

Научная статья

УДК 633.16:631.527:631.526.32:581.543(470.311)

EDN RVKFVI

DOI: 10.22450/19996837_2023_3_14

Влияние погодных условий и азотного питания на показатели экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, созданных в Подмоскowie

Иван Александрович Дедушев¹, Любовь Михайловна Ерошенко²,
Максим Михайлович Ромахин³, Михаил Александрович Болдырев⁴,
Виктория Валерьевна Ромахина⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Федеральное исследовательское центр «Немчиновка»,

Московская область, Одинцово, Россия

¹ dedushev_95@mail.ru, ² eroshenko.lm@yandex.ru, ³ rmax1@ya.ru,

⁴ mbold1911@yandex.ru, ⁵ rmax1@ya.ru

Аннотация. Исследования проводились в 2020–2022 гг. на базе Федерального исследовательского центра «Немчиновка» в целях выявления особенностей накопления в зависимости от гидротермических условий вегетационного периода экстрактивных веществ в зерне сортов ярового ячменя различного целевого использования. Одновременно выяснялась возможность за счет усиления фона азотного питания улучшать их пищевые или фуражные свойства. Полевые трехфакторные опыты поставлены методом расщепленных делянок; повторность двукратная; площадь делянки 12 м². Установлено, что определяющее влияние на формирование показателя экстрактивности оказывал фактор «год» (50,16 %), а достоверность влияния взаимодействия факторов свидетельствовала о возможности его повышения за счет рационального применения азотного удобрения и использования адаптивных сортов. В благоприятном по влагообеспеченности 2020 г. на фонах азотного питания сформировалось зерно с одинаковой высокой средней величиной экстрактивности (80,6 %). В засушливых условиях (2021–2022 гг.) отмечалось снижение средних значений показателей до 77,8–79,6 % и уменьшение уровня экстрактивных веществ в зерне после дополнительного внесения азотного удобрения. Сравнение изучаемых сортов по содержанию экстрактивных и белковых веществ в зерне, накопленному на умеренном и повышенном уровне азотного питания, дало основание дифференцировать изучаемые сорта как пивоваренные, крупяные и кормовые. У сортов целевого использования на вариантах опыта по содержанию экстрактивных веществ в зерне выявлены заметные различия. Показатель гомеостатичности, учитывающий уровень и стабильность технологического показателя в группе пивоваренных ячменей, выделил сорт Надежный (1 568,94), в кормовой группе – сорт Яромир (1 692,22), в крупяной группе – сорта Раушан и Нур (1 779,80–1 833,72). Комплексный рейтинг основных хозяйственно важных признаков качества подтвердил высокую коммерческую ценность сортов Надежный, Яромир и Раушан для целевого использования в интенсивных технологиях.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорта, погодные условия, экстрактивность, азотное питание, стабильность показателя

Для цитирования: Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Болдырев М. А., Ромахина В. В. Влияние погодных условий и азотного питания на показатели экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, созданных в Подмоскowie // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 14–26. doi: 10.22450/19996837_2023_3_14.

Original article

Influence of weather conditions and nitrogen nutrition on grain extractivity indicators of spring barley varieties developed in the Moscow region

Ivan A. Dedushev¹, Lyubov M. Eroshenko², Maxim M. Romakhin³,

Mikhail A. Boldyrev⁴, Viktoria V. Romakhina⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow region, Odintsovo district, Russia

¹ dedushev_95@mail.ru, ² eroshenko.lm@yandex.ru, ³ rmax1@ya.ru,

⁴ mbold1911@yandex.ru, ⁵ rmax1@ya.ru

Abstract. Studies were conducted in 2020–2022 at the Federal Research Center "Nemchinovka" to identify the peculiarities of accumulation depending on hydrothermal conditions of the growing season of extractive substances in the grain of spring barley varieties of different intended use. At the same time, the possibility to improve their nutritional or forage properties by increasing the nitrogen nutrition background was found out. Three-factor field experiments were conducted by the split plot method, the repetition was double, and the plot area was 12 m². It was established that the decisive influence on the formation of the extractivity index had the factor "year" – 50,16 %, and the reliability of the influence of interaction between the factors indicated the possibility of increasing it through the rational use of nitrogen fertilizer and the use of adaptive varieties. In 2020, favorable in terms of moisture, against the background of nitrogen nutrition, grain was formed with the same high average extractivity value (80.6 %). Under dry conditions (2021–2022) there was a decrease in the average values of the indicators to 77.8–79.6 % and a decrease in the level of extractive substances in the grain after additional nitrogen fertilization. Comparison of the studied varieties by the content of extractive and protein substances in grain, accumulated at moderate and increased level of nitrogen nutrition, gave us grounds to differentiate the studied varieties as brewing, groats and fodder. In the varieties of target use in the variants of experience on the content of extractive substances in the grain, marked differences were revealed. The homeostability indicator, which takes into account the level and stability of the technological indicator in the brewing barley group has allocated the variety Nadezhnyi (1 568,94), in the forage group – the variety Yaromir (1 692,22), in the groats group – the varieties Raushan and Nur (1 779,80–1 833,72). The complex rating of the main economically important quality traits confirmed the high commercial value of varieties Nadezhnyi, Yaromir and Raushan for targeted use in intensive technologies.

Keywords: spring barley, varieties, weather conditions, extractive capacity, nitrogen nutrition, indicator stability

For citation: Dedushev I. A., Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Boldyrev M. A., Romakhina V. V. Vliyaniye pogodnykh usloviy i azotnogo pitaniya na pokazateli ekstraktivnosti zerna sortov yarovogo yachmenya, sozdannykh v Podmoskov'e [Influence of weather conditions and nitrogen nutrition on grain extractivity indicators of spring barley varieties developed in the Moscow region]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 14–26. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837_2023_3_14.

