

Научная статья
УДК 633.16:631.524.6
doi: 10.48612/vch/g2hm-fnxe-2b12

ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЙ ПОДБОР СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ДЛЯ КОРМОВЫХ ЦЕЛЕЙ ПО УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВУ ЗЕРНА

Василий Иванович Блохин, Ирина Юрьевна Никифорова, Ирина Сергеевна Ганиева, Марина Александровна Ланочкина, Юлия Викторовна Малафеева, Денис Сергеевич Дюрбин
*Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук»
420059, г. Казань, Российская Федерация*

Аннотация. Представлены результаты трехлетних (2021-2023 гг.) исследований, направленных на оценку влияния гидротермических условий вегетации на продуктивность и качество зерна сортов ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан. Эксперимент проведен на опытных полях Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН. Объектом исследования стали девять сортов ярового ячменя, возделываемых в регионе: Раушан, Лаишевский, Тимерхан, Эндан, Камашевский, Тевкеч, Фандага, Памяти Чепелева и Нур. Мониторинг метеопоказателей (среднесуточная температура, сумма осадков, гидротермический коэффициент (ГТК)) выявил значительную контрастность условий: от экстремально засушливого и жаркого 2021 года (ГТК = 0,21) до умеренно засушливого 2022 года (ГТК = 0,61) и наиболее влагообеспеченного 2023 года (ГТК = 0,84). Дисперсионный анализ показал, что фактор «год» являлся доминирующим и определял 94,5 % вариабельности урожайности, что нивелировало генетический потенциал сортов в экстремальные сезоны. Одновременно выявлены достоверные межсортные различия. Максимальную урожайность – 3,78 т/га – и наибольший валовый сбор питательных веществ характеризовал сорт Памяти Чепелева, что статистически значимо превышало показатели других сортов. Качество зерна в большей степени зависело от генетики сорта: наибольшее содержание сырого протеина обнаружено у сорта Памяти Чепелева (170,63 г/кг), а максимальная биологическая ценность белка (содержание лизина 4,29 г/100 г протеина) – у сорта Эндан. Энергетическая ценность зерна оставалась стабильной для всех изученных генотипов. Научно обоснована необходимость дифференцированного подбора сортов: сорт Памяти Чепелева рекомендуется для максимизации выхода зерна и кормового протеина, сорт Эндан – для производства комбикормов, сбалансированных по лизину. Оптимизация возделывания ярового ячменя в регионе должна учитывать высокую вариабельность гидротермических условий и целевое назначение урожая.

Ключевые слова: яровой ячмень, гидротермический коэффициент, урожайность, качество зерна, засуха, сорт.

Для цитирования: Блохин В. И., Никифорова И. Ю., Ганиева И. С., Ланочкина М. А., Малафеева Ю. В., Дюрбин Д. С. Дифференцированный подбор сортов ярового ячменя для кормовых целей по урожайности и качеству зерна // Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2025 №3(34). С. 14-22.

doi: 10.48612/vch/g2hm-fnxe-2b12

Сведения об источнике финансирования. Работа выполнена по государственному заданию «Совершенствование комплексных отечественных технологий селекции, растениеводства и животноводства на основе идентификации высокоценных генотипов, молекулярно-генетических методов, биотехнологий, конструирования адаптивных и высокопродуктивных агробиоценозов и агроэкосистем для производства экологически безопасной и функциональной продукции» ЕГИСУ НИОКР 125031003428-9.

Original article

DIFFERENTIATED SELECTION OF SPRING BARLEY VARIETIES FOR FEED PURPOSES BY YIELD AND GRAIN QUALITY

Vasily I. Blokhin, Irina Yu. Nikiforova, Irina S. Ganieva, Marina A. Lanochkina, Yulia V. Malafeeva, Denis S. Durbin

*Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
420059, Kazan, Russian Federation*

Abstract. The article presents the results of three-year (2021-2023) studies aimed at assessing the impact of hydrothermal vegetation conditions on the productivity and grain quality of spring barley varieties in the conditions of the Pre-Kama region of the Republic of Tatarstan. The experiment was conducted on the experimental fields of the Tatar Research Institute of Agriculture – OSP FRC KazSC RAS. The object of the study was nine varieties of spring barley cultivated in the region: Raushan, Laishevsky, Timerkhan, Endan, Kamashevsky, Tevkech, Fandaga, Pamyati

Chepeleva and Nur. Monitoring of meteorological indicators (average daily temperature, precipitation amount, hydrothermal coefficient (HTC)) revealed a significant contrast of conditions: from the extremely dry and hot 2021 (HTC = 0.21) to the moderately dry 2022 (HTC = 0.61) and the most moisture-rich 2023 (HTC = 0.84). The dispersion analysis showed that the «year» factor was dominant and determined 94.5 % of the yield variability, which leveled out the genetic potential of varieties in extreme seasons. At the same time, reliable intervarietal differences were revealed. The Pamyati Chepeleva variety had the maximum yield of 3.78 t/ha and the highest gross nutrient yield, which statistically significantly exceeded the indicators of other varieties. Grain quality depended largely on the genetics of the variety: the highest crude protein content was found in the Pamyati Chepeleva variety (170.63 g/kg), and the maximum biological value of protein (lysine content 4.29 g/100 g protein) was found in the Endan variety. The energy value of grain remained stable for all studied genotypes. The need for differentiated selection of varieties is scientifically substantiated: the Pamyati Chepeleva variety is recommended for maximizing the yield of grain and feed protein, the Endan variety is for the production of compound feed balanced in lysine. Optimization of spring barley cultivation in the region should take into account the high variability of hydrothermal conditions and the intended purpose of the crop.

