

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЗЕРНОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ СВЕКЛОВИЧНЫХ СЕВООБОРОТОВ В ЛЕСОСТЕПИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ

Т. А. Дудкина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, dt5dt@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1116-4548;

В. И. Свиридов, доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, kafdgm@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-0899-2350
ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»,
305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70 б; e-mail: kurskfarc@mail.ru

Целью исследований являлось изучение влияния различных севооборотов и норм внесения минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя, продуктивность севооборотов и экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. Исследования проведены в стационарном полевом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» на черноземе типичном тяжелосуглинистом в 2015–2023 годах. Сельскохозяйственные культуры выращивали в трех севооборотах: 1 – зернопаропропашном (черный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень); 2 – зернопаропропашном сидеральном (сидеральный пар, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень); 3 – плодосменном (конские бобы на зерно, озимая пшеница, сахарная свекла, люпин белый на зерно, ячмень). В опыте сравнивались два контрастных уровня внесения минеральных удобрений – $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{52}P_{52}K_{52}$ на гектар севооборотной площади. Нетоварная часть урожая всех культур использовалась в качестве удобрения. Агротехника общепринятая для зоны. Установлено, что при всех погодных условиях наибольшая урожайность озимой пшеницы на низком фоне удобрений ($N_{30}P_{30}K_{30}$ на гектар севооборотной площади) достигается по сидеральному пару, а на более высоком ($N_{52}P_{52}K_{52}$ на гектар севооборотной площади) – по черному пару. Выявлено, что наиболее благоприятные условия для возделывания ячменя создавались при его возделывании по люпину белому на зерно. Повышение удобрений приводило к росту урожайности культур, но в то же время к снижению рентабельности производства продукции. Определено, что продуктивность севооборотов с паровыми предшественниками выше на 14 % по сравнению с севооборотом с бобовым предшественником (конские бобы на зерно). Согласно проведенным расчетам, в среднем за годы исследований наиболее рентабельным было выращивание озимой пшеницы по черному пару, а ярового ячменя – по люпину белому на зерно. При этом показатель уровня рентабельности производства продукции с повышением нормы внесения минеральных удобрений снижался, что связано с ростом производственных затрат.

Ключевые слова: урожайность, пшеница озимая, ячмень яровой, минеральные удобрения, севооборот, предшественники.

Для цитирования: Дудкина Т. А., Свиридов В. И. Повышение устойчивости зерновой продуктивности свекловичных севооборотов в лесостепи Центрального Черноземья // Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16, № 3. С. 85–93. DOI: 10.31367/2079-8725-2024-92-3-85-93.



SUSTAINABILITY IMPROVEMENT OF GRAIN PRODUCTIVITY OF BEET CROP ROTATIONS IN THE FOREST-STEPPE OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION

T. A. Dudkina, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, dt5dt@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1116-4548;

V. I. Sviridov, Doctor of Agricultural Sciences, senior researcher of the laboratory for crop rotations and adaptive agrotechnologies, kafdgm@yandex.ru,
ORCID ID: 0000-0003-0899-2350

FGBNU "Federal Agricultural Kursk Research Center",
305021; Kursk, st. Karl Marx, 70b, e-mail: kurskfarc@mail.ru

The purpose of the current study was to identify the effect of various crop rotations and rates of application of mineral fertilizers on productivity of winter wheat and spring barley, the productivity of crop rotations and the economic efficiency of cultivating crops. The study was carried out in a stationary field trial of the FSBSI "Kursk FARC" on typical heavy loamy blackearth (chernozem) in 2015–2023. Agricultural crops were grown in three crop rotations: 1 – grain-row fallow (black fallow, winter wheat, sugar beets, maize for silage, barley); 2 – grain-row green manure fallow (green manure fallow, winter wheat, sugar beets, maize for silage, barley); 3 – crop rotation (horse-bean for grain, winter wheat, sugar beets, white lupine for grain, barley). During the trial there have been compared two contrasting levels of mineral fertilizer application $N_{30}P_{30}K_{30}$ and $N_{52}P_{52}K_{52}$ per hectare of crop rotation area. The non-marketable portion of the harvest of all crops was used as fertilizer. Agricultural technology was generally conventional for the area. There has been established that, under all weather conditions, the highest yield of winter wheat at a low background of fertilization ($N_{30}P_{30}K_{30}$ per hectare of crop rotation area) is produced in green manure fallow, and at a high background of fertilization ($N_{52}P_{52}K_{52}$ per hectare of crop rotation area) in black fallow. There was found that the most favorable conditions for cultivating barley were created when cultivating with white lupine for grain. Fertilization increase led to productivity increase of the grain crops, but, at the same time, to a production profitability decrease. There has been determined that productivity of crop rotations with fallow forecrops is 14 % higher compared to crop rotations