Введение. Ячмень, являясь незаменимым сырьем для производства солода и пива, комбикормов для всех видов животных, а также перловой и ячневой крупы, остается главной продовольственной и кормовой культурой. Улучшенные сорта ярового ячменя целевого использования выступают в качестве наиболее важных и экономически значимых ресурсов для удовлетворения спроса перерабатывающих предприятий полноценным сырьем [1].

При использовании интенсивных технологий возделывания эффективным средством повышения адаптивного потенциала и улучшения качества зерна ячменя считается оптимизация режима азотного питания [2, 3], позволяющая с увеличени-

ем биомассы растений изменять направления биохимических процессов, связанных с формированием качества зерна ячменя для целевого использования [4, 5].

К наиболее важным биохимическим показателям, между которыми существует достаточно сильная взаимосвязь, относятся «содержание белка» и «экстрактивность», степень соответствия которых в зерне ячменя при целевом использовании сортов регламентируется национальными стандартами, а также функциональными признаками качества, ценными с точки зрения потребителя.

Важно подчеркнуть, что к зерну ячменя, предназначенному для пивоварения, предъявляют особые требования по показателю экстрактивности и массовой доли

белка в перерасчете на сухое вещество, предписанные государственным стандартом ГОСТ 5060–2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». Согласно национальному стандарту, лучшие пивоваренные сорта должны обеспечивать выход экстракта не менее 75,0–78,0 % и формировать содержание белка в зерне на уровне 11,5–12,0 %. Однако, для современных пивоваров более ценны сорта с экстрактивностью более 80 %, а количеством белка менее 11,5 % [6].

В свою очередь, показатели экстрактивности и сырого протеина при использовании ячменя на продовольственные или фуражные цели, ГОСТ 28672–2019 «Ячмень. Технические условия» не оговариваются, но являются важнейшими факторами, характеризующими пищевую и кормовую ценность зерна.

Наряду с этим необходимо иметь в виду, что сорта ярового ячменя различного целевого использования неодинаково реагируют на агротехнические мероприятия, особенно на внесение различных доз азотного удобрения. Так, в исследованиях авторов работы [7] отмечается, что при формировании показателей качества у пивоваренного ячменя Надежный под влиянием минерального удобрения с повышением урожайности происходило закономерное, однако незначительное повышение содержания белка в зерне, которое на разных фонах азотного питания в годы проведения эксперимента не превышало ограничительные нормы. При выращивании сортов универсального и кормового направления Владимир и Яромир в таких же условиях было получено зерно с высоким уровнем белка, более пригодное для использования на продовольственные или фуражные цели. Характерно также, что испытанные дозы азотного удобрения не ухудшали такой качественный показатель как экстрактивность, и у всех сортов он соответствовал уровню пивоваренного ячменя.

В связи с бесспорным влиянием азотных удобрений на величину и качество урожая в зависимости от сорта и целей использования ячменя предусматривается дифференцированный подход к уровню минерального питания [8].

Поэтому технология возделывания пивоваренного ячменя в рамках экономи-

чески оправданных затрат должна обеспечивать высокую урожайность и получение зерна с оптимально низким содержанием белковых веществ и высоким уровнем экстрактивности. А при рациональном подходе к выращиванию ячменя для кормовых или крупяных целей необходимо делать ставку на повышение урожайности, содержание белка и безазотистых экстрактивных веществ в зерне.

Наиболее важным показателем, в значительной степени влияющим на эффективность технологических процессов при производстве пивоваренного сырья, выступает экстрактивность ячменного зерна. Показатель экстрактивности, используемый для оценки пивоваренных качеств зерна ячменя, представляет количество веществ, выраженных в процентах (крахмала, пентозанов и других некрахмалистых полисахаридов), способных раствориться и превратиться в сусло, которое будет использоваться для приготовления пива. При откорме животных безазотистые экстрактивные вещества, в первую очередь сахара и крахмал, являются существенным источником образования жира. От процентного содержания их в зерне в большой степени зависит энергетическая питательность кормов. Экстрактивные вещества в организме человека выполняют важную функцию по пополнению запасов энергии, а ценные биологически активные β -глюканы, в достаточном количестве содержащиеся в ячменной крупе, укрепляют иммунитет.

Величина, диапазон изменчивости и вариабельность изучаемого показателя экстрактивности в известной мере определяются природно-климатическими условиями в годы проведения исследований, сортовыми различиями, технологиями возделывания ячменя.

Имеются сведения о существенном воздействии фактора «условия года» на признак экстрактивности сортов ячменя. По данным, содержащимся в работах [9, 10, 11], вклад погодных условий в формирование показателя отмечался в пределах от 36,3 до 81,3 %. Небезызвестно также, что при дефиците влаги и внесении повышенных доз азотных удобрений наблюдается снижение показателей экстрактивности ячменя, тогда как при избытке осадков

и более низких дозах азота они, как правило, выше [12, 13].

При оценке влияния азотных удобрений и сортовых особенностей пивоваренного ячменя на формирование экстрактивных веществ в зерне было установлено, что их доля в совокупности изучаемых факторов была незначительной и соответственно составляла 0,6–4,9 % и 0,2–13,4 % [9, 11].

Изучение в условиях Центрального Нечерноземья специфики применения азотного удобрения на различных сортах ячменя для формирования зерна с высоким показателем экстрактивности актуально и имеет практическую ценность.

Цель данных исследований – выявление влияния разных доз минерального удобрения на показатель экстрактивности сортов ярового ячменя для более обоснованного их использования в формировании качественного зерна на пивоваренные, кормовые или крупяные цели.

