/кг и высоте слоя зерна 100 мм. Скорость воздуха изменяли от 0,2 до 0,7 м/с.

На рисунке 2 показаны кинетические кривые сушки для зерен пшеницы при пяти скоростях нагретого воздуха. Можно видеть, что с увеличением скорости сушильного агента время сушки уменьшается.

С помощью кривых сушки определено время сушки пшеницы до конечного влагосодержания 0,12 кг/кг, что на 0,02 кг/кг ниже кондиционной влажно-

сти зерна для обеспечения длительного хранения [4]. По указанным данным построена зависимость времени сушки пшеницы от скорости воздуха (рис. 3). Расчеты показывают, что с увеличением скорости воздуха в 3,5 раза время сушки уменьшается всего в 1,57 раза.

В результате математического анализа данных (рис. 3), выполненного средствами MS Excel, получена следующая линейная зависимость для определения времени сушки пшеницы при скоростях воздуха от 0,2 до 0,7 м/с:

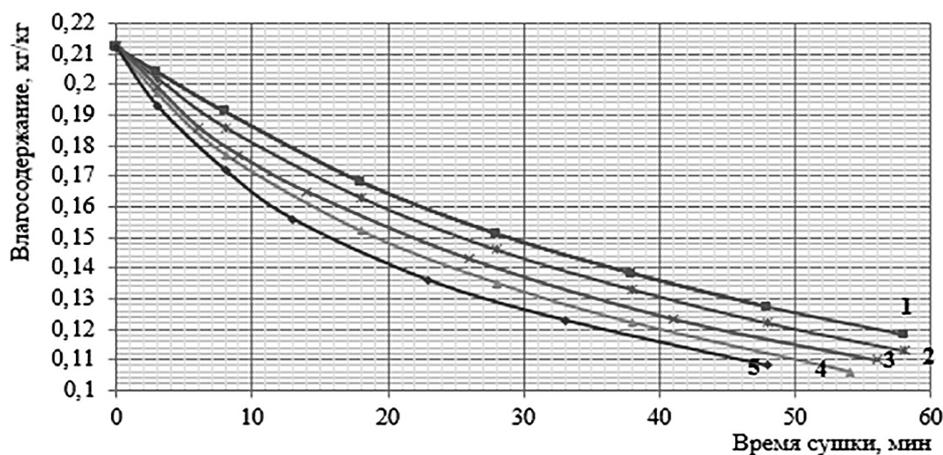
$$\tau = -37,979 \cdot \omega + 61,979 \quad (5)$$

где τ – время сушки, мин;
 ω – скорость воздуха, м/с.

Коэффициент детерминации зависимости (5) составил 0,9955.

Кривые сушки (рис. 2) обработаны с использованием методики, представленной в работе [11]. Таким образом, получены кривые скорости сушки для тех же скоростей воздуха (рис. 4).

Анализ кривых (рис. 2 и 4) показывает, что при всех скоростях воздуха скорость сушки в течение 3,5 минут резко возрастает до своего максимального значения. В это время идет прогрев зерен пшеницы, удаляется механически связан-



1 – 0,2; 2 – 0,3; 3 – 0,43; 4 – 0,55; 5 – 0,7 м/с

1 – 0.2; 2 – 0.3; 3 – 0.43; 4 – 0.55; 5 – 0.7 m/s

Рисунок 2 – Зависимости влагосодержания зерен пшеницы от времени сушки (кривые сушки) для скоростей воздуха

Figure 2 – Dependence of moisture content of wheat grains on drying time (drying curves) for air speeds

