

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ MINI-TILL И NO-TILL НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ

А. И. Волков, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений, alex-volkov@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-6385-1150;

Л. Н. Прохорова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, lubashka-1502@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4619-9196;

Д. А. Иванов, магистр, аграрно-технологический институт, направление подготовки 35.04.06 Агроинженерия, danil02322ivanov@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-1871-9322

ФГБОУ ВО Марийский государственный университет,
424002, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, ул. Красноармейская, д. 71

Цель исследования – изучить влияние минимальной (mini-till), нулевой (no-till) и традиционной агротехнологий на урожай и качество ячменного пивоваренного зерна. Полевые опыты осуществляли в трехпольном севообороте с чередованием культур озимая рожь – яровая пшеница – ячмень на среднесуглинистой серой лесной почве Чувашии с содержанием гумуса 2,42 %; подвижного фосфора – 188 мг/кг; обменного калия – 160 мг/кг и обменной кислотностью 6,2. В вегетационном периоде 2020 г. гидротермический коэффициент составил 1,04; в 2021 г. – 0,60; а в 2022 г. – 1,05. Объектом изучения служил раннеспелый сорт Эльф. Традиционная агротехнология основывалась на осеннем дисковании и зяблевой вспашке, ранневесеннем бороновании, предпосевной культивации и посеве с последующим прикатыванием. Mini-till включала осеннее дискование, весеннюю культивацию и посев многофункциональным комплексом «Cultibar 9000». No-till состояла из осенней обработки гербицидом сплошного действия «Спрут Экстра» и «прямого» весеннего посева «Cultibar 9000». Норма высева составила 200 кг/га. Доза минеральных удобрений – $N_{30}P_{20}K_{20}$. Уход за посевами включал мероприятия по борьбе с сорной растительностью, болезнями и вредителями. В среднем наивысшая (2,49 т/га) урожайность зерна пивоваренного ячменя была получена при использовании технологии mini-till, а наименьшая (2,34 т/га) – по no-till. Средняя урожайность при традиционной агротехнологии была ниже максимальной на 0,03 т/га, но больше минимальной на 0,12 т/га. Анализ качественных характеристик свидетельствовал о достоверном влиянии агротехнологий на пивоваренные свойства ячменного зерна. Так, традиционная технология способствовала получению зерна 1-го класса, mini-till – 2-го класса, а no-till – 3-го класса межгосударственного стандарта.

Ключевые слова: mini-till, no-till, урожайность, качество, зерно, пивоваренный ячмень.

Для цитирования: Волков А. И., Прохорова Л. Н., Иванов Д. А. Влияние технологий mini-till и no-till на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 5. С. 95–100. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-94-5-95-100.



THE EFFECT OF MINI-TILL AND NO-TILL TECHNOLOGIES ON PRODUCTIVITY AND QUALITY OF MALTING BARLEY GRAIN

A. I. Volkov, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor, head of the department of general agriculture, plant growing, agrochemistry and plant protection, alex-volkov@bk.ru, ORCID ID: 0000-0001-6385-1150;

L. N. Prokhorova, Candidate of Agricultural Sciences, associate professor of the department of agroengineering and production technologies, processing of agricultural products, lubashka-1502@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-4619-9196;

D. A. Ivanov, Master's degree student, Agrarian and Technological Institute, direction of training 35.04.06 Agroengineering, danil02322ivanov@gmail.com, ORCID ID: 0009-0006-1871-9322

FSBEI HE Mari State University,
424002, Republic of Mari El, Yoshkar-Ola, Krasnoarmeyskaya Str., 71