Методы и материалы исследований. Исследования по влиянию азотных удобрений на экстрактивность зерна ячменя проводились на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве со следующими агрохимическими показателями: гумус – 1,8–2,0 %, P_2O_5 – 182–260 мг/кг, K_2O – 120–150 мг/кг, PH_{KCl} – 5,35–5,55.

Опыт трехфакторный, поставленный методом расщепленных делянок; повторность двукратная; площадь делянки составила 12 м². Норма высева 5,0 млн. всхожих семян на 1 га.

Объектом исследования служили районированные в различные годы сорта ярового ячменя селекции Федерального исследовательского центра «Немчиновка». На основании ранее проведенных исследований по комплексу биохимических и технологических показателей, для пивоваренных целей были выделены сорта Московский 86, Надежный, Рафаэль; для кормовых – Прометей, Яромир и Златояр, районированные по областям с 2009 по 2021 гг. [14, 15]. Универсальные сорта более ранней селекции – Эльф, Раушан, Нур, Владимир, включенные в Госреестр селекционных достижений Российской Федерации за период 1997–2007 гг., занесены в список пивоваренных и особенно ценных по качеству сортов для крупяного использования.

Под предпосевную культивацию вносили минеральное удобрение в виде азофоски в дозе $N_{50} P_{50} K_{50}$. В фазу кущения в качестве подкормки применяли аммиачную селитру в дозе N_{50} и N_{100} . Посев ячменя в 2020–2022 гг. проводился в третьей декаде апреля, уборка – в начале второй декады августа.

В мае 2020 г. температура воздуха в среднем на 1,1 °С была ниже нормы, а выпадение осадков в 2,4 раза превышало среднемноголетние значения этого периода. Июнь характеризовался повышенной (на 2,1 °С) температурой воздуха. За этот месяц выпало 124,7 мм или 164,2 % по отношению к норме. Средняя температура июля составила 18,1 °С, что незначительно выше среднемноголетнего значения. По влагообеспеченности данный месяц также характеризовался обилием осадков; их сумма составила 149,9 мм (174,7 % нормы).

В 2021 г. появление третьего листа, кущение и выход в трубку (третья декада мая и первая – вторая декады июня) у сортов ячменя проходили при повышенной температуре воздуха, которая за это время в среднем на 1,3 °С превышала норму. В дальнейшем на рост и развитие ячменя оказывали влияние более жесткие метеорологические факторы. Во время фазы «появление флагового листа – формирование зерновки» (третья декада июня – первая и вторая декады июля) осадков выпало на 44,8 мм ниже нормы, а температура воздуха на 5,9 °С была выше среднемноголетних значений. В период формирования зерновки ячменя осадков выпало 77,0 % нормы, а температура воздуха на 1,8 °С превышала среднемноголетние показатели.

В 2022 г. в течение мая стояла прохладная погода (на 2,2 °С ниже нормы), а количество осадков на 12,4 мм превышало климатическую норму. Июнь и июль, а также первая декада августа характеризовались соответственно превышением среднемноголетних температур на 1,9; 2,4 и 3,4 °С и недобором осадков в среднем на 39,7; 22,7 и 3,0 мм. Метеорологические условия во время налива зерна (вторая декада июля) по гидротермическому режиму соответствовали среднемноголетним значениям.

Согласно классификации, вегетационный период 2020 г. характеризовался как избыточно влажный (гидротермиче-

ский коэффициент составил 2,7), а 2021 и 2022 гг. – как относительно сухие (с гидротермическим коэффициентом 0,98–1,02).

Статистическая обработка данных проводилась по методике Б. А. Доспехова (1979) в компьютерной программе DIANA.

Гомеостатичность (Hom) определяли по В. В. Хангильдину (1986). Коэффициенты экологической пластичности изучаемых сортов (b_i) и показатели стабильности (Sd^2) рассчитаны по методике S. A. Eberhart, W. A. Russel, изложенной В. А. Зыкиным (1984).

Биохимический анализ проведен с использованием государственных стандартов ГОСТ 12136–77 «Зерно. Метод определения экстрактивности ячменя», ГОСТ 10846–91 «Зерно и продукты переработки. Метод определения белка», а также методом ИК–спектроскопии, при использовании прибора Unity Scientific SpectraStar 2400.

Результаты исследований и их обсуждение. Для обоснования перспектив применения эффективных доз азотного удобрения с целью реализации генетического потенциала изучаемых сортов по признаку «экстрактивность» на основании проведенного трехфакторного дисперсионного анализа оценена доля вклада изу-

чаемых фиксированных (сорт, удобрение) и случайного (погода) факторов в формирование показателя качества ячменя.

Расчетами установлено, что в годы проведения исследований различия между сортами, условиями вегетационного периода, дозами азотного удобрения и эффектами их взаимодействия были существенны на 5-процентном уровне значимости.

Выявлено, что наибольшее влияние на содержание экстрактивных веществ в зерне ярового ячменя в эксперименте оказывал фактор «год» – 50,16 %. Доля фактора «сорт» составляла 28,48 %. На экстрактивность зерна значимое воздействие оказывало также взаимодействие факторов «сорт × год» – 9,98. Фактор «агрофон», а также взаимодействие факторов «агрофон × сорт», «агрофон × год» и «агрофон × сорт × год» в долевым выражении определялись в пределах, составляющих 2,53–3,63 %. В тоже время достоверность влияния взаимодействия факторов свидетельствует о том, что повышение показателя экстрактивности возможно за счет использования адаптивных по данному признаку сортов и рационального применения азотного удобрения (табл. 1).