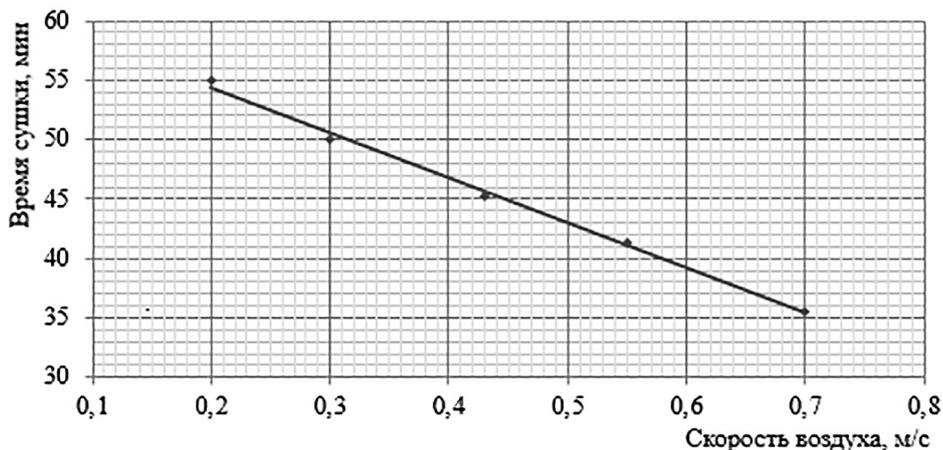
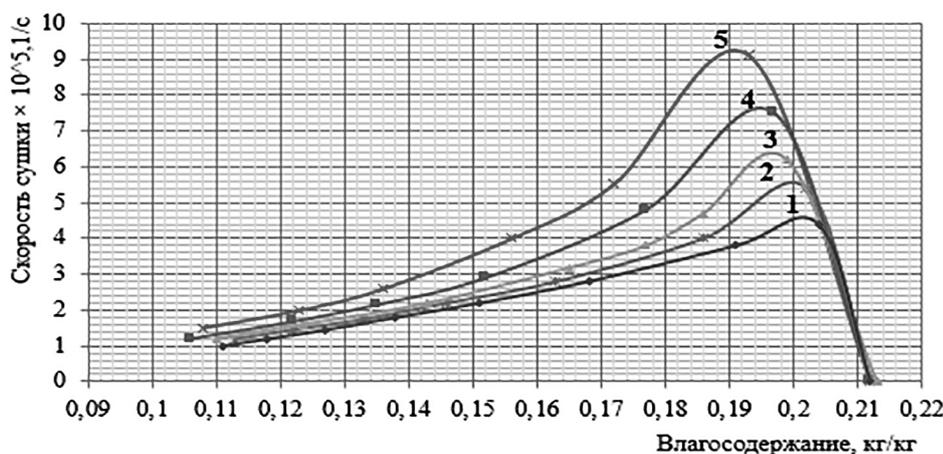


Рисунок 3 – Зависимость времени сушки зерен пшеницы от скорости воздуха
Figure 3 – Dependence of wheat grain drying time on air speed



1 – 0,2; 2 – 0,3; 3 – 0,43; 4 – 0,55; 5 – 0,7 м/с
 1 – 0.2; 2 – 0.3; 3 – 0.43; 4 – 0.55; 5 – 0.7 m/s

Рисунок 4 – Кривые скорости сушки зерен пшеницы для различных скоростей воздуха
Figure 4 – Wheat grain drying rate curves for different air speeds

ная влага, покрывающая поверхность зерен. Затем сразу наступает второй период падающей скорости сушки. Для него характерно удаление внутренней влаги зерен. По мере удаления внутренней влаги давление водяного пара над поверхностью зерен уменьшается, приближаясь в пределе к величине парциального давления паров воды в сушильном агенте. Следовательно, движущая сила процесса сушки уменьшается, приближаясь к нулю, и скорость процесса асимптотически приближается к нулю.

Таким образом, при сушке пшеницы после прогрева материала первый период сушки практически не наблюдается,

а процесс протекает во втором периоде сушки (рис. 4).

Следует отметить и то, что значительное увеличение скорости движения сушильного агента не приводит к столь же резкому снижению времени сушки (рис. 2). Это обусловлено тем, что большую часть времени сушка материала происходит во втором периоде, где влага диффундирует из глубины зерна к его поверхности. Поэтому движение сушильного агента практически не влияет на скорость внутренней диффузии, а, значит, и время сушки.

С помощью рисунка 4 определены максимальные скорости сушки для всех исследуемых скоростей воздуха. Постро-

ена зависимость максимальной скорости сушки от скорости воздуха (рис. 5). Чем выше скорость сушильного агента, тем больше максимальная скорость сушки пшеницы. При увеличении скорости воздуха в 3,5 раза максимальная скорость сушки увеличивается в 2 раза.