The purpose of the current work was to study the effect of mini-till, no-till and traditional agricultural technologies on productivity and quality of malting barley grain. Field trials were carried out in three crop rotation sequences 'winter rye – spring wheat – barley' on medium loamy gray forest soil of Chuvashia with 2.42 % of humus; 188 mg/kg of mobile phosphorus; 160 mg/kg of exchangeable potassium and 6.2 of exchangeable acidity. During the vegetation period of 2020, the hydrothermal coefficient was 1.04; in 2021 it was 0.60; and in 2022 it was 1.05. The object of the study was an early-maturing variety 'Elf'. Traditional agricultural technology was based on autumn disk plowing and autumn plowing, early spring harrowing, seedbed cultivation and sowing with subsequent rolling. Mini-till cultivation included autumn disk plowing, spring cultivation and sowing with the multifunctional complex "Cultibar 9000". No-till cultivation consisted of autumn treatment with the non-selective herbicide "Sprut Extra" and "direct" spring sowing "Cultibar 9000". The seeding rate was 200 kg/ha. The dose of mineral fertilizers was $N_{30}P_{20}K_{20}$. The crops were protected from weeds, diseases, and pests. On average, the largest (2.49 t/ha) productivity of malting barley grain was obtained using mini-till technology, and the smallest (2.34 t/ha) when using no-till. The mean productivity with traditional agricultural

technology was lower than the maximum by 0.03 t/ha, but larger than the minimum by 0.12 t/ha. The analysis of the qualitative characteristics has shown a reliable effect of agricultural technologies on the brewing properties of barley grain. Thus, traditional technology contributed to obtaining grain of the 1st class, mini-till technology contributed to obtaining grain of the 2nd class, and no-till technology contributed to obtaining grain of the 3rd class of the interstate standard.

Keywords: mini-till, no-till, productivity, quality, grain, malting barley.

Введение. На современном этапе развития мирового растениеводства наметилась тенденция по увеличению площадей возделывания ячменя. Ареал его распространения охватывает Европу, Азию, Австралию, Африку, Северную и Южную Америки и проникает даже за Полярный круг (Shirdelmoghanloo et al., 2022; Kumar et al., 2023; Волков и др., 2023).

В Российской Федерации на кормовые, продовольственные и технические нужды культивируются озимые и яровые виды ячменя (Артюхова и др., 2020; Николаев и др., 2020; Хлыстунов и др., 2024). Оптимальные природно-экономические предпосылки для производства пивоваренного ячменя сформировались в Амурской, Белгородской, Брянской, Воронежской, Калининградской, Калужской, Курской, Липецкой, Орловской, Пензенской, Рязанской, Саратовской, Смоленской, Тамбовской и Тульской областях, а также в Мордовской, Татарской и Чувашской Республиках (Хрюкина и др., 2019). Именно в этих регионах сельхозпроизводители добиваются стабильно высоких урожаев ячменя с хорошими пивоваренными показателями (Еряшев и др., 2021; Волков и др., 2023; Волков и др., 2022).

В настоящее время непрерывный рост себестоимости зерна вынуждает отечественных аграриев искать новые способы удешевления его производства. К одним из них относятся применение технологий mini-till и no-till. Минимальная и нулевая технологии хорошо зарекомендовали себя в Поволжье при возделывании озимой ржи, озимой и яровой пшеницы, фуражного ячменя, кукурузы на зерно и силос (Volkov et al., 2021). Однако недостаточно изученным остается вопрос использования данных инновационных технологий при производстве пивоваренного ячменя.

Цель работы – изучить влияние mini-till и no-till на урожайность и качество пивоваренного ячменного зерна.

Материалы и методы исследований. Эксперименты проводили на территории Чувашской Республики в 2020–2022 гг. в трехпольном полевом севообороте со следующим чередованием культур: озимая рожь – яровая пшеница – ячмень. Почва – серая лесная среднесуглинистая; гумус – 2,42%; подвижный фосфор – 188 мг/кг; обменный калий – 160 мг/кг; кислотность (pH_{KCl}) – 6,2. Размер опытных делянок составил 1200 м², учетных – 100 м². Повторность опыта четырехкратная, размещение вариантов – методом рендомизированных повторений. В 2020 г. гидротермический коэффициент вегетационного периода составил 1,04; в 2021 г. – 0,60; а в 2022 г. – 1,05, что спо-

собствовало объективной оценке изучения влияния различных технологий возделывания на урожайность и качество зерна пивоваренного ячменя.

