

Научная статья/Research Article

УДК 633.16:631.51:33

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-28-33

Юрий Борисович Анисимов¹, Анатолий Александрович Агеев^{2✉}, Юлия Сергеевна Мошкина³, Елена Леонидовна Калюжина⁴

^{1,2,3,4}Челябинский НИИ сельского хозяйства, п. Тимирязевский, Чебаркульский район, Челябинская область, Россия

¹anisimov.1964@bk.ru

²ageev.aa62@mail.ru

³Julija1987@mail.ru

⁴Kaljyuzhina.e@list.ru

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ НА ФОНЕ ПРЯМОГО ПОСЕВА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

В лаборатории агроландшафтного земледелия ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в течение 2014–2022 гг. проводили исследования с целью обоснования эффективности возделывания ярового ячменя на черноземе выщелоченном в условиях лесостепного агроландшафта Южного Урала. Получена высокая продуктивность ярового ячменя сорта Челябинский 99 на фоне систематического прямого посева при размещении последней культуры в четырехпольных севооборотах на различных фонах минерального питания. Потенциал урожайности ярового ячменя в регионе в производственных условиях в основном реализуется на 30–40 % от заявленного селекционерами и имеет сильную варьированность в зависимости от условий вегетации года. Определено влияние четырехпольных полевых севооборотов на урожайность и экономическую эффективность на естественном фоне плодородия и с внесением азотного минерального удобрения в дозах N_{40-50} в зависимости от предшественника. Производство зерна ярового ячменя было рентабельно в полевых севооборотах независимо от фона минерального питания и составило на естественном фоне от 40 до 63 %, при внесении азотного удобрения 53–73 %. Обеспечение потребности ярового ячменя в азотном питании позволяет в условиях прямого посева максимально увеличить потенциал урожайности в среднем на 58 %. Дополнительное азотное питание способствовало снижению варьированности урожайности на 10 % и позволило раскрыть предъявленный селекционерами потенциал культуры в среднем за девять лет до 56 %, в наиболее благоприятные годы – до 84 %.

Ключевые слова: адаптация, яровой ячмень, севооборот, прямой посев, урожайность, окупаемость, рентабельность

Для цитирования: Вариабельность урожайности ярового ячменя на фоне прямого посева в условиях Южного Урала / Ю.Б. Анисимов [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 12. С. 28–33. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-28-33.

Yuri Borisovich Anisimov¹, Anatoly Alexandrovich Ageev^{2✉}, Yulia Sergeevna Moshkina³, Elena Leonidovna Kalyuzhina⁴

^{1,2,3,4}Chelyabinsk Research Institute of Agriculture, Timiryazevsky village, Chebarkul District, Chelyabinsk Region, Russia

¹anisimov.1964@bk.ru

²ageev.aa62@mail.ru

³Julija 1987@mail.ru

⁴Kaljyuzhina.e@list.ru

VARIABILITY OF THE YIELD OF SPRING BARLEY AGAINST THE BACKGROUND OF DIRECT SOWING IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS

The laboratory of agrolandscape farming of the Chelyabinsk Research Institute of Agriculture during 2014–2022 conducted research to substantiate the effectiveness of cultivating spring barley on leached chernozem in the forest-steppe agrolandscape of the Southern Urals. High productivity of spring barley of the Chelyabinsky 99 variety was obtained against the background of systematic direct sowing when placing the latter crop in four-field crop rotations on various backgrounds of mineral nutrition. The yield potential of spring barley in the region under production conditions is mainly realized at 30–40 % of that declared by breeders and has strong variability depending on the growing season conditions of the year. The influence of four-field field crop rotations on productivity and economic efficiency was determined against a natural background of fertility and with the application of nitrogen mineral fertilizer in doses of N_{40-50} , depending on the predecessor. The production of spring barley grain was profitable in field crop rotations, regardless of the background of mineral nutrition and amounted from 40 to 63 % against the natural background, and 53 to 73 % when nitrogen fertilizer was applied. Meeting the nitrogen nutrition needs of spring barley allows, under direct sowing conditions, to maximize the yield potential by an average of 58 %. Additional nitrogen nutrition contributed to a reduction in yield variability by 10 % and made it possible to reveal the potential of the crop presented by breeders on average over nine years to 56 %, in the most favorable years – up to 84 %.

Keywords: adaptation, spring barley, crop rotation, direct sowing, yield, payback, profitability

For citation: Variability of the yield of spring barley against the background of direct sowing in the conditions of the South Urals / Yu.B. Anisimov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(12): 28–33. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-28-33.