Keywords: spring barley, hydrothermal coefficient, yield, grain quality, drought, variety.

For citation: Blokhin V. I., Nikiforova I. Yu., Ganieva I. S., Lanochkina M. A., Malafeeva Yu. V., Dyurbina D. S. Differentiated selection of spring barley varieties for feed purposes by yield and grain quality // Vestnik Chuvash State Agrarian University. 2025 No. 3(34). Pp. 14-22.

doi: 10.48612/vch/g2hm-fnxe-2b12

Введение.

Яровой ячмень является одной из ключевых зерновых культур Республики Татарстан, занимая значительные площади в структуре посевов. Согласно официальной статистике, за пятилетний период с 2020 по 2024 год посевные площади под этой культурой в регионе колебались в диапазоне от 323,3 до 465,1 тыс. га. При средней урожайности на уровне 2,84 т/га валовые сборы зерна составляли от 725,4 до 1628,8 тыс. т (<http://ssl.rosstat.gov.ru>). Более 65 % производимого зерна направляется на кормовые цели [12], что подчеркивает его критическую важность для развития животноводства.

Свиноводство демонстрирует устойчивую положительную динамику и представляет собой одну из ведущих отраслей агропромышленного комплекса республики. На долю Татарстана приходится 26 % общего производства свинины в Приволжском федеральном округе, а в 2024 году его объем в промышленном секторе достиг 102,1 тыс. т. Как показывают исследования, зерно ячменя составляет существенную часть рациона свиней: его доля в комбикормах может достигать до 40 % для ремонтного молодняка, 60 % для свиноматок и 80 % для животных на откорме [5, 10]. Столь широкое применение обусловлено высокими питательными и биохимическими свойствами зерна.

Пищевая ценность ячменя характеризуется значительным содержанием ключевых нутриентов. В зависимости от агротехнологических приемов (дозы минеральных удобрений, выбор предшественника) и почвенно-климатических условий культивирования концентрация сырого протеина в зерне различных сортов может варьировать от 128,0 до 169,0 г/кг сухого вещества [4, 6], а переваримого протеина – от 49,2 до 100,0 г/кг [9, 11]. Расчетное содержание обменной энергии для свиней составляет 11,76-15,18 МДж/кг [2, 3], а уровень незаменимой аминокислоты лизина – 3,30-5,20 г на 100 г белка [7, 14].

Сортовое разнообразие ярового ячменя в республике велико: по данным на 2024 год, на площади

323,3 тыс. га возделывалось 38 сортов. При средней урожайности 2,87 т/га межсортовое варьирование по этому показателю было значительным – от 1,51 до 5,68 т/га. Наибольшие площади заняты сортами Раушан (19,8 %), Нур (17,1 %) и Памяти Чепелева (13,2 %).

Таким образом, учитывая высокую долю ячменя в кормовой базе растущего свиноводства, ключевым критерием при выборе сорта для производства становится не только урожайность, но и выход питательных веществ с единицы площади. В связи с этим целью настоящего исследования явилась сравнительная оценка продуктивности и качества зерна различных сортов ярового ячменя в почвенно-климатических условиях Предкамья Республики Татарстан.

Условия, материал и методы исследования.

Экспериментальная работа проведена в 2021-2023 гг. на опытных полях Татарского НИИСХ – ОСП ФИЦ КазНЦ РАН, расположенных в Предкамской зоне Республики Татарстан (РТ). Объект исследования – девять сортов ярового ячменя, возделываемых на территории РТ: Раушан – оригинаторы ФГБНУ «ФИЦ Немчиновка», ФГБНУ «ФИЦ КазНЦ РАН», НПФ «Российские семена»; Лаишевский, Тимерхан, Эндан, Камашевский, Тевкеч – оригинаторы ФГБНУ «ФИЦ КазНЦ РАН»; Фандага – оригинаторы NORDSAAT SAATZUCHT GMBH, Германия; Памяти Чепелева – оригинаторы УрФАНИЦ УрО РАН; Нур – оригинаторы ФГБНУ «ФИЦ Немчиновка». Технология возделывания общепринятая в Республике Татарстан. Предшественник – озимая рожь. Учетная площадь делянок 10 м², повторность четырехкратная, расположение делянок со смещением. Фон питания – N₅₄P₅₂K₅₂S₂₀. Почвы опытных участков серые лесные, среднесуглинистые. Пахотный слой (0-20 см) характеризовался следующими агрохимическими показателями: гумус 3,4-3,6 % (ГОСТ 26213-91); азот щелочно-гидролизующий 73,8-94,0 мг/кг (по А. Х. Корнфилду); подвижный фосфор 283-325 мг/кг и подвижный калий 93-126 мг/кг (по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26207-91); гидролитическая кислотность 3,7-5,9

ммоль/100 г (по методу Каппена в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26212-91); pH солевая 5,5-5,8.