Результаты исследований убедительно свидетельствуют о том, что содержание экстрактивных веществ в зер-

Таблица 1 – Вклад факторов в формирование показателя экстрактивности различных сортов ярового ячменя

Table 1 – The contribution of factors to the effectiveness of indicators of various varieties of bright barley

Источник варьирования	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	Вклад фактора
Общая	314,00	119	2,64	–	–
Сорт (А)	89,42	9	9,94	255,04*	28,48
Агрофон (В)	11,40	1	11,40	273,60*	3,63
Год (С)	157,50	2	78,75	13,38*	50,16
(А×В)	5,02	9	0,56	1 889,00*	1,60
(А×С)	31,33	18	1,74	41,78*	9,98
(В×С)	7,95	2	3,98	95,40*	2,53
(А×В×С)	8,88	18	0,49	11,84*	2,83
Остаток	2,50	40	0,06	–	0,79

* Варианса достоверна при 95 % уровне значимости (<0,05).

не разных сортов ячменя по-разному и напрямую зависело от температурного режима и распределения осадков в течение вегетационного периода ячменя. В переувлажненный 2020 г. среднее значение экстрактивности на разных фонах азотного питания составило (80,6 %). Отличающиеся дефицитом влаги и повышенной температурой воздуха условия роста и развития растений ячменя в 2021–2022 гг. приводили к понижению доли экстрактивных веществ в зерне. В 2021 г. средние значения показателя на фонах азотного питания были зафиксированы на уровне 77,8 %. А относительно благоприятная обстановка влагообеспеченности после колошения в таком же засушливом 2022 г., активировавшая более интенсивный синтез основных углеводных фракций в зерновке ячменя, способствовала увеличению среднего количества экстрактивных веществ в зерне до 79,6 % [16].

Информация, полученная в контрастных гидротермических условиях полевого опыта (2020–2022 гг.), показала, что, в общем, на фоне азотного питания N_{100} значения экстрактивности сортов в среднем отмечались на уровне 79,7 %.

При дополнительном внесении азота они снизились до 79,0 %.

Между тем в благоприятных по влагообеспеченности условиях 2020 г. зафиксирована тенденция на увеличение экстрактивных веществ в зерне ячменя, в то время как в условиях засушливой погоды (2021–2022 гг.) на фоне внесенного минерального азота в дозе 150 кг/га показатели в среднем уменьшились соответственно на 1,1 и 0,9 %.

Вариабельность признака «экстрактивность» на вариантах опыта была незначительной (менее 10 %), что свидетельствует о невысокой дифференциации сортов по изучаемому признаку. В то же время на фоне минерального питания N_{100} межсортная вариабельность признака по годам составляла 1,37; 1,71 и 1,28 %, тогда как на фоне N_{150} она была соизмеримо меньше – 1,31; 1,21 и 1,20 % (табл. 2).

В среднем по опыту значение показателя экстрактивности в зерне ячменя составило 79,4 %. Наряду с этим исследование выявили заметные различия по концентрации экстрактивных веществ в зерновках сортов различного направления использования. Показано, что средняя ве-

Таблица 2 – Влияние метеорологических условий и уровня азотного питания на показатель экстрактивности зерна сортов ярового ячменя, 2020–2022 гг.

Table 2 – The influence of meteorological conditions and the level of nitrogen nutrition on the grain extractivity indicator of spring barley varieties, 2020–2022

Сорта	Год районирования	2020 г.		2021 г.		2022 г.		Среднее
		N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	N_{100}	N_{150}	
Московский 86	2011	81,6	81,3	78,5	77,5	80,5	79,5	79,8
Надежный	2017	82,3	81,7	81,3	78,6	81,0	80,1	80,8
Рафаэль	2022	81,9	82,7	79,6	78,3	81,5	80,1	80,7
Эльф	1997	80,2	80,7	79,0	77,2	80,3	79,5	79,5
Раушан	1998	80,6	80,5	78,2	77,7	79,5	78,7	79,2
Нур	2002	79,2	79,7	77,1	77,0	79,5	79,0	78,6
Владимир	2007	80,7	79,4	77,3	77,8	78,2	77,4	78,5
Прометей	2009	80,3	81,2	76,9	75,8	80,7	79,0	79,0
Яромир	2013	79,4	80,7	78,3	77,6	80,4	80,2	79,4
Златояр	2020	79,3	79,4	77,5	75,8	78,8	77,7	78,1
Среднее	–	80,6	80,7	78,4	77,3	80,0	79,1	79,4
Вариабельность признака, %	–	1,37	1,31	1,71	1,21	1,28	1,20	1,06

личина показателя экстрактивности группы пивоваренных сортов достигала значений 79,9 %, а у сортов универсального и кормового направления она отмечалась на более низком уровне (78,6–78,9 %).

В благоприятных условиях 2020 г. у пивоваренных сортов установлено высокое содержание экстрактивных веществ в зерне, которое на двух фонах азотного питания в среднем составило 81,9 %. При этом у лучшего пивоваренного сорта Надежный на варианте N_{100} показатель отмечался на уровне 82,3 %, а на варианте N_{150} у сорта Рафаэль он достигал величины 82,7 %.

Средние величины экстрактивности универсальных сортов на 1,7 % были ниже среднесортového значения пивоваренных сортов ячменя. Максимальные значения показателя в этой группе на варианте опыта N_{100} обнаружались у сортов Владимир и Раушан (80,6–80,7 %), а на фоне питания N_{150} – у сортов Эльф и Раушан (80,5–80,7 %).

Относительно низкое содержание экстрактивных веществ (79,7 %) установлено на варианте N_{100} у фуражных сортов. В отличие от пивоваренных и универсальных сортов, которые в меньшей степени реагировали на дополнительное внесение азотного удобрения, повышение обеспеченности растений кормового ячменя азотом до 150 кг привело к увеличению среднего значения показателя на 0,6 %. Более отзывчивым оказался сорт Яромир, улучшивший экстрактивность на 1,3 %.