Введение. Применение технологий производства растениеводческой продукции, без учета пространственной и временной изменчивости факторов среды, непосредственно влияет на продуктивность севооборота [1–3]. Специфические особенности сельскохозяйственных культур и условия окружающей среды определяют их экологическую устойчивость в технологии возделывания. Экологически обоснованное размещение культуры с учетом средообразующего влияния в технологии возделывания существенно увеличивает продуктивность агроландшафта. В настоящее время развитие систем земледелия в России идет по пути минимизации обработки почвы и применения прямого посева. Прямой посев имеет как достоинства, так и недостатки, которые по-разному проявляются в зависимости от почвенных и метеорологических условий. Одним из недостатков, выявленных исследователями, является снижение микробиологической активности почвы и соответственно пониженное азотное питание растений. Поэтому при минимизации обработки почвы и интенсификации производства главным вопросом является обеспечение растений минеральным питанием. Высокая пластичность и скороспелость культуры ярового ячменя делают ее незаменимой в условиях разнообразного по климатическим и почвенным условиям региона Южного Урала. Поэтому существует необходи-

мость определить экологическую устойчивость ярового ячменя на фоне минимизации обработки почвы и системы прямого посева в условиях лесостепного агроландшафта Южного Урала.

Селекционерами выведены новые высокопродуктивные сорта ярового ячменя, которые в условиях лесостепного агроландшафта Челябинской области способны формировать урожайность до 6,5–7,0 т/га и выше на высоком уровне агротехнологии. В производстве сборы зерна значительно ниже, что в основном связано с нарушением агротехники возделывания сорта и составляет в среднем 1,4 т/га. Одним из основных резервов повышения производства продукции ярового ячменя является реализация потенциала продуктивности культуры путем обеспечения благоприятными условиями в период вегетации для ее роста и развития [1, 2, 4, 5].

Низкий уровень продуктивности на практике обусловлен, наряду с другими причинами, в значительной степени низкой обеспеченностью почвы минеральным питанием. Восполнить этот недостаток можно дополнительным внесением минеральных, особенно азотных удобрений. При этом актуальным вопросом остается рациональное применение минеральных удобрений, стоимость которых в последние годы значительно возросла.

По мнению ряда исследователей, для повышения урожая ячменя окультуривание и углуб-

ление пахотного слоя имеют большое значение. Применение минимальных и нулевых обработок почвы под посев ярового ячменя не рекомендуется [6–8].

Лабораторией агроландшафтного земледелия ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» в 2008–2010 гг. на опытном поле (выщелоченный чернозем лесостепного агроландшафта) был получен самый высокий урожай ячменя (3,28 т/га) при применении отвальной системы обработки почвы. Минимизация обработки почвы (безотвальная обработка, культивация, дискование) способствовала получению более низкого урожая ячменя по сравнению с отвальной обработкой почвы. В среднем за три года эти различия составили 0,38–0,54 т/га.

Следовательно, по результатам исследования можно сделать вывод, что с уменьшением интенсивности обработки почвы и ее глубины урожайность ячменя снижается. Это говорит о требовательности этой культуры к качеству обработки почвы.

Совершенствование систем обработки почвы в современных условиях идет по направлению к минимизации и прямому посеву [9–11]. В связи с этим необходимо изучение реакции сорта зерновых культур, в частности ярового ячменя, и их адаптации к условиям прямого посева, что является актуальным и обладает элементом новизны.

Цель исследования – обоснование эффективности возделывания ярового ячменя на черноземе выщелоченном в системе нулевой обработки почвы с применением прямого посева в условиях лесостепного агроландшафта Южного Урала.

Объекты и методы. Лабораторией агроландшафтного земледелия ФГБНУ «Челябин-

ский НИИСХ» с 2014 г. заложен полевой опыт. На опытном поле изучали сельскохозяйственные культуры в полевых севооборотах на фоне систематического прямого посева, при котором механическая обработка почвы не проводилась. Весной за 7 дней до посева культур, при наличии сорняков и проросшей падалицы, применяли обработку гербицидом сплошного действия (глифосат) в рекомендуемых дозах. Посев сельскохозяйственных культур осуществляли стерневой сеялкой СС-6 в третьей декаде мая. В период кущения зерновых культур посевы обрабатывали рекомендуемыми селективными гербицидами. Защиту полевых культур от вредных объектов проводили при превышении порога вредоносности. В опыте применялось два уровня минерального питания: азотное удобрение под ячмень N₄₀₋₅₀ и без удобрений. Яровой ячмень сорта Челябинский 99 размещался в трех различных четырехпольных севооборотах. Учет урожая проводили прямым комбайнированием Sampo-500. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный маломощный тяжело-суглинистый с содержанием гумуса 6,0 %. Площадь элементарной делянки 154 м². Учетная площадь 64,4 м² (2,3 × 28 м). Повторность в опыте четырехкратная, делянки ориентированы с севера на юг, расположены в четыре яруса, рендомизация ограниченная.