with a legume forecrop (horse-bean for grain). According to calculations, on average over the years of study, the most profitable was the winter wheat cultivation in black fallow, and spring barley cultivation in white lupine for grain. At the same time, the indicator of production profitability level decreased with an increase in the rate of mineral fertilizing, which results in production costs' increase.

Keywords: productivity, winter wheat, spring barley, mineral fertilizers, crop rotation, forecrops.

Введение. Устойчивое развитие сельскохозяйственного производства является составной частью реализации Программы устойчивого развития человеческого общества, принятой на Международной конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г. с участием правительств практически всех стран мира (URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/rio1992>). Устойчивость необходима и при увеличении производства зерна в соответствии с Долгосрочной стратегией развития зернового комплекса Российской Федерации (URL: <http://docs.cntd.ru/document/560974985>). Объективно имеется два фактора, определяющих нестабильность урожайности зерновых культур. Первый из них – отклонение погодных условий от климатической нормы. Второй связан со снижением плодородия почвы из-за несоблюдения закона возврата (Акименко и др., 2022).

В Центрально-Черноземном регионе наибольшая доля в структуре зернового клина принадлежит озимой пшенице и яровому ячменю, устойчивости которых к стрессу, вызванному абиогенными факторами, пристальное внимание уделяется в зарубежных исследованиях (Macholdt et al., 2021; Slafer and Savin, 2023). Эти культуры хорошо откликаются на применение минеральных удобрений в сочетании с другими приемами повышения урожайности (Новичихин и Чайкин, 2022; Акименко и др., 2021; Дериглазова и др., 2023; Дубовик и др., 2019). Однако публикации, содержащие оценку факторов устойчивости урожайности этих культур, практически отсутствуют. Следует отметить, что возможность достижения устойчивой зерновой продуктивности ограничена в расположенных вблизи сахарных заводов специализированных свекловичных севооборотах, в которых высокая доля сахарной свеклы (20–25 %) затрудняет оптимизацию состава и размещения зерновых культур.

Целью исследований являлось изучение влияния различных севооборотов и норм внесения минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя, продуктивность севооборотов и экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур. Для ее достижения решались задачи: сопоставить урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя по разным предшественникам и уровням удобрений в севооборотах при различных погодных условиях; определить общую и зерновую продуктивность севооборотов в зависимости от чередования культур, уровня удобрений и погодных условий; дать оценку экономической эффективности вариантов возделывания озимой пшеницы и ячменя.

Материалы и методы исследований.

Исследования выполнены путем анализа экспериментального материала, полученного в стационарном опыте, заложенном в пространстве и времени всеми полями (вариантами) одновременно на черноземе типичном тяжелосуглинистом. Агрохимическая характеристика почвы опытного участка по слоям 0–20 и 20–40 см следующая: содержание гумуса по Тюрину – 5,28 и 4,94 %; рН_{KCl} – 6,35 и 6,70 ед.; гидролитическая кислотность Нг – 3,54 и 3,06 мг-экв./100 г; сумма поглощенных оснований – 30,0 и 31,4 мг-экв./100 г; азот щелочногидролизующий (по Корнфилду в модификации ЦИНАО) – 18,6 и 17,4 мг-экв./100 г; фосфор подвижный (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) – 100,9 и 94,9 мг/кг, калий подвижный (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) – 91,1 и 85,5 мг/кг соответственно.

Опытный участок находится на склоне северной экспозиции крутизной до 3°. Расположение вариантов систематическое в трехкратной повторности. Общая площадь делянок 202,5 м² (8,1 м x 25,0 м), учетная площадка варьировала в зависимости от уборочной техники.

Схемы севооборотов (фактор А) следующие: I (зернопаропропашной) – 1) черный пар, 2) озимая пшеница, 3) сахарная свекла, 4) кукуруза на силос, 5) ячмень; II (зернопаропропашной сидеральный) – 1) сидеральный пар (люпин белый в начале цветения), 2) озимая пшеница, 3) сахарная свекла, 4) кукуруза на силос, 5) ячмень; III (плодосменный) – 1) конские бобы на зерно, 2) озимая пшеница, 3) сахарная свекла, 4) люпин белый на зерно, 5) ячмень.