В период вегетации отмечали календарные даты основных фенологических фаз развития растений: «всходы», «колошение», «полная спелость». Содержание сырого протеина (СП) в зерне определяли по ГОСТ 13496.4-2019 «Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина». Использовали титриметрический метод определения азота по Кьельдалю. Комплект лабораторного оборудования для определения азота и белка (полуавтомат Velp Scientifica, Италия). Массовую долю сырого протеина в испытуемой пробе (X_2 , %) вычисляли по формуле: $X_2 = 6,25 \times X_1$, где 6,25 – коэффициент расчета общего содержания азота на сырой протеин, X_1 – массовая доля азота в сухом веществе пробы, %. В соответствии с требованиями ГОСТ Р 53900-2010 «Ячмень кормовой. Технические условия» по химическим показателям сырой протеин, выраженный в %, преобразовали в сырой протеин, выраженный в г/кг сухого вещества. Содержание переваримого протеина (ПП) рассчитывали по формуле: $ПП = СП \times 0,76$, где 0,76 – коэффициент переваримости для свиней (Справочник коэффициентов переваримости кормов. Москва, 1991). Содержание обменной энергии (ОЭ, МДж) в 1 кг сухого вещества зерна ячменя для свиней и безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) рассчитывали по формуле приложения «А» ГОСТ Р 53900-2010. Содержание ЭКЕ рассчитывали по формуле: $ЭКЕ = ОЭ : 10$. Определение содержания незаменимой аминокислоты (лизин) проводили с помощью спектроскопии в ближней инфракрасной области на приборе FOOS NIRS DS 2500, Дания. Ва-

лидация и градуировка соответствуют ГОСТ ISO 12099-2017.

Метеорологические данные предоставлены метеостанцией ТатНИИСХ, расположенной в с. Большие Кабаны Лаишевского муниципального района Республики Татарстан. Для характеристики межфазных периодов вегетации растений ярового ячменя использовали среднесуточную температуру воздуха (с. с. t, °C), сумму осадков (Σ осадков, мм) и индексы гидротермического коэффициента (ГТК).

Дисперсионный анализ и оценку силы влияния фактора «год» на результативные признаки «урожайность зерна» и «содержание сырого протеина в зерне» рассчитывали по Г. Ф. Лакину.

Результаты исследования и их обсуждение.

Результаты мониторинга гидротермических условий вегетации ярового ячменя показали, что ключевым элементом оптимизации возделывания ярового ячменя является изучение гидротермических показателей, включая среднесуточную температуру воздуха, количество осадков и гидротермический коэффициент (ГТК). В ходе исследований был проведен анализ данных показателей для межфазных периодов вегетации в условиях Предкамья Республики Татарстан за 3 года (табл. 1).

Были рассмотрены три ключевых периода: «всходы – колошение», «колошение – полная спелость» и вся вегетация в целом. Для классификации условий увлажнения в регионе использовалась следующая шкала на основе значений ГТК: <0,5 – очень засушливо (сухо); 0,5-0,7 – засушливо; 0,8-0,9 – слабо засушливо; 1,0-1,5 – удовлетворительное увлажнение; >1,5 – влажно.

Таблица 1. Гидротермические показатели межфазных периодов вегетации растений ярового ячменя, 2021-2023 гг.

Table 1. Hydrothermal indicators of interphase periods of vegetation of bright barley plants, 2021-2023.

Межфазный период	Гидротермические показатели	2021 г.	2022 г.	2023 г.
всходы – колошение	с. с. t, °C	19,6	15,7	15,9
	Σ осадков, мм	9,0	33,0	52,0
	ГТК	0,13	0,55	0,88
колошение – полная спелость	с. с. t, °C	24,1	22,1	19,9
	Σ осадков, мм	21,5	65,5	75,0
	ГТК	0,28	0,67	0,80
период вегетации	с. с. t, °C	21,9	18,9	17,9
	Σ осадков, мм	30,5	98,5	127,0
	ГТК	0,21	0,61	0,84

Анализ данных показал, что гидротермические условия вегетационных периодов являются критически важным фактором, определяющим продуктивность ярового ячменя. Проведенный анализ данных выявил существенную межгодовую изменчивость метеорологических показателей, что позволяет рассматривать каждый сезон, как самостоятельный агрометеорологический вариант и дифференцировать реакцию сортов ячменя на контрастные условия.

Период «всходы – колошение» (начальный этап роста) демонстрирует выраженный градиент увеличения влагообеспеченности в начальный межфазный

период на фоне заметного снижения термического режима: 2021 год характеризовался экстремальной почвенной засухой, о чем свидетельствует минимальный за три года ГТК (0,13) при рекордно высокой средней температуре (19,6 °C) и ничтожном количестве осадков (9 мм); 2022 и 2023 годы были существенно прохладнее (15,7 и 15,9 °C) и, что важнее, более влажными. Сумма осадков возростала более чем в 3,5 раза в 2022 г. (33 мм) и почти в 6 раз в 2023 г. (52 мм) по сравнению с 2021 г. Соответственно, ГТК повысился до 0,55 и 0,88, что указывает на переход от резкого дефицита влаги (2021) к умеренно засушливым

(2022) и близким к оптимальным (2023) условиям в данной фенологической фазе.

В критический для урожая период «колошение – полная спелость» (цветение, налив зерна) наблюдалась схожая, но менее контрастная тенденция: 2021 год оставался жарким (24,1 °C) и крайне засушливым (ГТК = 0,28), что неизбежно вело к значительной потере продуктивности из-за пагубного воздействия воздушной засухи и жары на процессы оплодотворения и накопления ассимилятов в зерне; 2022 и 2023 годы были более благоприятными: температура плавно снижалась (22,1 и 19,9 °C), а количество осадков и ГТК последовательно возрастали (соответственно 65,5 мм и ГТК = 0,67; 75,0 мм и ГТК = 0,80). Особенно благоприятным для завершающей фазы развития выдался 2023 год, сочетающий достаточное влагообеспечение (наивысшее за годы исследований) со сравнительно мягким температурным режимом.