В результате математического анализа данных (рис. 5), выполненного средствами MS Excel, получена линейная зависимость для определения максимальной скорости сушки пшеницы при скоростях воздуха от 0,2 до 0,7 м/с:

$$N_{\text{макс}} = (9,3532 \cdot \omega + 2,532) \cdot 10^{-5} \quad (6)$$

где $N_{\text{макс}}$ – максимальная скорость сушки, 1/с;
 ω – скорость воздуха, м/с.

Коэффициент детерминации зависимости (6) составляет 0,9968.

Влияние начального влагосодержания зерен пшеницы на кинетику и время сушки проводили при постоянной температуре воздуха на входе в сушилку 70 °С, скорости воздуха 0,7 м/с и высоте слоя 100 мм. Опыты проводили при влагосодержании пшеницы, составляющей 0,19; 0,216; 0,25 и 0,277 кг/кг.

Для получения необходимого для проведения опытов начального влагосодержания исходное зерно замачивали водой. Для опытов отбирали необходимое количество исходного зерна, определяли его массу (M_3) и по методике, представленной в работе [11], находили его вла-

госодержание ($U_{\text{исх}}$). Затем рассчитывали массу сухой части исходного зерна ($M_{\text{сух}}$):

$$M_{\text{сух}} = \frac{M_3}{1 + U_{\text{исх}}} \quad (7)$$

Чтобы получить необходимое для конкретного опыта начальное влагосодержание ($U_{\text{нач}}$), зерно с влагосодержанием ($U_{\text{исх}}$) и массой (M_3) замачивали водой. Количество добавляемой воды рассчитывали по формуле (8):

$$M_{\text{вод.д}} = \frac{(U_{\text{нач}} - U_{\text{исх}}) \cdot M_3}{1 + U_{\text{исх}}} \quad (8)$$

где $M_{\text{вод.д}}$ – масса добавленной воды, г;
 $U_{\text{нач}}$ – необходимое для опыта начальное влагосодержание зерна, кг/кг;
 $U_{\text{исх}}$ – влагосодержание зерна, которое берется для замачивания, кг/кг;
 M_3 – масса зерна, взятого для исследований, г.

Затем замоченное зерно помещали в герметичную емкость и перемешивали. Для равномерного распределения влаги зерно выдерживали в течение шести суток, периодически перемешивая. После выдержки зерно опять взвешивали и получали конечную массу зерна ($M_{3,\text{кон}}$), с помощью которой определяли действительное начальное влагосодержание зерна:

$$U_{\text{нач}}^{\Delta} = \frac{M_{3,\text{кон}}}{M_{\text{сух}}} - 1 \quad (9)$$

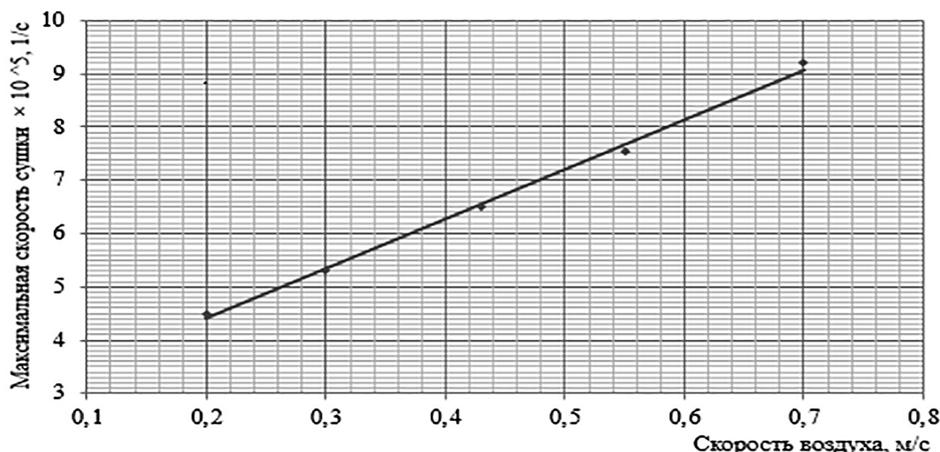


Рисунок 5 – Зависимость максимальной скорости сушки зерен пшеницы от скорости воздуха

Figure 5 – Maximum wheat grain drying rate as a function of air speed

Влияние начального влагосодержания пшеницы на кинетику сушки представлено в виде кривых сушки (рис. 6). Как видно, с увеличением влагосодержания продолжительность сушки пшеницы увеличивается.