Результаты и их обсуждение. Технология возделывания ярового ячменя сорта Челябинский 99 в различных полевых севооборотах, с применением систематического прямого посева на естественном и удобренном фонах минерального питания, обеспечивала высокую урожайность зерна (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность ярового ячменя, т/га, и вариабельность, %, в зависимости от вида севооборота и фона минерального питания (2014–2022 гг.)

Севооборот	Фон минерального питания		Среднее	V, %
	без удобрений	N ₄₀₋₅₀		
Люпин-пшеница-пшеница-ячмень	2,73	3,91	3,32	46,9
Соя-пшеница-горох+овес-ячмень	2,32	3,45	2,88	50,3
Пар-рапс-пшеница-ячмень	2,39	3,44	2,91	43,8
В среднем	2,48	3,60	3,04	47,0
НСР ₀₅ севообороты 0,199 т/га; НСР ₀₅ удобрения 0,163 т/га; Sx = 1,53 %				
Коэффициент вариации урожайности по годам (V), %	50,1	40,0	–	10,1
НСР ₀₅ севообороты 6,72 %; НСР ₀₅ удобрения 5,49 %; Sx = 3,45 %				

Разнообразие агроклиматических условий вегетации на Южном Урале в годы исследований в разной степени раскрывали потенциал урожайности сельскохозяйственных культур, и в частности ярового ячменя. Максимальная урожайность культуры в благоприятные по агроклиматическим условиям годы достигала до 4,25 т/га на естественном фоне минерального питания, а при внесении азотного удобрения до 5,89 т/га. Изменчивость урожайности в зависимости от условий вегетации года на фоне естественного плодородия почвы составила 50,1 %, а при внесении удобрения 40 %. Азотное минеральное удобрение способствовало снижению варьированности урожайности ячменя на 10,1 %.

Обеспечение потребности культуры в азотном питании при применении прямого посева позволило реализовать потенциал урожайности ярового ячменя к параметрам созданного сорта в среднем за девять лет на 84 %.

По данным агрохимслужбы РФ, нормативная окупаемость килограмма минеральных удобрений в действующем веществе зерном возделываемой культуры составляет от 3,5 до 5,6 кг, в условиях интенсивной агротехнологии 8–10 кг [12, 13]. В наших исследованиях наибольшая прибавка от дополнительного азотного питания получена в полевых четырехпольных севооборотах – 1,13 и 1,18 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Окупаемость азотного удобрения увеличением урожайности зерна ярового ячменя в зависимости от вида севооборота (2014–2022 гг.), кг / кг д. в.

Севооборот	Доза, кг / га д. в.	Прибавка, т / га ±	Окупаемость зерном, кг/кг
Люпин-пшеница-пшеница-ячмень	N ₅₀	1,18	23,6
Соя-пшеница-горох+овес-ячмень	N ₄₀	1,13	28,2
Пар-рапс-пшеница-ячмень	N ₅₀	1,05	21,0
В среднем	N _{46,7}	1,12	24,3

Самая высокая окупаемость зерном была в зерновом севообороте с чередованием культур соя – пшеница – горох+овес – ячмень и составила 28,2 кг зерна ячменя на 1 кг внесенных удобрений. В результате расчета нами определена агрономическая эффективность использования азотных минеральных удобрений по формуле: $OU = \pm Y / \pm Z$, где OU – окупаемость удобрений; $\pm Y$ – разница в урожайности вариантов; $\pm Z$ – разница в затратах. В зерновом севообороте с люпином она достигала 72 %, зерновом севообороте с соей – 65 и зернопаровом – 54 %. Более низкая агрономическая эффективность применения минеральных удобрений в зернопаровом севообороте предположи-

тельно связана с наличием парового предшественника.

Экономическая эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в полевых севооборотах менялась по годам в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода и изменения цен на сельскохозяйственном рынке Уральского региона. В наших исследованиях получены самые высокие чистый доход (12 168 руб/га) и рентабельность (73 %) при возделывании ярового ячменя в севообороте с чередованием культур: люпин – пшеница – пшеница – ячмень на фоне внесения азотного минерального удобрения в дозе N₅₀ (табл. 3).