Объектом исследования служил районированный сорт ярового пивоваренного ячменя Эльф. Сорт среднеспелый, вегетационный период составляет 73–95 дней, включен в Госреестр по Северо-Западному, Центральному и Волго-Вятскому регионам. Двурядный среднерослый ячмень формирует прямостоячий куст и рыхлый остистый цилиндрический колос светло-желтого цвета. Максимальная масса 1000 зерен достигает 54 г. Сорт Эльф обладает высокой устойчивостью к полеганию и поражаемости различными видами головни, имеет среднюю засухоустойчивость, но восприимчив к мучнистой росе, стеблевой ржавчине и трем видам гельминтоспориозных пятнистостей.

Схема опыта

1. Традиционная технология возделывания пивоваренного ячменя (контроль) основывалась на осеннем дисковании БДМ-6 стерни предшественника на 6–8 см и вспашке ПЛН-5-35 на 20–22 см, ранневесеннем бороновании БЗСТ-1,0 на 4–6 см, предпосевной культивации КПС-4 на 6–8 см и посеве сеялкой СЗ-3,6 с последующим прикатыванием ЗКВГ-1,4.

2. Минимальная технология возделывания (mini-till) включала осеннее дискование БДМ-6 стерни предшественника на 6–8 см, весеннюю культивацию на 8–10 см тяжелым культиватором «Лидер» и посев многофункциональным комплексом «Cultibar 9000».

3. Нулевая технология возделывания (no-till) состояла из осенней обработки поля неселективным гербицидом сплошного действия «Спрут Экстра» (1,4 л/га) опрыскивателем ОМПС-2500 «Буря» и «прямого» весеннего посева многофункциональным комплексом «Cultibar 9000».

Посев проводили в первой декаде мая протравленными («Доспех-3» и «Контакт Макс») семенами из расчета 200 кг/га с одновременным внесением комплексных минеральных удобрений ($\text{N}_{30}\text{P}_{20}\text{K}_{20}$). Уход за посевами включал первую обработку полей баковой смесью гербицидов «Примадонна» и «Гранат» с аммиачной селитрой (10 кг/га) в фазу раннего кущения и вторую обработку в фазу колошения – фунгицидом «Цимус Прогресс» с инсектицидом «Питомец». Уборку урожая проводили в первой половине августа. Полевые опыты и статистическую обработку полученных результатов исследований осуществляли по общепринятым методикам.

Определение качественных показателей пивоваренного ячменя проводили

в соответствии с требованиями нормативных документов: ГОСТ 5060-86 «Ячмень пивоваренный. Технические условия» в 2020–2021 гг. и ГОСТ 5060-2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия» в 2022 году.

Результаты и их обсуждение. На урожайность зерна пивоваренного ячменя существенное достоверное влияние оказывала технология возделывания, но решающее значение было за погодными условиями, сложившими-

ся в ходе вегетации изучаемой культуры. Так, в 2020 г. недостаток почвенной влаги в фазу налива зерна не позволил растениям пивоваренного ячменя в полной мере реализовать свой продуктивный потенциал. Наибольшая (2,84 т/га) урожайность зерна в этом году была получена на варианте с традиционной технологией возделывания, а наименьшая (2,46 т/га) – с нулевой (табл. 1).

Таблица 1. Урожайность зерна пивоваренного ячменя, т/га
Table 1. Productivity of malting barley grain, t/ha

Технология	Годы исследований			Среднее за 3 года
	2020	2021	2022	
Традиционная	2,84	1,12	3,41	2,46
Mini-till	2,79	1,30	3,38	2,49
No-till	2,46	1,61	2,96	2,34
НСП ₀₅	0,21	0,15	0,24	0,10

Использование mini-till позволило сформировать на 0,33 т/га зерна больше, чем no-till, но меньше на 0,05 т/га, чем при традиционной технологии.