При выполнении настоящей работы сопоставлены два контрастных в опыте уровня удобренности – N₃₀P₃₀K₃₀ и N₅₂P₅₂K₅₂ кг д.в. на гектар севооборотной площади. Минеральные удобрения вносили разбросным способом под основную обработку непосредственно под озимую пшеницу и сахарную свеклу соответственно N₆₀P₆₀K₆₀ и N₉₀P₉₀K₉₀ кг д.в./га при низком уровне удобренности и N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ и N₁₆₀P₁₆₀K₁₆₀ кг д.в./га – при высоком уровне удобренности. Нетоварная часть урожая всех культур использовалась в качестве удобрения.

Минеральные удобрения (фактор В) непосредственно под ячмень не вносили, так как эта культура хорошо отзывается урожайностью на последствие удобрений, возрастающее по мере повышения уровня удобрений в севообороте (Куницын и Минакова, 2021).

Агротехника в опыте общепринятая для зоны. После зерновых, свеклы и кукурузы проводили вспашку. После конских бобов и для заделки в почву сидеральной массы применяли двукратную обработку тяжелыми дисковыми боронами.

Все расчеты выполняли в соответствии с методикой (Методика экономических исследований в агропромышленном комплексе, 1995). Оценка экономической эффективности озимой пшеницы и ярового ячменя проведена на основании отчетов об отраслевых показателях деятельности организаций агропромышленного комплекса Курской области в среднем за 2020–2022 годы. Учтены затраты, непосредственно связанные с получением урожая и относимые на себестоимость продукции: семена, оплата труда, нефтепродукты, средства защиты растений, удобрения, амортизация, накладные расходы.

Метеорологические условия в годы исследований сильно варьировали. Первоочередное значение для озимой пшеницы имели возможность получения своевременных всходов и важная для последующего развития культуры

продолжительность периода от всходов до прекращения осенней вегетации. На урожайности ячменя отрицательно сказалось сокращение вегетативной стадии развития по причине получения поздних всходов при холодной весне и быстрого нарастания суммы температур, особенно при недостатке осадков, во второй половине (после колошения) периода вегетации.

Результаты и их обсуждение. Абсолютная величина урожайности, независимо от уровня удобренности в севообороте, решающим образом зависела от погодных условий. В благоприятные годы по сравнению с неблагоприятными годами урожайность ячменя была выше в 1,4 раза, а озимой пшеницы – в 1,7 раза после конских бобов на зерно, в 1,4–1,5 раза – после черного пара и в 1,4 раза – после сидерального пара (табл. 1).

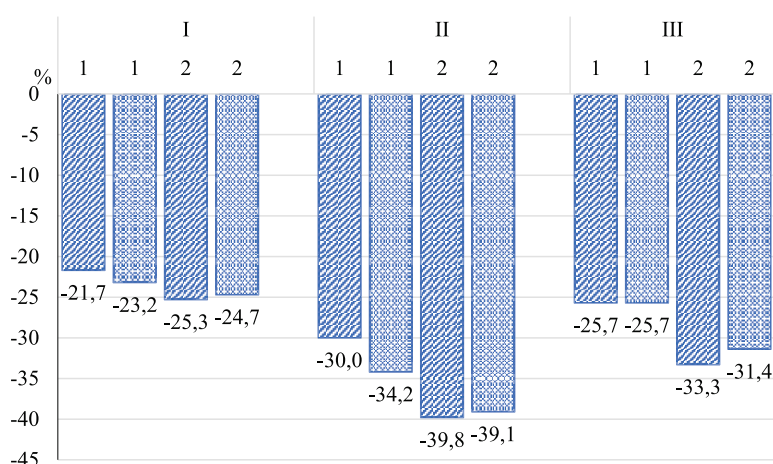
Таблица 1. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя в зависимости от предшественников и уровня удобренности при неодинаковых погодных условиях, т/га
Table 1. Productivity of winter wheat and spring barley depending on forecrops and fertilization level under different weather conditions, t/ha