С помощью кривых сушки определено время сушки зерен до конечного влагосодержания 0,12 кг/кг для каждого начального влагосодержания. По полученным данным построена графическая зависимость времени сушки от начального влагосодержания (рис. 7). Согласно расчету, при увеличении начального влагосодержания в 1,46 раза время сушки пшеницы увеличивается в 2 раза.

В результате математического анализа данных (рис. 7), выполненного средствами MS Excel, получена линейная зависимость для определения времени сушки пшеницы при изменении начального влагосодержания от 0,19 до 0,277 кг/кг:

$$\tau = 259U_{\text{нач}} - 26,813 \quad (10)$$

где τ – время сушки зерна, мин;
 $U_{\text{нач}}$ – начальное влагосодержание зерна, кг/кг.

Коэффициент детерминации зависимости (10) равен 0,9955. С использованием методики, представленной в работе [11], обработаны кривые сушки (рис. 6) и полу-

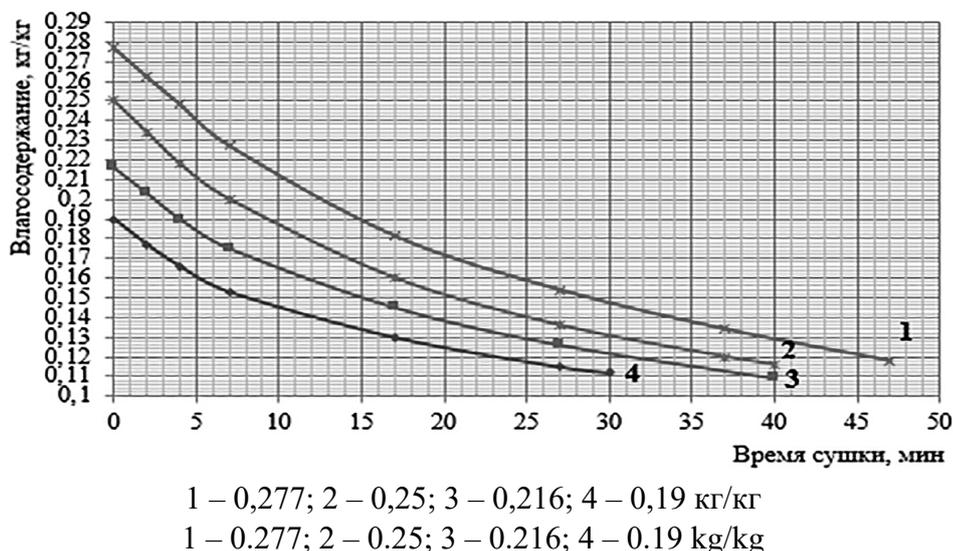


Рисунок 6 – Кривые сушки при начальном влагосодержании зерен пшеницы
 Figure 6 – Drying curves at initial moisture content of wheat grains

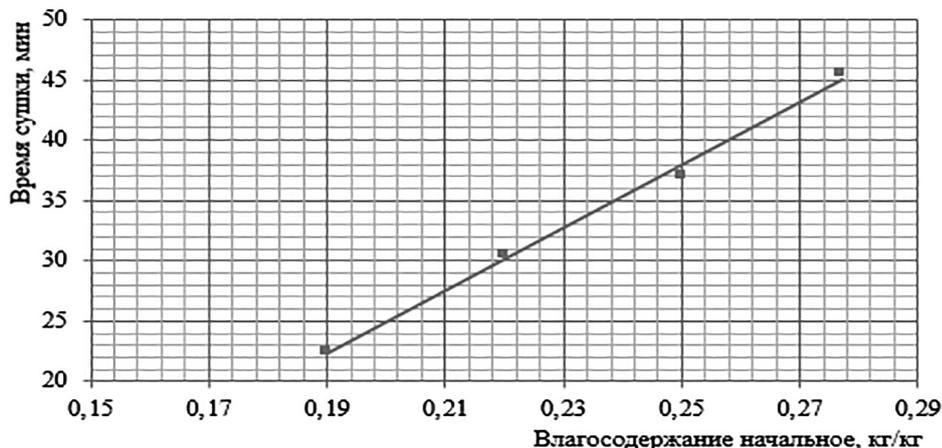


Рисунок 7 – Зависимость времени сушки зерен пшеницы от начального влагосодержания
 Figure 7 – Dependence of the wheat grain drying time on the initial moisture content

чены кривые скорости сушки при тех же значениях начального влагосодержания. Они показаны на рисунке 8.