В 2021 г. отсутствие атмосферных осадков с фазы выхода в трубку ячменя до его колошения в совокупности с высокой температурой воздуха и почвы способствовали значительному недобору урожая данной культуры.

Определение количества продуктивной влаги показало, что минимальное (6 мм) ее количество в 0–20 см слое почвы было на опытных делянках с использованием традиционной агротехнологии, а наивысшее (13 мм) – на опытных участках с no-till. Значение данного показателя на делянках с mini-till было на 50 % больше, по сравнению с традиционной технологией возделывания, но на 31 % меньше, чем при no-till. Мульча, сформированная на поверхности поля при нулевой технологии, и в дальнейшем способствовала сохранению почвенной влаги, запасы которой в критические фазы формирования и налива зерна также были в 1,45 и 2,15 раза больше, чем в почве, обрабатываемой по минимальной и традиционной технологиям соответственно.

В данном засушливом году максимальная (1,61 т/га) урожайность была получена на варианте с no-till, а минимальная (1,12 т/га) – на варианте с традиционной технологией возделывания.

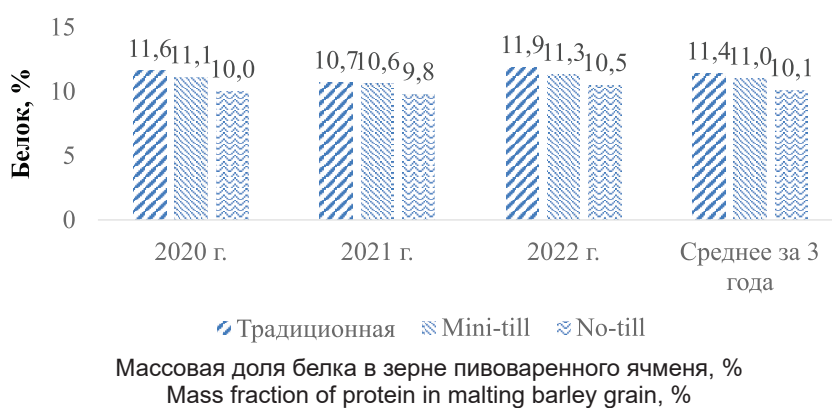
Равномерное распределение тепла и осадков в вегетационный период 2022 г. способствовало созданию благоприятных условий для получения наивысшей продуктивности пивоваренного ячменя. Наибольшая (3,41 т/га) урожайность зерна в этом году была получена на варианте с традиционной технологией возделывания, а минимальная (2,96 т/га) –

при no-till. Использование mini-till способствовало получению урожайности выше на 0,42 т/га, чем при no-till, но на 0,03 т/га ниже, чем при традиционной технологии.

Таким образом, максимальная (2,49 т/га) средняя урожайность пивоваренного ячменного зерна была получена при использовании mini-till, а минимальная (2,34 т/га) – при no-till. При традиционной агротехнологии значение данного показателя уступало максимальному на 0,03 т/га, но достоверно на 0,12 т/га превосходило минимальное значение.

Для пивоварения необходимо получать ячменное зерно с массовой долей белка не ниже 8 % и не выше 12 %. Ячменное зерно с низким содержанием белка не способно обеспечить пивные дрожжи полноценным белковым питанием, что замедляет процесс брожения. Некачественное брожение в свою очередь не позволяет сформировать молодому пиву характерный для него вкусовой и ароматический букет. Напротив, чрезмерное количество белка снижает содержание крахмала и экстрактивность зерна. Такое стекловидное ячменное зерно с высокой концентрацией белка медленнее разрыхляется, но подвержено быстрому самосогреванию при получении из него солода, что в дальнейшем негативно отражается на стойкости и прозрачности готового пива.