Предшественники (А)	Дозы удобрений на 1 га севооборота, кг д.в. (В)	Группы лет по погодным условиям*			
		I 2016, 2020, 2023	II 2015, 2019	III 2017, 2018, 2021, 2022	Среднее за 2015–2023 гг.
Озимая пшеница					
Пар черный	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,54	3,68	5,40	5,06
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	6,49	4,70	6,49	6,09
Пар сидеральный	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,65	3,92	5,40	5,15
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	6,44	4,65	6,31	5,98
Конские бобы					
на зерно	$N_{30}P_{30}K_{30}$	4,34	2,58	4,01	3,80
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	4,85	2,83	4,33	4,17
Среднее	$N_{30}P_{30}K_{30}$	5,18	3,39	4,94	4,67
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	5,93	4,06	5,71	5,41
НСП ₀₅ , т/га	A	0,47	0,36	0,41	—
	B	0,37	0,31	0,34	—
	AB	0,63	0,52	0,48	—
Ячмень					
Кукуруза на силос	$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,72	3,99	3,57	3,38
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	2,96	4,28	3,97	3,70
Люпин белый на зерно	$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,96	4,28	3,92	3,65
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	3,20	4,55	4,47	4,06
Среднее	$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,84	4,14	3,75	3,52
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	3,08	4,42	4,22	3,88
НСП ₀₅ , т/га	A	0,21	0,18	0,26	—
	B	0,19	0,22	0,31	—
	AB	0,24	0,23	0,34	—

Примечание. * – Погодные условия: I – благоприятные для пшеницы и неблагоприятные для ячменя; II – неблагоприятные для пшеницы и благоприятные для ячменя; III – близкие к климатической норме.

Различия в урожайности озимой пшеницы были связаны с возможностью получения дружных и своевременных всходов, особенно после предшественника «конские бобы на зерно». В целом бобовые предшественники оказывают положительное влияние на последующие культуры, в том числе и на озимую пшеницу (Dudkina and Dolgopolova, 2015; Raya-Sereno et al., 2023).

Однако в условиях лесостепи Центрального Черноземья снижение ее урожайности после конских бобов по сравнению с лучшими предшественниками даже в благоприятные годы было в пределах 22–25 %. При неблагоприятных же условиях урожайность озимой пшеницы сокращалась в 1,4–1,6 раза, что наглядно демонстрирует рисунок.



I, II и III – соответственно благоприятные, неблагоприятные и близкие к климатической норме погодные условия;

1 и 2 – внесено на 1 га севооборота кг д.в. соответственно $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{52}P_{52}K_{52}$

Снижение урожайности озимой пшеницы после бобов конских на зерно относительно размещения ее после черного и сидерального паров в зависимости от погодных условий и доз минеральных удобрений, %

Decrease of winter wheat productivity after horse-bean for grain relative to its placement after black and green manure fallows, depending on weather conditions and doses of mineral fertilizers, %

Лучшим предшественником ячменя был люпин белый на зерно, после которого прибавка урожайности в среднем за период исследований по сравнению с размещением его после кукурузы на силос на наименьшем и наибольшем фонах удобрения составила соответственно 0,27 и 0,45 т/га, или 8,0 и 12,2 %. Эта культура по сравнению с озимой пшени-

цей в меньшей степени откликалась на уровень удобрения в зависимости от погоды при определяющем влиянии последней на абсолютную величину урожайности.

Различия в урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя отразились на зерновой продуктивности всех севооборотов в неодинаковые по метеорологическим условиям годы (табл. 2).

Таблица 2. Продуктивность севооборотов в зависимости от чередования культур, уровня удобрения и погодных условий

Table 2. Productivity of crop rotations depending on crop rotation, fertilization level and weather conditions

Сбор с 1 га севооборота	Дозы удобрений на 1 га севооборота, кг д.в.	Группы лет по погодным условиям*			
		I 2016, 2020, 2023	II 2015, 2019	III 2017, 2018, 2021, 2022	Среднее за 2015–2023 гг.
Пар черный, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень					
Зерна, т	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,65	1,53	1,79	1,69
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	1,89	1,80	2,09	1,96
Обменной энергии, ГДж	$N_{30}P_{30}K_{30}$	65,8	63,3	66,1	65,7
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	73,4	70,8	76,2	73,5
Переваримого протеина, кг	$N_{30}P_{30}K_{30}$	390,2	372,9	398,9	396,7
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	437,8	420,5	460,5	442,1
Пар сидеральный, озимая пшеница, сахарная свекла, кукуруза на силос, ячмень					
Зерна, т	$N_{30}P_{30}K_{30}$	1,67	1,58	1,79	1,71
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	1,88	1,79	2,06	1,94
Обменной энергии, ГДж	$N_{30}P_{30}K_{30}$	66,0	64,1	66,7	65,3
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	73,3	71,0	76,8	73,9
Переваримого протеина, кг	$N_{30}P_{30}K_{30}$	392,4	379,4	398,9	402,1
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	436,7	425,9	457,2	443,2
Конские бобы на зерно, озимая пшеница, сахарная свекла, люпин белый на зерно, ячмень					
Зерна, т	$N_{30}P_{30}K_{30}$	2,40	2,23	2,55	2,41
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	2,60	2,40	2,78	2,62
Обменной энергии, ГДж	$N_{30}P_{30}K_{30}$	56,4	53,0	57,2	56,4
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	62,0	58,3	63,5	63,1
Переваримого протеина, кг	$N_{30}P_{30}K_{30}$	483,2	448,6	497,3	476,7
	$N_{52}P_{52}K_{52}$	524,3	489,7	543,7	522,0