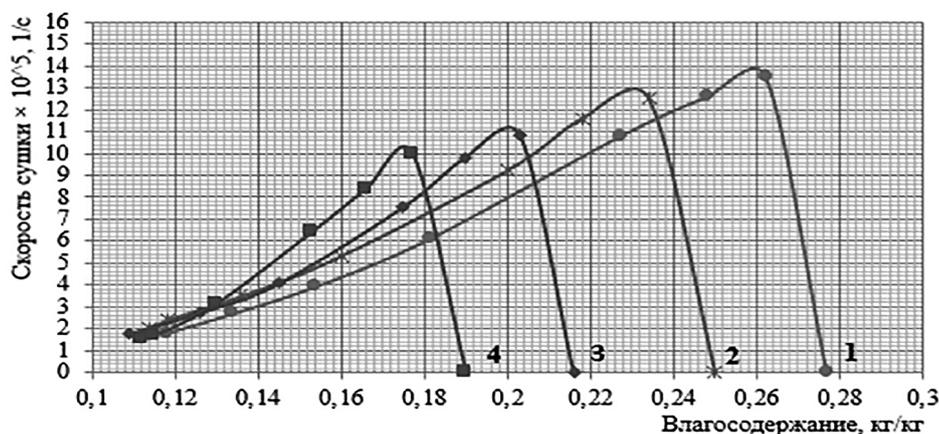
Анализ кривых скорости сушки позволяет сделать вывод, что при всех значениях начального влагосодержания скорость сушки в течение двух минут резко возрастает, достигая своего максимального значения. Резкое возрастание скорости сушки обусловлено тем, что в периоде прогрева испаряется свободная влага с поверхности материала и наименее связанная влага, находящаяся вблизи поверхности зерен. После прогрева следует плавное снижение скорости сушки до

минимального значения, то есть наступает второй период сушки.

С помощью рисунка 8 определены максимальные скорости сушки для исследуемых значений начального влагосодержания. На рисунке 9 приведена зависимость максимальной скорости сушки от начального влагосодержания зерен.

Из графика видно, что при увеличении начального влагосодержания в 1,46 раза максимальная скорость сушки увеличивается в 1,35 раза.

В результате математического анализа данных (рис. 9), выполненного средствами MS Excel, получена линейная зави-



1 – 0,277; 2 – 0,25; 3 – 0,216; 4 – 0,19 кг/кг

1 – 0,277; 2 – 0,25; 3 – 0,216; 4 – 0,19 kg/kg

Рисунок 8 – Кривые скорости сушки зерен пшеницы при начальном влагосодержании
Figure 8 – Curves of the wheat grain drying rate at the initial moisture content

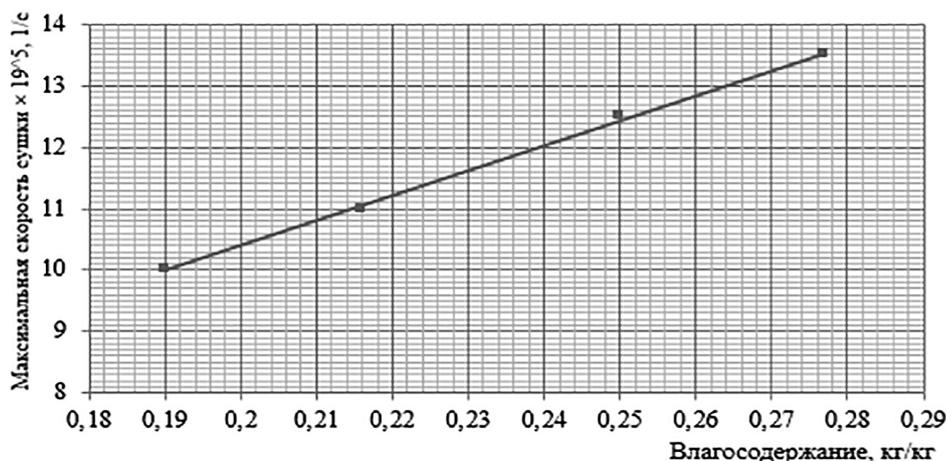


Рисунок 9 – Зависимость максимальной скорости сушки пшеницы от начального влагосодержания