Результаты исследований по определению массовой доли белка в опытных зерновых образцах, представленных на рисунке, показывают, что минимальная, нулевая и традиционная агротехнологии совместно с умеренным применением азотных удобрений на серых лесных почвах в погодных условиях Чувашии позволяют выдерживать данный показатель на уровне 9,8–11,9 %, что соответствует требованиям нормативно-технической документации.



Технология возделывания оказывала непосредственное влияние на крупность получаемого зерна. Крупностью называется отношение массы ячменного зерна, сошедшего с сита, имеющего продолговатые отверстия размером 2,5 × 20,0 мм, к общей массе анализируемой навески. Крупность выражается в процентах и является одним из нормируемых показателей при получении солода.

Применение в солодоращении пивоваренного ячменя с высоким процентным содержанием мелкого зерна и пониженной крупностью

снижает выход готового солода из-за высоких потерь сухих веществ, что в конечном итоге отражается на качественных характеристиках готового продукта. Следовательно, использование в соложении большого количества мелкого зерна нецелесообразно как с технологической, так и с экономической точки зрения. Минимальная, нулевая и традиционная агротехнологии позволяют производить зерно, которое отвечает требованиям ГОСТ по количеству мелких зерен и крупности партии (табл. 2).

Таблица 2. Качественные характеристики зерна пивоваренного ячменя, среднее за три года, % (2020–2022 гг.)
Table 2. Quality characteristics of malting barley grain, average for three years (2020–2022), %

Технология	Показатели			
	мелкие зерна	крупность	способность к прорастанию	жизнеспособность
Традиционная	2,5	92,5	96,0	98,0
Mini-till	3,8	87,2	93,0	94,0
No-till	4,5	85,5	91,0	93,0

Пленчатость, или содержание мякины, также является одним из главных показателей пивоваренных качеств ячменного зерна. Пленчатость менее 7 % является слишком низкой, а выше 9,0 % считается избыточной. Высокая пленчатость ячменного зерна ведет к снижению экстрактивности начального сусла, появлению горечи и резкому ухудшению других вкусо-ароматических показателей пенного напитка. Низкая пленчатость также оказывает отрицательное влияние на технологию производства, цвет и вкус готового пива. В то же время измельченная мякина служит естественным фильтром, который удерживает выпадающий из сусла свернувшийся белок. В наших исследованиях пленчатость ячменного зерна не зависела от агротехнологии, находясь в пределах 7,9–8,8 % во все годы исследований.

Для формирования лучших технологических свойств зерно пивоваренного ячменя должно отлежаться и дозреть, поэтому способность к прорастанию и жизнеспособность мы определяли через 45 дней после уборки.

В пивоварении способность к прорастанию ячменного зерна определяют на 5-е сутки. Данный показатель свидетельствует об актив-

ности ферментативной системы каждой анализируемой зерновки. В ходе прорастания следят за интенсивностью и равномерностью развития корешков и самого проростка. Оптимальным считается тот проросток, длина которого не превышает размер проращиваемого зерна. Формирование большого числа удлинённых проростков и непроросших зерновок снижают качество получаемого солода. Проращивание необходимо для того, чтобы крахмал, содержащийся в зерновке, полностью превратился в сахар. Это впоследствии увеличивает экстрактивность сусла и выход пива, а главное, обогащает вкусо-ароматические свойства готового к употреблению пенного продукта.

Анализ способности к прорастанию зерен пивоваренного ячменя позволил выявить положительное влияние традиционной агротехнологии на данный показатель качества. Именно на этом варианте опыта было установлено максимальное (96,0 %) значение, которое на 3,0 и 5,0 % превосходило показатели, полученные по технологии mini-till и no-till соответственно.

Аналогичная закономерность была установлена нами и при определении количества

жизнеспособных пивоваренных ячменных зерен. Зерновки, которые были получены при использовании традиционной агротехнологии, отличались максимальной (98,0 %) жизнеспособностью, а минимальная (93,0 %) жизнеспособность была выявлена у зерновок при нулевой технологии возделывания.