Примечание. * – Погодные условия: I – благоприятные для пшеницы и неблагоприятные для ячменя; II – неблагоприятные для пшеницы и благоприятные для ячменя; III – близкие к климатической норме.

Наибольший сбор зерна получен в близкие к климатической норме годы, и был на 14–17 % больше, чем в неблагоприятные годы для озимой пшеницы. В близких к климатической норме условиях отмечена и наибольшая прибавка от увеличения нормы удобрений.

В севообороте, насыщенном зернобобовыми культурами на 40 %, зерновая продуктивность оказалась в 1,4 раза выше, чем в зернопаропропашном и сидеральном севооборотах, при том, что доля зерновых (вместе с бобовыми) в 2 раза больше. Не соответствующий увеличению площади прирост в сборе зерна объясняется меньшей урожайностью озимой пшеницы после конских бобов на зерно и сравнительно низкой урожайностью зернобобовых. Вместе с тем, сбор переваримого протеина в этом севообороте во все годы и на обоих уровнях удобрений был больше в 1,2 раза.

На общей продуктивности севооборотов погодные условия практически не отразились – различия не превысили 4 %. Прибавка в выходе обменной энергии (энергетический эквивалент кормовых единиц) была в пределах 9–11 %.

Судя по сбору зерна и содержанию в урожае переваримого протеина, наибольшая эффективность от повышения дозы минеральных удобрений на 1 га севооборотной площади была в зернопаропропашном севообороте с черным

паром. Увеличение этих показателей произошло соответственно на 13,8 и 11,4 %. Несколько уступал первому севообороту по рассматриваемым показателям зернопаропропашной севооборот с сидеральным паром – 13,4 и 10,2 % соответственно. Самая низкая прибавка сбора зерна и переваримого протеина от увеличения дозы минеральных удобрений отмечена в плодосменном севообороте – 8,7 и 9,5 %. Полученные закономерности в значительной степени связаны с различиями в урожайности сельскохозяйственных культур в разных севооборотах.

Если судить по показателю обменной энергии, то преимущество по эффекту от увеличения уровня удобренности имел севооборот с сидеральным паром – 13,2 %. В двух других севооборотах этот показатель был одинаковым – 11,9 %.

Стоимость произведенной продукции находится в зависимости от урожая сельскохозяйственных культур. Этот показатель при выращивании озимой пшеницы в опыте в среднем за годы исследований был выше при ее следовании в севообороте по черному и сидеральному парам. В вариантах, где предшественником озимой пшеницы были конские бобы на зерно, стоимость продукции снижалась в 1,3–1,5 раза (табл. 3).

Таблица 3. Экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы в зависимости от предшественников и уровня удобренности при неодинаковых погодных условиях (в расчете на 1 га в год)
Table 3. Economic efficiency of winter wheat growing depending on forecrops and fertilization level under different weather conditions (per 1 hectare per year)