Таблица 3

Экономическая эффективность возделывания ярового ячменя в полевых севооборотах при применении систематического прямого посева (2014–2022 гг.)

Севооборот	Фон	Чистый доход, руб/га	Затраты, руб/га	Рентабельность, %
Люпин-пшеница-пшеница-ячмень	N ₀	7841	12360	63
	N ₅₀	12168	16765	73
Соя-пшеница-горох+овес-ячмень	N ₀	4914	12253	40
	N ₄₀	8883	16646	54
Пар-рапс-пшеница-ячмень	N ₀	5414	12271	44
	N ₅₀	8812	16643	53

Увеличение затрат на технологию возделывания ярового ячменя в основном связано с ростом цен на средства защиты растений и минеральные удобрения, который составил около 23 %. Рентабельность производства ячменя в изучаемых полевых севооборотах на фоне естественного плодородия почвы была на уровне 40–63 %. Применение азотного удобрения способствовало существенному росту рентабельности производства зерна на 10–14 % и увеличению чистого дохода на 3398–4327 руб. на 1 га пашни.

Заключение. Таким образом, технология возделывания ярового ячменя сорта Челябинский 99 в условиях лесостепного агроландшафта Южного Урала на выщелоченном черноземе с применением систематического прямого посева на различных фонах минерального питания в полевых севооборотах обеспечивала высокую урожайность и рентабельное производство зерна. Внесение азотного удобрения в дозе $N_{40=50}$ кг д. в. снижало вариабельность урожайности по годам на 10,1 % в сравнении с естественным фоном минерального питания. Реализация потенциала урожайности ярового ячменя местной селекции в благоприятные по метеоусловиям годы достигала 84 %. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что яровой ячмень сорта Челябинский 99 хорошо адаптирован к условиям лесостепного агроландшафта на фоне прямого посева. Научно обоснованный переход на новые элементы системы земледелия, включающие минимизацию обработки почвы и применение прямого посева в технологии возделывания зерновых культур, определяет перспективу их применения в современных агроэкологических и хозяйственных условиях земледелия Южного Урала.

Список источников

1. Погода и урожай. Основы растениеводства зерновых культур в Зауралье (пособие для фермеров и агротехнолога): монография / *Е.И. Шиятый* [и др.]; под ред. *Е.И. Шиято-го*. Челябинск: Южно-Уральский ГАУ, 2020. 264 с.
2. Рекомендации по агротехнологиям возделывания сельскохозяйственных культур в Челябинской области / Челябинский НИ-ИСХ. Челябинск: Искра-Профи. 2021. 56 с.
3. *Фоминцева Н.С., Гринец Л.В.* Эффективность возделывания ярового ячменя на Среднем Урале // Молодежь и наука. 2019. № 7-8. С. 84.
4. Технологии возделывания ярового ячменя в засушливых условиях Поволжья / *О.И. Горянин* [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 9. С. 42–47.
5. *Анисимов Ю.Б., Агеев А.А.* Оценка плодородия чернозема выщелоченного на фоне прямого посева зерновых культур в Южном Зауралье // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 68–73. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.
6. Биоэнергетическая эффективность возделывания сортов ярового ячменя в зависимости от технологии возделывания / *И.А. Горяинов* [и др.] // Рисоводство. 2018. № 1 (38). С. 61–65.
7. *Плескачев Ю.Н., Воронов С.И., Грабов Р.С.* Совершенствование системы основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 88–95.
8. *Горьайнов И.А., Бельтюков Л.П., Бершанский Р.Г.* Формирование урожайности сортов ярового ячменя в зависимости от технологии обработки почвы // Новости науки в АПК. 2018. № 1 (10). С. 33–37.
9. *Дриггер В.К.* Состояние проведения исследований по минимизации обработки почвы и прямому посеву // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (12). С. 8–16. DOI: 10.25930/0372-3054/001.5.12.2019.
10. *Власенко А.Н., Власенко Н.Г., Кудашкин П.И.* Эффективность No-till технологии на черноземных почвах северной лесостепи Западной Сибири // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (14). С. 6–13. DOI: 10.25930/2687-1254/001.5.14.2021.
11. Освоение технологии прямого посева на черноземах России / *А.Л. Иванов* [и др.] // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 2 (14). С. 18–36. DOI: 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021.
12. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / под ред. *А.Л. Иванова, Л.М. Державина*; Минсельхоз РФ. М.: РАСХН, 2008. 390 с.
13. Эффективность возрастающих доз минеральных удобрений при возделывании ярового ячменя сорта Новичок / *Ф.А. Попов* [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22, № 2. С. 254–263.