Результаты исследований неблагоприятного по гидротермическому режиму 2021 г. показали, что на вариантах опыта зерно изучаемых сортов характеризовалось достаточно низкими показателями экстрактивности. При внесении в подкормку 50 кг азота на фоне $N_{50}P_{50}K_{50}$ средние значения показателя экстрактивности у пивоваренных сортов составляли 79,8 %; у сортов универсального направления – 77,9; у кормовых – 77,6 %.

Дополнительное внесение удобрения в условиях этого года сыграло отрицательную роль в накоплении экстрактивных веществ. Величина показателя относительно варианта, где было внесено 100 кг/га азота, по группам соответственно снизилась на 1,7; 0,5 и 0,6 %. В варианте с внесением азота в дозе 150 кг/га в

зерне кормовых сортов Прометей и Златояр был отмечен минимальный среди вариантов опыта показатель, который составил 75,8 %. Максимальные значения признака зафиксированы у сорта Надежный, превысившего на фонах азотного питания среднесортową экстрактивность на 1,3–2,9 %.

Значительное влияние на величину показателя экстрактивности различных сортов оказывало азотное удобрение и в 2022 г. На варианте опыта при внесении азота в дозе 100 кг/га у пивоваренных сортов средние значения показателя составили 81,0 %; у кормовых и универсальных сортов они на 1,0–1,7 % были ниже, а при дополнительном внесении азота происходило уменьшение средней величины параметра соответственно на 1,2; 1,9 и 0,7 %. Существенно выше (81,0–81,5 и 80,1 %), чем у сорта Московский 86 (80,5 и 79,5 %) на фонах питания отмечено содержание экстрактивных веществ у пивоваренных сортов Надежный и Рафаэль. А в группе кормовых сортов выделился сорт Яромир, который сформировал практически независимую от доз минерального удобрения величину экстрактивности на уровне от 80,2 до 80,4 %.

В связи с глобальными климатическими изменениями и значительным влиянием гидротермических условий на показатели качества для пивоваренных, крупяных и фуражных целей особую ценность представляют сорта, характеризующиеся высокой экстрактивностью, сформированной в различных погодных и агротехнических условиях [17, 18].

В рамках проведенных исследований установлены максимальные значения показателя экстрактивности у сортов Надежный и Рафаэль (82,3–82,7 %). Судя по более высоким, чем у других сортов, минимальным значениям признака (78,3–78,6 %), они отличались лучшей приспособленностью к неблагоприятным условиям среды (табл. 3).

При оценке пластичности сортов ячменя возможность положительно отзываться на оптимизацию условий возделывания повышением уровня экстрактивных веществ в зерне ячменя в наших исследованиях характеризовали коэффициенты вариации (Cv_i) и линейной регрессии (bi). На основании полученных данных установлены более высокие зна-

Таблица 3 – Параметры адаптивности сортов ячменя по признаку экстрактивности сортов ячменя, 2020–2022 г.

Table 3 – Parameters of adaptability of barley varieties based on the extractivity of barley varieties, 2020–2022

Сорта	$Y_2 \text{ min}$	$Y_1 \text{ max}$	$Cv_i, \%$	b_i	Sd_i^2	Hom_i
Московский 86	77,5	81,6	2,02	1,56	0,66	951,56
Надежный	78,6	82,3	1,63	1,18	1,24	1 568,94
Рафаэль	78,3	82,7	2,03	1,59	2,97	889,14
Эльф	77,2	80,7	1,60	1,28	0,42	1 421,88
Раушан	77,7	80,6	1,52	1,24	0,41	1 779,80
Нур	77,0	79,7	1,56	1,20	1,49	1 833,72
Владимир	77,3	80,7	1,70	1,08	2,46	1 324,80
Прометей	75,8	81,2	2,78	1,97	0,80	527,74
Яромир	77,6	80,7	1,54	1,15	0,75	1 692,22
Златояр	75,8	79,4	1,76	1,37	2,66	1 224,02
Среднее значение	77,3	81,0	1,81	1,36	1,39	1 321,39
Коэффициент вариации, %	1,19	1,21	21,30	19,98	66,43	32,35

Примечание: $Y_2 \text{ min}$, $Y_1 \text{ max}$ – минимальные и максимальные значения показателя экстрактивности; Cv_i – коэффициенты вариации; b_i – коэффициенты линейной регрессии; Sd_i^2 – показатели стабильности; Hom_i – гомеостатичность.

чения показателя адаптивности изучаемого признака у пивоваренных сортов Московский 86 и Рафаэль (коэффициенты вариации – 2,02–2,03 %; коэффициенты линейной регрессии – 1,56–1,59) и кормового сорта Прометей (коэффициент вариации – 2,78; коэффициент линейной регрессии – 1,97) (табл. 3).

Устойчивость проявления показателя качества в различных условиях выращивания определена по показателю стабильности (Sd_i^2). Наименьшие значения параметра, указывающие на формирование независимо от складывающихся экологических лимитов устойчивого уровня экстрактивности, выявлены у сортов Московский 86, Эльф, Раушан, Прометей и Яромир (0,41–0,80).

Особенность проявлять положительную реакцию на улучшение условий выращивания и слабо реагировать на их ухудшение определена критерием гомеостатичности. По степени гомеостатичности, превысив среднесортное значе-

ние показателя на 16,89 %, выделилась группа сортов универсального направления, пригодных для пивоваренных и крупяных целей. В группе пивоваренных сортов высокая гомеостатичность, характеризующая устойчивость признака в изменяющихся условиях, отмечена у сорта Надежный (1 568,94), в группе кормовых – у сорта Яромир (1 692,22), в группе крупяных – у сортов Раушан и Нур (1 779,89–1 833,72).