Figure 9 – Dependence of the maximum drying rate of wheat on the initial moisture content

симось для определения максимальной скорости сушки пшеницы при изменении начального влагосодержания от 0,19 до 0,277 кг/кг:

$$N_{\text{макс}} = (40,743 \cdot U_{\text{нач}} + 2,2468) \cdot 10^{-5} \quad (11)$$

где $N_{\text{макс}}$ – максимальная скорость сушки зерна, 1/с;

$U_{\text{нач}}$ – начальное влагосодержание зерна, кг/кг.

Коэффициент детерминации зависимости (11) составляет 0,9989.

Заключение. Получены кинетические кривые сушки и кривые скорости сушки для скоростей сушильного агента от 0,2 до 0,7 м/с. Определено время сушки пшеницы при этих скоростях. Установлено, что при увеличении скорости сушиль-

ного агента в 3,5 раза время сушки пшеницы уменьшается лишь в 1,57 раза.

Получены эмпирические формулы для расчета времени сушки и максимальной скорости сушки в зависимости от скорости сушильного агента.

Определено влияние начального влагосодержания зерен пшеницы на кривые сушки и кривые скорости сушки. Установлено, что с увеличением начального влагосодержания зерен пшеницы от 0,19 до 0,277 кг/кг (в 1,46 раза) время сушки увеличивается в 2 раза, при этом максимальная скорость сушки увеличивается только в 1,35 раза.

Получены эмпирические формулы для расчета времени сушки и максимальной скорости сушки в зависимости начального влагосодержания.

Список источников

1. Богданов С. И., Дарманян А. П., Маркин М. А. Исследование и математическое моделирование кинетики сушки зерна озимой пшеницы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 439–448. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-54. EDN JLHWWI.
2. Васильев А. Н., Васильев А. А., Цымбал А. А. Моделирование СВЧ-конвективной сушки зерна при движении его в активной зоне // Инновации в сельском хозяйстве. 2019. № 3 (32). С. 319–329. EDN TILMME.
3. Голованчиков А. Б., Меренцов Н. А., Балашов В. А. Оценка влияния обратного перемешивания сушильного агента на технологические и геометрические параметры барабанной сушилки // Химическая промышленность сегодня. 2017. № 5. С. 50–56. EDN ZXYNBX.
4. Разворотнев А. С., Гавриченко Ю. Д., Кечкин И. А. Режимы хранения и вентилирования зерна пшеницы в металлических силосах большой вместимости // Хлебопродукты. 2017. № 11. С. 57–59. EDN ZQOCON.
5. Зерновые культуры. Выращивание, уборка, доработка и использование / под ред. Д. Шпаара. М. : ДЛВ Агродело, 2016.
6. Бузоверов С. Ю., Лобанов В. И., Протасов Н. С. Влияние степени увлажнения зерна в процессе гидротермической обработки на качество и выход муки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1 (159). С. 172–176. EDN YNHDHD.
7. Тертычная Т. Н., Шевцов А. А., Куликов С. С. Экспериментально-статистическое исследование процесса сушки зерна тритикале при противоточно-прямоточном продувании зернового слоя // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. Т. 82. № 4 (86). С. 38–46. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-38-46. EDN RXIKNP.
8. Воронова Е. В., Павлов И. О., Гладких Т. В. Результат моделирования процесса сушки дисперсных сред // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2012. № 3 (67). С. 207–211. EDN PYPFKZ.
9. Загоруйко М. Г., Павлов С. А. Исследование кинетики досушки зерна на складе // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 87–89. doi: 10.28983/asj.y2020i12pp87-89. EDN SIDKZL.

10. Протасов С. К., Боровик А. А., Брайкова А. М. Новая весовая методика исследования кинетики конвективной сушки // Химическая промышленность. 2021. № 3 (98). С. 148–152. EDN DCWJYD.