References

1. Pogoda i urozhaj. Osnovy rastenievodstva zernovykh kul'tur v Zaural'e (posobie dlya fermerov i agrotehnologa): monografiya / E.I. Shiyatyj [i dr.]; pod red. E.I. Shiyatogo. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skij GAU, 2020. 264 s.
2. Rekomendacii po agrotehnologiyam vozdel'yvaniya sel'skohozyajstvennykh kul'tur v Chelyabinskoj oblasti / Chelyabinskij NIISH. Chelyabinsk: Iskra-Profi. 2021. 56 s.
3. Fominceva N.S., Grinec L.V. `Effektivnost' vozdel'yvaniya yarovogo yachmenya na Srednem Urale // Molodezh' i nauka. 2019. № 7-8. S. 84.
4. Tehnologii vozdel'yvaniya yarovogo yachmenya v zasushlivykh usloviyakh Povolzh'ya / O.I. Goryainin [i dr.] // Dostizheniya nauki i tehniki APK. 2020. T. 34, № 9. S. 42–47.
5. Anisimov Yu.B., Ageev A.A. Ocenka plodorodiya chernozema vyschelochennogo na fone pryamogo poseva zernovykh kul'tur v Yuzhnom Zaural'e // Vestnik KrasGAU. 2021. № 10 (175). S. 68–73. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-10-68-73.
6. Bio`energeticheskaya `effektivnost' vozdel'yvaniya sortov yarovogo yachmenya v zavisimosti ot tehnologii vozdel'yvaniya / I.A. Goryainov [i dr.] // Risovodstvo. 2018. № 1 (38). S. 61–65.
7. Pleskachev Yu.N., Voronov S.I., Grabov R.S. Sovershenstvovanie sistemy osnovnoj obrabotki pochvy pri vozdel'yvanii yarovogo yachmenya // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 1 (57). S. 88–95.
8. Goryainov I.A., Bel'tyukov L.P., Bershanskij R.G. Formirovaniye urozhajnosti sortov yarovogo yachmenya v zavisimosti ot tehnologii obrabotki pochvy // Novosti nauki v APK. 2018. № 1 (10). S. 33–37.
9. Dridiger V.K. Sostoyaniye provedeniya issledovaniy po minimizacii obrabotki pochvy i pryamomu posevu // Sel'skohozyajstvennyy zhurnal. 2019. № 5 (12). S. 8–16. DOI: 10.25930/0372-3054/001.5.12.2019.
10. Vlasenko A.N., Vlasenko N.G., Kudashkin P.I. `Effektivnost' No-till tehnologii na chernozemnykh pchvah severnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Sel'skohozyajstvennyy zhurnal. 2021. № 5 (14). S. 6–13. DOI: 10.25930/2687-1254/001.5.14.2021.
11. Osvoeniye tehnologii pryamogo poseva na chernozemah Rossii / A.L. Ivanov [i dr.] // Sel'skohozyajstvennyy zhurnal. 2021. № 2 (14). S. 18–36. DOI: 10.25930/2687-1254/003.2.14.2021.
12. Metodicheskoe rukovodstvo po proektirovaniyu primeneniya udobrenij v tehnologiyah adaptivno-landshaftnogo zemledeliya / pod red. A.L. Ivanova, L.M. Derzhavina; Minsel'hoz RF. M.: RASHN, 2008. 390 s.
13. `Effektivnost' vozrastayuschih doz mineral'nykh udobrenij pri vozdel'yvanii yarovogo yachmenya sorta Novichok / F.A. Popov [i dr.] // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2021. T. 22, № 2. S. 254–263.

Статья принята к публикации 19.06.2023 / The article accepted for publication 19.06.2023.

Информация об авторах:

Юрий Борисович Анисимов¹, ведущий научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия, кандидат сельскохозяйственных наук

Анатолий Александрович Агеев², ведущий научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия, кандидат сельскохозяйственных наук

Юлия Сергеевна Мошкина³, научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия

Елена Леонидовна Калюжина⁴, научный сотрудник лаборатории агроландшафтного земледелия

Information about the authors:

Yuri Borisovich Anisimov¹, Leading Researcher at the Laboratory of Agrolandscape Farming, Candidate of Agricultural Sciences

Anatoly Alexandrovich Ageev², Leading Researcher at the Laboratory of Agrolandscape Farming, Candidate of Agricultural Sciences

Yulia Sergeevna Moshkina³, Researcher at the Laboratory of Agrolandscape Farming

Elena Leonidovna Kalyuzhina⁴, Researcher at the Laboratory of Agrolandscape Farming