С целью дальнейшего обобщения показателей, особенно важных при отборе лучших сортов для использования их зерна на пивоваренные, крупяные или кормовые цели на различных фонах азотного питания, появилась необходимость представить дополнительную информацию по влиянию азотных удобрений на уровень белка в зерне изучаемых в опыте сортов (табл. 4).

Данные свидетельствуют, что на фонах азотного питания N_{100} и N_{150} сорта

Таблица 4 – Ранжирование сортов целевого использования по показателям содержания белка и экстрактивности, выраженным в баллах

Table 4 – Ranking of varieties of intended use in terms of protein content and extractivity, expressed in points

Сорта	Содержание белка			Экстрактивность						Сумма	Ранг
	$\bar{X}_{N_{100}}^{cp}$	$\bar{X}_{N_{150}}^{cp}$	X_{cp}	$\bar{X}_{N_{100}}^{cp}$	$\bar{X}_{N_{150}}^{cp}$	X_{cp}	b_i	Sd_i^2	Hom_i		
Пивоваренные сорта											
Московский 86	8	3	5	9	7	8	8	8	2	58	4
Надежный	7	5	6	9	8	9	4	5	6	59	3
Рафаэль	9	6	8	9	8	9	8	1	2	60	2
Универсальные сорта											
Эльф	4	7	6	8	6	7	5	9	5	57	5
Раушан	5	5	5	7	5	6	5	9	8	55	6
Нур	5	5	6	3	4	4	4	4	9	43	8
Владимир	3	7	5	4	2	3	2	3	4	33	10
Кормовые сорта											
Прометей	5	7	6	6	5	5	9	6	1	50	7
Яромир	6	9	8	7	7	7	3	7	7	61	1
Златояр	6	7	6	3	1	2	7	3	3	38	9
Примечание: \bar{x} – средние значения; b_i – коэффициенты линейной регрессии; Sd_i^2 – показатели стабильности; Hom_i – гомеостатичность.											

характеризовались следующими значениями признака белковости:

Московский 86 – 11,5–12,8 %;

Надежный – 11,7–12,1 %;

Рафаэль – 10,8–11,8 %;

Эльф – 12,5–13,3 %;

Раушан – 12,7–12,8 %;

Нур – 12,6–12,7 %;

Владимир – 12,2–13,2 %;

Прометей – 12,7–13,4 %;

Яромир – 13,0–13,7 %;

Златояр – 12,9–13,4 %.

Высокий уровень белка в зерне универсальных сортов определил их использование только на крупяные или фуражные цели.

С учетом степени значимости для товаропроизводителей проведено ранжирование важнейших признаков качества сортов по рейтинговой девятибалльной шкале. При испытании сортов в условиях

опыта на различных фонах азотного питания по комплексу хозяйственно ценных признаков качества, судя по интегральному рейтинговому показателю (1–3), лучшими были пивоваренные сорта Надежный, Рафаэль и кормовой сорт Яромир, созданные в последнее десятилетие. Среди крупяных сортов по количеству набранных баллов (55–57) выделились сорта Эльф и Раушан, более двадцати пяти лет успешно конкурирующие в производстве с новыми сортами по урожайности и показателям качества.

Закключение. В опыте, проведенном в почвенно-климатических условиях Московской области, установлено статистически достоверное влияние погодных условий, сортовых особенностей и фонов азотного питания на формирование экстрактивных веществ в зерне ячменя различного направления использования.

Для пивоваренного направления, судя по интегральному рейтингу хозяйственно ценных признаков качества, лучше подхо-

дят новейшие сорта Рафаэль и Надежный, характеризующиеся ограниченным уровнем белка в зерне, высокими значениями показателей экстрактивности, способностью повышать их величину при оптимизации условий возделывания.

В группе универсальных сортов, пригодных для производства перловой крупы, наиболее ценными являются сорта Эльф и Раушан. Благодаря хорошей адаптации к условиям возделывания, отличитель-

ной особенностью этих сортов является способность стабильно накапливать повышенное количество экстрактивных веществ в зерне.

Наиболее ценными кормовыми свойствами в исследованиях обладал сорт Яромир с повышенными и стабильными показателями содержания экстрактивных, в том числе белковых веществ в зерне.

Список источников

1. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies in hybrid rye with special consideration of fungal disease resistances // *Advances in breeding techniques for cereal crops*. Burleigh Dodds Science Publishing, 2019. P. 223–246. DOI: 10.19103/AS.2019.0051.12.
2. Новиков Н. Н., Соловьева Н. Е. Влияние режима питания и фиторегуляторов (новосил, эпин) на качество зерна и состав белков пивоваренного ячменя при выращивании на дерново-подзолистой почве // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2019. № 3. С. 5–18. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-5-18.
3. Смуров С. И., Наумкин В. Н., Ермолаев С. Н. Урожайность и качество зерна ячменя в зависимости от различных предшественников и фонов минерального питания // *Вестник аграрной науки*. 2020. № 2 (83). С. 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36.
4. Трухачев В. И., Белопухов С. Л., Исламгулова Р. Р., Серегина И. И., Новиков Н. Н., Дмитриевская И. И. Пивоваренные качества ячменя сорта Надежный в зависимости от условий питания // *Агрофизика*. 2021. № 4. С. 28–32. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.04.05.
5. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley // *Plant Sciences*. 2012. No. 92. P. 617–925. DOI:10.4141/cjps2011-207.
6. Гамзаева Р. С. Динамика активности амилолитических ферментов в прорастающих зерновках ярового ячменя, выращенного на возрастающих дозах азотных удобрений // *Научное обеспечение развития АПК в условиях импортозамещения* : сб. науч. тр. Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2018. С. 9–11. EDN NTLDIP.
7. Кузьмич М. А., Политыко П. М., Артюхова О. А., Кузьмич Л. С. Качество зерна сортов ячменя в зависимости от доз минеральных удобрений // *Агрохимический вестник*. 2019. № 6. С.34–37. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10087.
8. Хоконова М. Б. Технологические свойства зерна озимого ячменя в зависимости от влагообеспеченности года и минерального питания // *Биология в сельском хозяйстве*. 2020. № 3 (28). С. 9–16. EDN: NNYLUL.
9. Завалин А. А., Пасынкова Е. Н., Пасынков А. В. Вклад факторов в формирование урожая и основных показателей качества яровых зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 1. С. 8–10. EDN NTLDIP.
10. Юсова О. А., Николаев П. Н., Поползухин П. В. Формирование качества зерна пивоваренных сортов ячменя в зависимости от условий периода вегетации // *Земледелие*. 2015. № 5. С. 44–46. EDN UGTHVV.
11. Булавин Л. А., Позняк Е. И., Хилько Н. П., Гвоздов А. П. Роль различных факторов в формировании урожайности и качества зерна пивоваренного ячменя // *Земледелие и защита растений*. 2017. № 4. С.3–7.
12. Калмыкова Е. В., Ефремова Е. Н., Хоссаин А. Влияние сортов пивоваренного ячменя на качество пива // *Вестник АПК Ставрополя*. 2014. № 4 (16). С. 52–55. EDN THKSRN.