Интегральная оценка показала, что суммарные показатели за весь период вегетации наглядно иллюстрируют общую направленность изменений погодных условий в годы исследований. Прослеживается четкий тренд на постепенное смягчение термического режима: от аномально жаркого 2021 года (с. с. t = 21,9 °C) через умеренно теплый 2022 год (18,9 °C) к наиболее прохладному 2023 году (17,9 °C). Одновременно с этим отмечается монотонный рост суммы осадков: от 30,5 мм (сильная засуха) в 2021 г., через 98,5 мм (недостаточное увлажнение) в 2022 г., к 127,0 мм (достаточное увлажнение) в 2023 г. Как следствие, гидротермический коэффициент изменялся от крайне засушливых значений (0,21) через значения, близкие к норме (0,61) в 2022 г., до почти оптимальных (0,84) в 2023 году. Таким образом, три года исследований репрезентативно охватывают спектр условий от экстремально засушливых до вполне благоприятных для роста и развития ярового ячменя.

Полученные данные объективно отражают высокую контрастность гидротермических условий в годы проведения полевых опытов: 2021 год можно классифицировать как экстремально засушливый и жаркий, 2022 – как умеренно засушливый с неравномерным распределением осадков, а 2023 – как наиболее влагообеспеченный и умеренный по температурному режиму. Такое разнообразие метеоусловий предоставляет уникальную возможность для достоверной оценки устойчивости изучаемых сортов ярового ячменя к абиотическим стрессорам различной интенсивности.

Проведенные трехлетние исследования позволили выявить достоверное влияние, как генетических особенностей сорта, так и условий вегетационного периода на продуктивность и качество зерна ярового ячменя.

Средняя урожайность по сортам за три года составила $3,44 \pm 0,06$ т/га с доверительным интервалом от 3,30 до 3,58 т/га (табл. 2). Проведенный дисперсионный анализ подтвердил высокую достоверность различий между сортами, о чем свидетельствует значение F-критерия Фишера (13,65), превышающее табличное значение при $P < 0,05$. Максимальной средней

урожаемостью в условиях исследований характеризовался сорт Памяти Чепелева (3,78 т/га), что статистически значимо ($P < 0,05$) превышало среднее значение по опыту и показатели таких сортов, как Раушан (3,16 т/га) и Фандага (3,23 т/га). Высокий уровень урожайности также продемонстрировали сорта Эндан (3,51 т/га) и Тимерхан (3,52 т/га). Полученные нами результаты исследований о высокой урожайности зерна сорта Памяти Чепелева в засушливых условиях вегетации Предкамья согласуются с данными А. В. Безгодова и Р. А. Максимова [12]. Авторы при сравнительном изучении сортов ярового ячменя в засушливых условиях вегетации Свердловской области выявили, что сорт Памяти Чепелева менее требователен к влаге, чем другие сорта ярового ячменя, и в среднем за 5 лет превысил по урожайности зерна сорта Ача и Сонет.

Важным результатом является установление чрезвычайно высокой доли влияния фактора «год» на урожайность (94,5 %). Это научно обосновывает вывод о том, что варьирование погодных условий (таких как количество осадков, температурный режим) в течение трех лет исследований было основным фактором, определяющим уровень урожая, что маскировало генетический потенциал сортов в отдельные годы. Например, 2022 год был явно более благоприятным для ячменя (средняя урожайность 4,87 т/га), тогда как 2021 и 2023 гг. были менее продуктивными (1,53 и 3,91 т/га соответственно).

Среднее содержание сырого протеина в зерне составило $156,26 \pm 2,08$ г/кг сухого вещества. Достоверно высокое значение зафиксировано в 2021 г. и составило 167,59 г/кг сухого вещества. Обусловлено это засушливыми условиями периода вегетации (ГТК = 0,21). Исследованиями В. И. Блохина с соавторами [13] в условия Предкамья РТ выявлена достоверная на 1 % уровне значимости отрицательная связь между содержанием сырого протеина в зерне и ГТК периода вегетации ($r = -0,74$). Наибольшее накопление протеина отмечено у сорта Памяти Чепелева (170,63 г/кг), что достоверно выше среднего значения. Также высокими показателями характеризовались сорта Нур (164,00 г/кг) и Лаишевский (159,23 г/кг). Минимальное содержание протеина зафиксировано у сорта Тевкеч (147,35 г/кг).

Статистический анализ выявил достоверное влияние как сортовых особенностей ($F = 19,47$), так и условий года ($F = 21,96$). Наблюдается общая тенденция к снижению содержания протеина от 2021 г. (167,59 г/кг) к 2023 г. (146,12 г/кг), что связано с отрицательной корреляционной зависимостью между урожайностью и содержанием белка в зерне: в более урожайный 2022 год среднее содержание протеина было ниже, чем в менее урожайный 2021 год.

Полученные нами результаты исследований о высоком содержании сырого протеина в зерне сорта Памяти Чепелева на удобренном фоне питания согласуются с данными Н. Н. Шукина [14]. Автор при изучении семи сортов ярового ячменя на интенсивном агрофоне выявил, что сорт Памяти Чепелева характеризовался максимальным содержанием протеина в

зерне (190,0 г/кг сухого вещества)

Таблица 2. Урожайность зерна и биохимические показатели 1 кг сухого вещества зерна сортов ярового ячменя, 2021-2023 гг.

Table 2. Grain yield and biochemical indicators of 1 kg of dry matter of spring barley varieties, 2021-2023.