Выводы. Максимальная (2,49 т/га) средняя урожайность пивоваренного ячменного зерна была получена при использовании mini-till, а минимальная (2,34 т/га) – при no-till. При традиционной агротехнологии значение данного показателя уступало максимальному на 0,03 т/га, но достоверно на 0,12 т/га превосходило минимальное значение. На серой лесной среднесуглинистой почве в погодных условиях Чувашской Республики технология mini-till способствует ежегодному получению стабильных урожаев ячменного пивоваренного зерна.

Наивысшими пивоваренными свойствами обладает ячменное зерно, которое полу-

чено с применением традиционной технологии возделывания. По массовой доле белка (11,4 %), концентрации мелких зерен (2,5 %), крупности партии (92,5 %), способности к прорастанию (96,0 %) и жизнеспособности (98,0 %) оно соответствует 1-му классу ГОСТ 5060-2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». Использование технологии mini-till позволяет производить ячменное пивоваренное зерно, которое по качественным показателям отвечает требованиям 2-го класса межгосударственного стандарта. Зерно ячменя 1-го и 2-го класса пригодно для выработки солода.

Применение технологии no-till по количеству мелких зерен (4,5 %), крупности партии (85,5 %) и способности к прорастанию (91,0 %) позволяет рассчитывать на получение пивоваренного зерна 3-го класса, которое в отличие от зерна 1-го и 2-го класса может использоваться в пивоварении только в виде несоложенного сырья.

Библиографические ссылки

1. Артюхова О. А., Гладышева О. В., Свирина В. А. Влияние элементов технологий возделывания на урожайность новых пивоваренных сортов ярового ячменя // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 2. С. 21–25. DOI: 10.30850/vrsn/2020/2/21-25
2. Волков А. И., Прохорова Л. Н., Селюнин В. В. Способ повышения урожайности ячменя при возделывании по no-till // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2022. Т. 8, № 1(29). С. 19–24. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-1-19-24
3. Волков А. И., Прохорова Л. Н., Селюнин В. В. Изучение эффективности прямого посева зерновых культур в Чувашской Республике // Зерновое хозяйство России. 2023. Т. 15, № 1. С. 89–93. DOI 10.31367/2079-8725-2023-84-1-89-93
4. ГОСТ 5060-2021 «Ячмень пивоваренный. Технические условия». М.: Российский институт стандартизации, 2021. 12 с.
5. Еряшев А. П., Козлова А. А., Железнов А. С. Эффективность возделывания пивоваренного ячменя на разных фонах минерального питания и нормах высева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1(53). С. 40–45. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-40-45
6. Николаев П. Н., Юсова О. А., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Реализация биологической урожайности ячменя ярового в условиях южной лесостепи Омской области // Аграрный вестник Урала. 2020. № 12(203). С. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34
7. Хлыстунов В. Ф., Донцова А. А., Донцов Д. П. Результаты оценки перспективных сортов и линий озимого ячменя // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 3. С. 60–67. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-60-67
8. Хрюкина Е. И., Гулидова В. А., Сергеев Г. Я. Пивоваренный ячмень: практическое руководство по выращиванию. Воронеж, 2019. 32 с.
9. Kumar V., Chaturvedi S. K., Singh G. P. Brief review of malting quality and frontier areas in barley // Cereal Research Communications. 2023. Vol. 51, № 1. P. 45–59. DOI: 10.1007/s42976-022-00292-z
10. Shirdelmoghanloo H., Chen K., Paynter B. H., Angessa T. T., Westcott S., Khan H. A., Li C. Grain-filling rate improves physical grain quality in barley under heat stress conditions during the grain-filling period // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 858652. DOI: 10.3389/fpls.2022.858652
11. Volkov A. I., Prohorova L. N., Shabalin R. A. The prospects for no-till in the cultivation of corn for grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 52011. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052011