13. Кашукоев М. В., Кашукоев Х. М., Хамжуева З. Х. Азотное удобрение как фактор регулирования пивоваренных качеств зерна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 6. С.30–36. EDN PJPQRV.

14. Ерошенко Л. М., Дедушев И. А., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Ерошенко Н. Н., Ромахина В. В. Влияние погодных условий на формирование пивоваренных свойств сортов ячменя в Нечерноземье // Аграрная Россия. 2020. № 11 (184). С. 10–14. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-11-10-14>.

15. Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Ерошенко А. Н., Левакова О. В., Ерошенко Н. А., Дедушев И. А. [и др.]. Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (2). С. 126–133. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133>.

16. Синенко О. С., Парасочка И. В. Распределение ассимилятов и запасание углеводов в органах ячменя в онтогенезе // Симбиоз-Россия 2014 : материалы VII всерос. конгресса молодых биологов. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. С. 84–85.

17. Гончаров С. В. Тенденции на рынке пивоваренного ячменя // Пиво и напитки. 2006. № 2. С. 12–13. EDN ORNALJ.

18. Батакова О. Б., Хорева В. И., Ковалева О. Н., Лоскутов И. Г. Источники скороспелости и качества зерна ярового ячменя для условий Европейского Севера России // Агро XXI. 2010. № 4–6. С. 9–11.

References

1. Miedaner T., Wilde P. Selection strategies in hybrid rye with special consideration of fungal disease resistances. In.: *Advances in breeding techniques for cereal crops*, Burleigh Dodds Science Publishing, 2019, pp. 223–246. DOI: 10.19103/AS.2019.0051.12.

2. Novikov N. N., Solov'eva N. E. Vliyanie rezhima pitaniya i fitoregulyatorov (novosil, epin) na kachestvo zerna i sostav belkov pivovarennogo yachmenya pri vyrashchivanii na dernovo-podzolistoi pochve [Influence of diet and phyto regulators (Novosil, Epin) on grain quality and protein composition of malting barley when grown on soddy-podzolic soil]. *Izvestiya Timiryazevskoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – News of the Timiryazev Agricultural Academy*, 2019; 3: 5–18. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-5-18. (in Russ.).

3. Smurov S. I., Naumkin V. N., Ermolaev S. N. Urozhainost' i kachestvo zerna yachmenya v zavisimosti ot razlichnykh predshestvennikov i fonov mineral'nogo pitaniya [Yield and quality of barley grain depending on various precursors and backgrounds of mineral nutrition]. *Vestnik agrarnoi nauki. – Bulletin of Agrarian Science*, 2020; 2 (83): 36–44. DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.2.36. (in Russ.).

4. Trukhachev V. I., Belopukhov S. L., Islamgulova R. R., Seregina I. I., Novikov N. N., Dmitrievskaya I. I. Pivovarennye kachestva yachmenya sorta Nadezhnyi v zavisimosti ot uslovii pitaniya [Brewing qualities of barley variety Nadezhnyi depending on nutritional conditions]. *Agrofizika. – Agrophysics*, 2021; 4: 28–32. DOI: 10.25695/AGRPH.2021.04.05. (in Russ.).

5. Anbessa Y., Juskiw P. Review: Strategies to increase nitrogen use efficiency of spring barley. *Plant Sciences*, 2012; 92: 617–925. DOI:10.4141/cjps2011-207.

6. Gamzaeva R. S. Dinamika aktivnosti amiloliticheskikh fermentov v prorstayushchikh zernovkakh yarovogo yachmenya, vyrashchennogo na vozrastayushchikh dozakh azotnykh udobrenii [Dynamics of activity of amylolytic enzymes in germinating grains of spring barley grown on increasing doses of nitrogen fertilizers]. *Proceedings from Nauchnoe obespechenie razvitiya APK v usloviyakh importozameshcheniya. – Scientific support for the development of agriculture in the context of import substitution*. (pp. 9–11), Sankt-Peterburg, Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2018. EDN: NTLDIP (in Russ.).

7. Kuz'mich M. A., Polityko P. M., Artyukhova O. A., Kuz'mich L. S. Kachestvo zerna sortov yachmenya v zavisimosti ot doz mineral'nykh udobrenii [Grain quality of barley varieties depending on the doses of mineral fertilizers]. *Agrokhimicheskii vestnik. – Agrochemical Bulletin*, 2019; 6: 34–37. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10087 (in Russ.).