Сорт	Урожайность зерна, т/га				СП, г/кг СВ				ПП, г/кг СВ	ОЭ, МДж	ЭКЕ	Лизин, г/100 г протеина
	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее	2021 г.	2022 г.	2023 г.	среднее				
Лаишевский	1,52	4,99	3,71	3,41	164,4	162,5	150,8	159,23	121,01	14,99	1,49	3,91
Эндан	1,73	5,49	3,30	3,51	158,1	146,9	141,5	148,83	113,11	14,94	1,49	4,29*
Фандага	1,50	4,74	3,61	3,23	168,8	143,8	140,0	150,87	114,66	15,03	1,50	3,74
Памяти Чепелева	1,48	5,57	4,28	3,78*	184,4	168,1	159,4	170,63*	129,68*	15,15	1,51	3,86
Камашевский	1,49	4,88	4,06	3,48	158,8	153,8	146,9	153,17	116,41	14,93	1,49	4,04
Тимерхан	1,52	5,07	3,97	3,52	173,1	154,3	143,8	157,07	119,37	15,05	1,51	4,02
Нур	1,41	4,12	4,46	3,33	178,8	161,3	151,9	164,00	124,64	15,12	1,51	3,55
Раушан	1,54	4,16	3,78	3,16	165,6	157,5	147,7	156,93	119,27	15,18	1,52	3,65
Тевкеч	1,62	4,83	4,02	3,49	156,3	152,6	133,1	147,35	111,99	15,07	1,51	4,05
X±Sx	1,53•	4,87	3,91	3,44±0,06	167,59*	155,65	146,12	156,26±2,08	118,93±1,21	15,05±0,12	1,51±0,01	3,90±0,05
95 % ДИ				3,30-3,58				151,46-161,06	116,13-121,73	14,77-15,32	1,48-1,53	3,78-4,02
F-крит. Фишера	207,12			8,26	14,82			13,65	21,96	0,55	0,54	19,47
НСР ₀₅	0,35			0,18	8,14			9,38	5,60	н/з	н/з	0,15
Доля влияния, %	94,5				55,3							

Примечание: СП – сырой протеин, ПП – переваримый протеин, ОЭ – обменная энергия, ЭКЕ – энергетические кормовые единицы, X±Sx – среднее значение и ошибка среднего, 95 % ДИ – 95 % доверительный интервал для среднего, F-крит. Фишера – критическое значение F-критерия Фишера, НСР – наименьшая существенная разность для уровня значимости P = 0,05.

Динамика содержания переваримого протеина полностью коррелирует с содержанием сырого протеина, так как является его производной. Соответственно, максимальный показатель также у сорта Памяти Чепелева (129,68 г/кг).

Энергетическая ценность зерна (ОЭ и ЭКЕ) варьировала в незначительном диапазоне, средние значения составили 15,05±0,12 МДж и 1,51±0,01 ЭКЕ на кг сухого вещества. Статистически значимых различий между сортами по этому признаку не выявлено (F-критерий менее 1, НСР незначимо), что позволяет сделать вывод о стабильности энергетической питательности зерна ячменя и ее слабой зависимости от генотипа в условиях данного исследования.

Содержание лизина – критически важной незаменимой аминокислоты – в среднем составило 3,90±0,05 г на 100 г протеина. Наибольшей биологической ценностью протеиновой фракции характеризовался сорт Эндан (4,29 г/100 г протеина), что является статистически значимо более высоким показателем. Достаточно высокое содержание лизина отмечено также у сортов Тевкеч (4,05 г) и Камашевский (4,04 г). Минимальное значение зафиксировано у сорта Нур (3,55 г).

Качество зерна (содержание протеина и его состав) в большей степени зависело от генетических

особенностей сорта. Сорт Памяти Чепелева показал себя как лидер по общему содержанию сырого и переваримого протеина. Энергетическая ценность зерна была стабильной для всех сортов и не является сортоспецифическим признаком в рамках данного исследования. Для оценки биологической полноценности протеина ключевое значение имеет содержание лизина, где максимальным потенциалом обладал сорт Эндан, что делает его перспективным для использования в рационах, сбалансированных по незаменимым аминокислотам.

Таким образом, представленные данные научно обосновывают необходимость дифференцированного подхода к подбору сортов ячменя в зависимости от целевого назначения урожая: для получения высоких объемов зерна и корма с максимальным содержанием протеина или для производства комбикормов с повышенной биологической ценностью белка.

Таблица 3 демонстрирует продуктивность сортов ярового ячменя по выходу ключевых питательных и энергетических компонентов с единицы площади (1 га) в среднем за три года исследований. Анализ данных позволяет выявить достоверные межсортные различия по всем изучаемым показателям.

Таблица 3. Валовой сбор питательных и энергетических веществ с 1 га посева ярового ячменя (среднее за 2021-2023 гг.)**Table 3.** Gross yield of nutrients and energy substances from 1 ha of spring barley sowing (average for 2021-2023)

Сорт	СП, т/га	ПП, т/га	ОЭ, ГДж/га	ЭКЕ, у. ед./га	Лизина, кг/га
Лаишевский	0,54	0,41	51,07	5106,0	21,99
Эндан	0,52	0,39	52,39	5239,0	22,35
Фандага	0,49	0,37	49,34	4933,0	18,55
Памяти Чепелева	0,64*	0,48*	57,18*	5718,0*	24,87*
Камашевский	0,53	0,40	51,90	5190,0	21,49
Тимерхан	0,55	0,42	52,97	5296,0	22,21
Нур	0,54	0,41	50,39	5038,0	19,39
Раушан	0,49	0,37	47,97	4796,0	18,08
Тевкеч	0,51	0,39	52,58	5257,0	20,78
X±Sx	0,54±0,02	0,41±0,01	51,75±0,77	5175,0±77	20,99±0,65
95 % ДИ	0,50-0,58	0,38-0,44	49,99-53,52	4997,0-5352,0	19,50-22,49
F-крит. Фишера	8,72	8,72	11,65	11,66	10,72
HCP ₀₅	0,05	0,03	2,27	230,0	1,92

Примечание: СП – сырой протеин, ПП – переваримый протеин, ОЭ – обменная энергия, ЭКЕ – энергетические кормовые единицы, X±Sx – среднее значение и ошибка среднего, 95 % ДИ – 95 % доверительный интервал для среднего, F-крит. Фишера – критическое значение F-критерия Фишера, HCP – наименьшая существенная разность для уровня значимости P = 0,05.