11. Протасов С. К., Боровик А. А., Брайкова А. М. Сушка неподвижного слоя пшеницы весовым методом // Мичуринский агрономический вестник. 2024. № 2. С. 14–19.

References

1. Bogdanov S. I., Darmanyany A. P., Markin M. A. Research and mathematical modeling of the kinetics of drying winter wheat grain. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*, 2022;2(66):439–448. doi: 10.32786/2071-9485-2022-02-54. EDN JLHWWI (in Russ.).

2. Vasiliev A. N., Vasiliev A. A., Tsymbal A. A. Modeling of microwave convective drying of grain during its movement in the active zone. *Innovatsii v sel'skom khozyaistve*, 2019;3(32): 319–329. EDN TILMME (in Russ.).

3. Golovanchikov A. B., Merentsov N. A., Balashov V. A. Evaluation of the influence of reverse mixing of the drying agent on the technological and geometric characteristics of a drum dryer. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya*, 2017;5:50–56. EDN ZXYNBX (in Russ.).

4. Razvorotnev A. S., Gavrichenkov Yu. D., Kechkin I. A. Storage and ventilation modes of wheat grain in large-capacity metal silos. *Khleboпродукты*, 2017;11:57–59. EDN ZQOCON (in Russ.).

5. Shpaar D (Eds.). *Grain crops. Growing, harvesting, processing and use*, Moscow, DLV Agrodelo, 2016 (in Russ.).

6. Buzoverov S. Yu., Lobanov V. I., Protasov N. S. Influence of the degree of grain moisture during hydrothermal treatment on the quality and yield of flour. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018;1(159):172–176. EDN YNHDHD (in Russ.).

7. Tertychnaya T. N., Shevtsov A. A., Kulikov S. S. Experimental and statistical study of the process of drying triticale grain with counter-current-direct-flow blowing of the grain layer. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii*, 2020;82;4(86): 38–46. doi: 10.20914/2310-1202-2020-4-38-46. EDN RXIKNP (in Russ.).

8. Voronova E. V., Pavlov I. O., Gladkikh T. V. Result of modeling the drying process of dispersed media. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2012;3 (67):207–211. EDN PYPFKZ (in Russ.).

9. Zagoruiko M. G., Pavlov S. A. Study of the kinetics of grain drying in a warehouse. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal*, 2020;12:87–89. doi: 10.28983/asj.y2020i12pp87-89. EDN SIDKZL (in Russ.).

10. Protasov S. K., Borovik A. A., Braykova A. M. New gravimetric method for studying the kinetics of convective drying. *Khimicheskaya promyshlennost'*, 2021;3(98):148–152. EDN DCWJYD (in Russ.).

11. Protasov S. K., Borovik A. A., Braykova A. M. Drying a fixed layer of wheat by the gravimetric method. *Michurinskii agronomicheskii vestnik*, 2024;2:14–19 (in Russ.).

© Протасов С. К., Боровик А. А., Брайкова А. М., 2025

Статья поступила в редакцию 20.02.2025; одобрена после рецензирования 12.03.2025; принята к публикации 14.03.2025.

The article was submitted 20.02.2025; approved after reviewing 12.03.2025; accepted for publication 14.03.2025.

Информация об авторах

Протасов Семен Корнеевич, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный экономический университет, Author ID: 844841, semenprotas@mail.ru;

Боровик Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, Белорусский государственный экономический университет, Author ID: 802048, borovickandrew@yandex.by;

Брайкова Алла Мечиславовна, кандидат химических наук, доцент, Белорусский государственный экономический университет, Author ID: 849333, braikova_am@bseu.by

Information about the authors

Semyon K. Protasov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belarusian State University of Economics, Author ID: 844841, semenprotas@mail.ru;

Andrey A. Borovik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Belarusian State University of Economics, Author ID: 802048, borovickandrew@yandex.by;

Alla M. Braykova, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Belarusian State University of Economics, Author ID: 849333, braikova_am@bseu.by

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, сельскохозяйственные науки).
- 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки).
- 4.3.3. 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, полусторонним 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 аннотации 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 редактор 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 (закljučаются 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.

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