8. Khokonova M. B. Tekhnologicheskie svoistva zerna ozimogo yachmenya v zavisimosti ot vlagoobespechennosti goda i mineral'nogo pitaniya [Technological properties of winter barley grain depending on the moisture content of the year and mineral nutrition]. *Biologiya v sel'skom khozyaistve. – Biology in Agriculture*, 2020; 3 (28): 9–16. EDN: NNYLUL (in Russ.).
9. Zavalin A. A., Pasyukova E. N., Pasyukov A. V. Vklad faktorov v formirovanie urozhaya i osnovnykh pokazatelei kachestva yarovykh zernovykh kul'tur [The contribution of factors to the formation of the crop and the main indicators of the quality of spring grain crops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – Achievements of Science and Technology of the Agro-industrial Complex*, 2011; 1: 8–10. EDN: NTLDIP (in Russ.).
10. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Popolzukhin P. V. Formirovanie kachestva zerna pivovarenykh sortov yachmenya v zavisimosti ot uslovii perioda vegetatsii [Formation of grain quality of malting barley varieties depending on the conditions of the growing season]. *Zemledelie. – Agriculture*, 2015; 5: 44–46. EDN: UGTHVV (in Russ.).
11. Bulavin L. A., Poznyak E. I., Khil'ko N. P., Gvozdov A. P. Rol' razlichnykh faktorov v formirovanii urozhainosti i kachestva zerna pivovarennoy yachmenya [The role of various factors in the formation of yield and grain quality of malting barley]. *Zemledelie i zashchita rastenij. – Agriculture and plant protection*, 2017; 4: 3–7 (in Russ.).
12. Kalmykova E. V., Efremova E. N., Khossain A. Vliyanie sortov pivovarennoy yachmenya na kachestvo piva [Influence of malting barley varieties on beer quality]. *Vestnik APK Stavropol'ya. – Bulletin of the Agroindustrial Complex of Stavropol*, 2014; 4 (16): 52–55. EDN: THKSRN (in Russ.).
13. Kashukoev M. V., Kashukoev Kh. M., Khamzhueva Z. Kh. Azotnoe udobrenie kak faktor regulirovaniya pivovarenykh kachestv zerna [Nitrogen fertilizer as a factor in the regulation of grain brewing qualities]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Bulletin of the Altai State Agrarian University*, 2019; 6: 30–36. EDN PJPQRV (in Russ.).
14. Eroshenko L. M., Dedushev I. A., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Eroshenko N. N., Romakhina V. V. Vliyanie pogodnykh uslovii na formirovanie pivovarenykh svoystv sortov yachmenya v Nechernozem'e [Influence of weather conditions on the formation of brewing properties of barley varieties in the Non-Chernozem region]. *Agrarnaya Rossiya. – Agrarian Russia*, 2020; 11 (184): 10–14. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2020-11-10-14> (in Russ.).
15. Eroshenko L. M., Romakhin M. M., Eroshenko A. N., Levakova O. V., Eroshenko N. A., Dedushev I. A. [et al.]. Otsenka kachestvennykh pokazatelei zerna sortov i linii yarovogo yachmenya [Evaluation of quality indicators of grain varieties and lines of spring barley]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. – Agrarian Science of the Euro-North-East*, 2019; 20 (2): 126–133. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133> (in Russ.).
16. Sinenko O. S., Parasochka I. V. Raspreделение assimil'yatov i zapasanie uglevodov v organakh yachmenya v ontogeneze [Distribution of assimilation and storage of carbohydrates in barley organs during ontogenesis]. *Proceedings from Simbioz-Rossiya 2014: VII Vserossiyskiy kongress molodyh biologov – VII All-Russian Congress of Young Biologists*. (PP. 84–85), Ekaterinburg, Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta, 2014 (in Russ.).
17. Goncharov S. V. Tendentsii na rynke pivovarennoy yachmenya [Trends in the malting barley market]. *Pivo i napitki. – Beer and Drinks*, 2006; 2: 12–13. EDN ORNALJ (in Russ.).
18. Batakova O. B., Khoreva V. I., Kovaleva O. N., Loskutov I. G. Istochniki skorospelosti i kachestva zerna yarovogo yachmenya dlya uslovii Evropeiskogo Severa Rossii [Sources of early maturity and grain quality of spring barley for the conditions of the European North of Russia]. *Agro XXI*, 2010; 4–6: 9–11 (in Russ.).

© Дедушев И. А., Ерошенко Л. М., Ромахин М. М., Болдырев М. А., Ромахина В. В., 2023

Статья поступила в редакцию 09.06.2023; одобрена после рецензирования 28.07.2023; принята к публикации 31.08.2023.

The article was submitted 09.06.2023; approved after reviewing 28.07.2023; accepted for publication 31.08.2023.

Информация об авторах

Дедушев Иван Александрович, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-5059-9299, dedushev_95@mail.ru;

Ерошенко Любовь Михайловна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-8513-6665, eroshenko.lm@yandex.ru;

Ромахин Максим Михайлович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0001-5691-1020, rmax1@ya.ru;

Болдырев Михаил Александрович, младший научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-7421-0321, mbold1911@yandex.ru;

Ромахина Виктория Валерьевна, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», ORCID: 0000-0002-9996-4998, rmax1@ya.ru

Information about authors

Ivan A. Dedushev, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-5059-9299, dedushev_95@mail.ru;

Lyubov M. Eroshenko, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-8513-6665, eroshenko.lm@yandex.ru;

Maxim M. Romakhin, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal research center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0001-5691-1020, rmax1@ya.ru;

Mikhail A. Boldyrev, Junior Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-7421-0321, mbold1911@yandex.ru;

Viktoria V. Romakhina, Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka", ORCID: 0000-0002-9996-4998, rmax1@ya.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.