Наибольший валовой сбор сырого протеина, переваримого протеина, обменной энергии, энергетических кормовых единиц и лизина отмечен у сорта Памяти Чепелева (0,64 т/га, 0,48 т/га, 57,18 ГДж/га, 5718,0 у. ед./га и 24,87 кг/га соответственно), что статистически значимо (P<0,05) превышает средние значения по группе. Данный сорт можно рассматривать как наиболее перспективный для использования в кормовых целях с точки зрения максимального выхода питательных веществ с гектара. Сорта Эндан, Тимерхан и Тевкеч показали результаты по содержанию обменной энергии и ЭКЕ, сопоставимые с лидером (в диапазоне 52,39-52,97 ГДж/га и 5239,0-5296,0 у. ед./га), однако уступили ему по сбору протеина и лизина.

Средние значения по группе сортов составили: 0,54±0,02 т/га для СП, 0,41±0,01 т/га для ПП, 51,75±0,77 ГДж/га для ОЭ, 5175,0±77 у. ед./га для ЭКЕ и 20,99±0,65 кг/га для лизина. Узкие 95 % доверительные интервалы для средних значений (например, 49,99-53,52 ГДж/га для ОЭ) указывают на высокую надежность и точность полученных оценок.

Статистическая достоверность различий подтверждается высокими значениями F-критерия Фишера (8,72-11,66), которые превышают критический уровень для всех признаков. Рассчитанный HCP_{0,05} (наименьшая существенная разность) позволяет утверждать, что разница между сортами является статистически значимой, если она превышает, например, 0,05 т/га для сырого протеина или 1,92 кг/га для лизина. Это подтверждает, что преимущество сорта Памяти Чепелева и различия между другими сортами не являются случайными и обусловлены их генетическими особенностями.

Сырой и переваримый протеин являются основными показателями белковой питательности корма. Валовой сбор с гектара критически важен для оценки общей продуктивности поля и планирования кормо-

вой базы. Обменная энергия и энергетические кормовые единицы отражают энергетическую ценность урожая. Показатель ЭКЕ является традиционным для отечественной зоотехнии, в то время как ОЭ (в ГДж) соответствует современным международным стандартам. Лизин – это незаменимая аминокислота, часто лимитирующая пищевую ценность ячменя для моногастричных животных. Сбор лизина с гектара напрямую влияет на качество и сбалансированность комбикормов.

Таким образом, представленные данные дают комплексную агроэкономическую оценку сортов, позволяя выбрать наиболее подходящий не только по урожайности, но и по питательной ценности получаемого корма.

Выводы.

1. Гидротермические условия в период вегетации являлись доминирующим фактором (экстремально засушливый и жаркий 2021 год (ГТК = 0,21), умеренно засушливый 2022 год (ГТК = 0,61) и наиболее влагообеспеченный и умеренный по температурному режиму 2023 год (ГТК = 0,84)), что позволило достоверно оценить устойчивость сортов к абиотическим стрессам, определяющим продуктивность и качество зерна ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан. Доля влияния фактора «год» на урожайность составила 94,5 %, что свидетельствует о нивелирующем воздействии экстремальных погодных условий на реализацию генетического потенциала сортов.

2. Установлены достоверные межсортные различия по продуктивности. Сорт Памяти Чепелева показал статистически значимое преимущество по урожайности (3,78 т/га), что делает его наиболее предпочтительным для возделывания в данном регионе с целью максимизации сбора зерна.

3. Качество зерна в большей степени, чем урожайность, определялось генетическими особенностями сортов. Наибольшее содержание сырого протеина отмечено у сорта Памяти Чепелева (170,63 г/кг), а максимальная биологическая ценность белка (содержание лизина 4,29 г/100 г протеина) – у сорта Эндан.

4. Энергетическая ценность зерна (ОЭ и ЭКЕ) была стабильной между сортами и не являлась сортоспецифическим признаком в условиях проведения опытов.

5. Комплексная оценка по валовому сбору питательных веществ с единицы площади подтвердила лидерство сорта Памяти Чепелева, который достоверно превзошел другие сорта по выходу сырого протеи-

на (0,64 т/га), переваримого протеина (0,48 т/га), обменной энергии (57,18 ГДж/га) и лизина (24,87 кг/га). Это определяет его высокую ценность для кормовых целей.