References

1. Artyukhova O. A., Gladysheva O. V., Svirina V. A. Vliyanie elementov tekhnologii vozdelvaniya na urozhainost' novykh pivovarennykh sortov yarovogo yachmenya [The effect of cultivation technology elements on productivity of new brewing spring barley varieties] // Vestnik rossiiskoi sel'skokhozyaistvennoi nauki. 2020. № 2. S. 21–25. DOI: 10.30850/vrsn/2020/2/21-25
2. Volkov A. I., Prokhorova L. N., Selyunin V. V. Sposob povysheniya urozhainosti yachmenya pri vozdelvanii po no-till [A method for improving barley productivity under no-till cultivation] // Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki. 2022. T. 8, № 1(29). S. 19–24. DOI: 10.30914/2411-9687-2022-8-1-19-24
3. Volkov A. I., Prokhorova L. N., Selyunin V. V. Izuchenie effektivnosti pryamogo poseva zernovykh kul'tur v Chuvashskoi Respublike [Study of the efficiency of direct sowing of grain crops in the Chuvash Republic] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2023. T. 15, № 1. S. 89–93. DOI: 10.31367/2079-8725-2023-84-1-89-93

4. GOST 5060-2021 «Yachmen' pivovarennyi. Tekhnicheskie usloviya» [GOST 5060-2021 "Brewing barley. Technical conditions"]. M.: Rossiiskii institut standartizatsii, 2021. 12 s.
5. Eryashev A.P., Kozlova A.A., Zheleznov A.S. Effektivnost' vzdelyvaniya pivovarennogo yachmenya na raznykh fonakh mineral'nogo pitaniya i normakh vyseva [Efficiency of brewing barley cultivation on different backgrounds of mineral nutrition and seeding rates] // Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2021. № 1(53). S. 40–45. DOI: 10.18286/1816-4501-2021-1-40-45
6. Nikolaev P.N., Yusova O.A., Safonova I.V., Anis'kov N.I. Realizatsiya biologicheskoi urozhainosti yachmenya yarovogo v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti [Realization of biological productivity of spring barley in the conditions of the southern forest-steppe of the Omsk region] // Agrarnyi vestnik Urala. 2020. № 12(203). S. 22–34. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-203-12-22-34
7. Khlystunov V.F., Dontsova A.A., Dontsov D.P. Rezul'taty otsenki perspektivnykh sortov i linii ozimogo yachmenya [Estimation results of promising winter barley varieties and lines] // Zernovoe khozyaistvo Rossii. 2024. T. 16, № 3. S. 60–67. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-60-67
8. Khryukina E.I., Gulidova V.A., Sergeev G. Ya. Pivovarennyi yachmen': prakticheskoe rukovodstvo po vyrashchivaniyu [Brewing barley: a practical guide to growing]. Voronezh, 2019. 32 s.
9. Kumar V., Chaturvedi S.K., Singh G.P. Brief review of malting quality and frontier areas in barley // Cereal Research Communications. 2023. Vol. 51, № 1. P. 45–59. DOI: 10.1007/s42976-022-00292-z
10. Shirdelmoghanloo H., Chen K., Paynter B.H., Angessa T.T., Westcott S., Khan H.A., Li C. Grain-filling rate improves physical grain quality in barley under heat stress conditions during the grain-filling period // Frontiers in Plant Science. 2022. Vol. 13, Article number: 858652. DOI: 10.3389/fpls.2022.858652
11. Volkov A.I., Prohorova L.N., Shabalin R.A. The prospects for no-till in the cultivation of corn for grain // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 52011. DOI: 10.1088/1755-1315/677/5/052011

Поступила: 05.08.24; доработана после рецензирования: 10.09.24; принята к публикации: 11.09.24.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Волков А. И. – концептуализация исследования, выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Прохорова Л. Н. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных, подготовка рукописи; Иванов Д. А. – выполнение полевых опытов, сбор и анализ данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.