Таким образом, обоснована необходимость дифференцированного подхода к подбору сортов ярового ячменя в зависимости от целевого назначения урожая и оптимизации возделывания ярового ячменя в условиях Предкамья Республики Татарстан, она должна базироваться на учете контрастности гидротермических условий вегетационного периода и целевого подбора сортов, максимально отвечать соответствующим, конкретным производственным задачам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безгодков, А. В. Характеристика нового сорта ярового ячменя Памяти Чепелева и особенности технологии его возделывания / А. В. Безгодков, Р. А. Максимов // Научные исследования: от теории к практике: материалы X международной научно-практической конференции (Чебоксары, 30 октября 2016 г.). – 2016. – Т. 1. – № 4 (10). – С. 216-229. – DOI: 10.21661/r-113926.
2. Влияние минеральных удобрений на химический состав и питательность зерна сортов ярового ячменя, возделываемых в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Кормопроизводство. – 2024. – № 8. – С. 31-38. – DOI:10.30906/1562-0417-2024-8-31-38.
3. Кущева, О. В. Голозерный ячмень в технологии откорма свиней / О. В. Кущева // Вестник Алтайского Государственного Аграрного университета. – 2015. – № 1(123). – С. 103-106.
4. Левакова, О. В. Хозяйственно ценные показатели ячменя Любояр / О. В. Левакова, О. В. Гладышева, Л. М. Ерошенко // Аграрная наука. – 2024. – № 4 – С. 75-79. – DOI:10.32634/0869-8155-2024-381-4-75-79.
5. Ниязов, Н. С.-А. Истинная переваримость аминокислот ячменя / Н. С.-А. Ниязов // Животноводство России. – 2022. – № 5. – С. 23-24. – DOI:10.25701/ZZR.2022.05.05.0122.
6. Олехов, В. Р. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и показатели качества зерна ячменя / В. Р. Олехов, И. С. Тетерлев // Пермский Аграрный Вестник. – 2019. – № 4 (28). – С. 59-65.
7. Оценка качественных показателей зерна сортов и линий ярового ячменя / Л. М. Ерошенко, М. М. Ромахин, А. Н. Ерошенко [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. – Т. 20. – № 2. – С. 126-133. – DOI:10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133.
8. Содержание сырого протеина в зерне сортов ярового ячменя / В. И. Блохин, И. Ю. Никифорова, И. С. Ганиева [и др.] // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2024. – № 2(50). – С. 88-96. – DOI: 10.24412/2309-348X2024-2-88-96.
9. Сумина, А. В. Кормовая ценность зерна ячменя, выращенного в условиях юга России / А. В. Сумина, В. И. Полонский, А. А. Количенко // Вестник Хакасского Государственного университета им. Н.Ф. Катанова. – 2020. – № 3 (33). – С. 36-39.
10. Татаркина, Н. И. Использование питательных веществ рационов ремонтным молодняком крупной белой породы свиней / Н. И. Татаркина // Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 2(30). – С. 55-77.
11. Шулепова, О. В. Кормовые качества и продуктивная ценность различных сортов ярового ячменя в зависимости от предпосевной обработки в условиях Западной Сибири / О. В. Шулепова, Н. И. Татаркина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2018. – № 1. – С. 50-58.
12. Щенникова, И. Н. Экологическая стабильность сортов и селекционных линий ярового ячменя / И. Н. Щенникова, Л. П. Кокина, И. Ю. Зайцева // Вестник Марийского Государственного Университета. – 2018. – Т. 4. – № 3 (15). – С. 85-91.
13. Щукин, Н. Н. Адаптивность и хозяйственно-биологическая оценка сортов зернофуражных культур на дерново-подзолистых почвах Нечерноземья / Н. Н. Щукин // Инновации и продовольственная безопасность. – 2018. – № 3(21). – С. 127-137.
14. Changes in the nutrient composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) and of morphological fractions of sprouts / Luis T. Ortiz, Susana Velasco, Jesus Trevino et al. // Scientifica. – 2021. – pp. 1-7. – DOI:10.1155/2021/9968864.

REFERENCE

1. Bezgodov, A. V. Charakteristika novogo sorta yarovogo yachmenya Pamyati Chepeleva i osobennosti texnologii ego vozdeleyvaniya / A. V. Bezgodov, R. A. Maksimov // Nauchny`e issledovaniya: ot teorii k praktike: materialy` X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Cheboksary`, 30 oktyabrya 2016 g.). – 2016. – Т. 1. – № 4 (10). – S. 216-229. – DOI: 10.21661/r-113926.

2. Vliyanie mineral'ny'x udobrenij na ximicheskij sostav i pitatel'nost' zerna sortov yarovogo yachmenya, vozdeleyvaemy'x v usloviyax Predkamskoj zony` Respubliki Tatarstan / V. I. Bloxin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva [i dr.] // Kormoproizvodstvo. – 2024. – № 8. – С. 31-38. – DOI:10.30906/1562-0417-2024-8-31-38.
3. Kushheva, O. V. Golozerny`j yachmen` v tehnologii otkorma svinej / O. V. Kushheva // Vestnik Altajskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo universiteta. – 2015. – № 1(123). – С. 103-106.
4. Levakova, O. V. Xozyajstvenno cenny'e pokazateli yachmenya Lyuboyar / O. V. Levakova, O. V. Gladysheva, L. M. Eroshenko // Agrarnaya nauka. – 2024. – № 4 – С. 75-79. – DOI:10.32634/0869-8155-2024-381-4-75-79.
5. Niyazov, N. S.-A. Istinnaya perevarimost` aminokislot yachmenya / N. S.-A. Niyazov // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2022. – № 5. – С. 23-24. – DOI:10.25701/ZZR.2022.05.05.0122.
6. Olexov, V. R. Vliyanie predshhestvennikov i mineral'ny'x udobrenij na urozhajnost` i pokazateli kachestva zerna yachmenya / V. R. Olexov, I. S. Teterlev // Permskij Agrarny`j Vestnik. – 2019. – № 4 (28). – С. 59-65.
7. Ocenka kachestvenny'x pokazatelej zerna sortov i linij yarovogo yachmenya / L. M. Eroshenko, M. M. Romaxin, A. N. Eroshenko [i dr.] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2019. – Т. 20. – № 2. – С. 126-133. – DOI:10.30766/2072-9081.2019.20.2.126-133.
8. Soderzhanie sy`rogo proteina v zerne sortov yarovogo yachmenya / V. I. Bloxin, I. Yu. Nikiforova, I. S. Ganieva [i dr.] // Zernobobovy'e i krupyany'e kul`tury`. – 2024. – № 2(50). – С. 88-96. – DOI: 10.24412/2309-348X2024-2-88-96.
9. Sumina, A. V. Kormovaya cennost` zerna yachmenya, vy`rashennogo v usloviyax yuga Rossii / A. V. Sumina, V. I. Polonskij, A. A. Kolichenko // Vestnik Xakasskogo Gosudarstvennogo universiteta im. N.F. Katanova. – 2020. – № 3 (33). – С. 36-39.
10. Tatarkina, N. I. Ispol'zovanie pitatel'ny'x veshhestv racionov remontny`m molodnyakom krupnoj beloј porody` svinej / N. I. Tatarkina // Vestnik Kurganskoy GSXA. – 2019. – № 2(30). – С. 55-77.
11. Shulepova, O. V. Kormovy'e kachestva i produktivnaya cennost` razlichny'x sortov yarovogo yachmenya v zavisimosti ot predposevnoj obrabotki v usloviyax Zapadnoj Sibiri / O. V. Shulepova, N. I. Tatarkina // Kormlenie sel'skoxozyajstvenny'x zhivotny'x i kormoproizvodstvo. – 2018. – № 1. – С. 50-58.
12. Shhennikova, I. N. E`kologicheskaya stabil'nost` sortov i selekcionny'x linij yarovogo yachmenya / I. N. Shhennikova, L. P. Kokina, I. Yu. Zajceva // Vestnik Marijskogo Gosudarstvennogo Universiteta. – 2018. – Т. 4. – № 3 (15). – С. 85-91.
13. Shhukin, N. N. Adaptivnost` i xozyajstvenno-biologicheskaya ocenka sortov zernofurazhny'x kul'tur na dernovo-podzolisty'x pochvax Nechernozem`ya / N. N. Shhukin // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost`. – 2018. – № 3(21). – С. 127-137.
14. Changes in the nutrient composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) and of morphological fractions of sprouts / Luis T. Ortiz, Susana Velasco, Jesus Trevino et al. // Scientifica. – 2021. – pp. 1-7. – DOI:10.1155/2021/9968864.

Информация об авторах

1. **Блохин Василий Иванович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48, Республика Татарстан, Россия; e-mail: bvikazan@bk.ru.

2. **Никифорова Ирина Юрьевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48, Республика Татарстан, Россия; e-mail: irina220169@mail.ru.

3. **Ганиева Ирина Сергеевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48, Республика Татарстан, Россия; e-mail: irinaganieva1984@mail.ru.

4. **Ланочкина Марина Александровна**, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48, Республика Татарстан, Россия; e-mail: lmar2701@mail.ru.

5. **Малафеева Юлия Викторовна**, научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48, Республика Татарстан, Россия; e-mail: malxp@mail.ru.

6. **Дюрбин Денис Сегреевич**, младший научный сотрудник лаборатории селекции ярового ячменя, Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – обособленное структурное подразделение Федерального исследовательского центра «Казанский научный центр Российской академии наук», 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, д. 48, Республика Татарстан, Россия; e-mail: 19dyurbik83@mail.ru.

Information about the authors

1. **Blokhin Vasily Ivanovich**, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of the Spring Barley Selection Laboratory, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 420059, Kazan, Orenburg tract, 48, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: bvikazan@bk.ru.

2. **Nikiforova Irina Yuryevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Spring Barley Selection Laboratory, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 420059, Kazan, Orenburg tract, 48, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: irina220169@mail.ru.

3. **Ganieva Irina Sergeevna**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher of the Spring Barley Selection Laboratory, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 420059, Kazan, Orenburg tract, 48, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: irinaganieva1984@mail.ru.

4. **Lanochkina Marina Aleksandrovna**, research fellow of the Spring Barley Selection Laboratory, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 420059, Kazan, Orenburg tract, 48, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: lmar2701@mail.ru.

5. **Malafeeva Yulia Viktorovna**, research fellow of the Spring Barley Selection Laboratory, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 420059, Kazan, Orenburg tract, 48, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: malxp@mail.ru.

6. **Dyurbin Denis Segreevich**, junior research fellow of the Spring Barley Selection Laboratory, Tatar Scientific Research Institute of Agriculture is a separate structural unit of the Federal Research Center «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», 420059, Kazan, Orenburg tract, 48, Republic of Tatarstan, Russia; e-mail: 19dyurbik83@mail.ru.

Вклад авторов

Блохин В. И. – анализ результатов исследований, редактирование статьи.

Никифорова И. Ю. – анализ полученных данных, статистическая обработка, написание статьи.

Ганиева И. С. – участие в исследованиях, учеты и наблюдения.

Ланочкина М. А. – участие в исследованиях, подготовка образцов к посеву, посев, учеты и наблюдения.

Малафеева Ю. В. – участие в исследованиях, подготовка образцов к посеву, посев, учеты и наблюдения.

Дюрбин Д. С. – посев, уборка, подковка зерна к анализу.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Blokhin V. I. – analysis of research results, editing of the article.

Nikiforova I. Yu. – analysis of the obtained data, statistical processing, writing of the article.

Ganieva I. S. – participation in research, records and observations.

Lanochkina M. A. – participation in research, preparation of samples for sowing, sowing, records and observations.

Malafeeva Yu. V. – participation in research, preparation of samples for sowing, sowing, records and observations.

Dyurbin D. S. – sowing, harvesting, shoeing of grain for analysis.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 21.08.2025. Одобрена после рецензирования 25.08.2025. Дата опубликования 29.09.2025.

The article was received by the editorial office on 21.08.2025. Approved after review on 25.08.2025. Date of publication: 29.09.2025.