Показатель	Предшественник	Дозы удобрений на 1 га севооборота, кг д.в.	Группы лет по погодным условиям*			
			I 2016, 2020, 2023	II 2015, 2019	III 2017, 2018, 2021, 2022	Среднее за 2015–2023 гг.
Стоимость продукции, тыс. руб.	Пар черный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	71,9	47,8	70,1	65,7
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	84,2	61,0	84,2	79,0
	Пар сидеральный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	73,3	50,9	70,1	66,8
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	83,6	60,4	81,9	77,6
	Конские бобы на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	56,3	33,5	52,0	49,3
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	63,0	36,7	56,2	54,1
Затраты на производство продукции, тыс. руб.	Пар черный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	31,6	21,5	30,8	29,0
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	37,8	28,1	37,8	35,7
	Пар сидеральный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	39,3	29,6	37,8	38,4
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	44,8	34,7	44,0	42,2
	Конские бобы на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	25,1	15,5	23,3	22,1
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	28,9	18,0	26,1	25,2
Чистый доход, тыс. руб.	Пар черный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	40,3	26,3	39,3	36,7
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	46,4	32,9	46,4	43,3
	Пар сидеральный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	34,0	21,3	32,3	28,4
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	38,8	25,7	37,9	35,4
	Конские бобы на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	31,2	18,0	28,7	27,2
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	34,1	18,7	30,1	28,9
Уровень рентабельности производства продукции, %	Пар черный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	127,5	122,3	127,6	126,6
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	122,8	117,1	122,8	121,3
	Пар сидеральный	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	86,5	72,0	85,4	74,0
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	86,6	74,1	86,1	83,9
	Конские бобы на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	124,3	116,1	123,2	123,1
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	118,0	103,9	115,3	114,7

Примечание. * – Погодные условия: I – благоприятные; II – неблагоприятные; III – близкие к климатической норме.

При повышении уровня удобренности некоторое преимущество по рассматриваемому показателю получал севооборот с черным паром, в то время как при более низкой норме внесения минеральных удобрений стоимость произведенной продукции была выше в севообороте с сидеральным паром. В благоприятные по погодным условиям годы по сравнению с неблагоприятными стоимость произведенного зерна озимой пшеницы по паровым предшественникам возрастала в 1,4–1,6 раза, а по непаровому предшественнику – в 1,7 раза.

Затраты на производство зерна озимой пшеницы наибольшими были при ее выращивании по сидеральному пару, а наименьшими – по конским бобам на зерно.

При всех погодных условиях и в среднем за исследуемый период лучшие показатели чистого дохода и уровня рентабельности от производства зерна озимой пшеницы были получены при ее выращивании по черному пару. При замене черного пара сидеральным в среднем за годы исследований чистый доход сни-

жался на низком фоне удобренности на 21,8 %, на высоком фоне – на 18,2 %; а уровень рентабельности – на 41,5 и 29,9 % соответственно. При выращивании озимой пшеницы по непаровому предшественнику (конским бобам на зерно) чистый доход был ниже, чем по черному и сидеральному парам, при низком уровне удобренности соответственно на 9,5 и 1,2 тыс. руб. в расчете на 1 га в год, а при высоком уровне удобренности – на 14,4 и 6,5 тыс. руб. соответственно. Рентабельность производства озимой пшеницы в плодосменном севообороте была выше, чем в севообороте с сидеральным паром, но ниже, чем в севообороте с черным паром. В благоприятные и близкие к климатической норме годы чистый доход и рентабельность повышались по сравнению с неблагоприятными по погодным условиям годами.

В среднем за годы исследований стоимость зерна ячменя была выше, когда эта культура возделывалась по люпину белому на зерно (табл. 4).

Таблица 4. Экономическая эффективность выращивания ячменя в зависимости от предшественников и уровня удобренности при неодинаковых погодных условиях (в расчете на 1 га в год)
Table 4. Economic efficiency of barley growing depending on forecrops and fertilization level under different weather conditions (per 1 hectare per year)

Показатель	Предшественник	Дозы удобрений на 1 га севооборота, кг д.в.	Группы лет по погодным условиям*			
			I 2016, 2020, 2023	II 2015, 2019	III 2017, 2018, 2021, 2022	Среднее за 2015–2023 гг.
Стоимость продукции, тыс. руб.	Кукуруза на силос	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	35,4	51,9	46,4	43,9
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	38,5	55,6	51,6	48,1
	Люпин белый на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	35,4	55,6	51,0	47,4
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	41,6	59,2	58,1	52,8
Затраты на производство продукции, тыс. руб.	Кукуруза на силос	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	18,7	26,7	24,1	22,9
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	21,3	29,6	27,7	26,0
	Люпин белый на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	20,2	28,5	29,3	24,6
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	22,8	31,4	30,8	28,3
Чистый доход, тыс. руб.	Кукуруза на силос	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	16,7	25,2	22,3	21,0
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	17,2	26,0	23,9	22,1
	Люпин белый на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	15,2	27,1	21,7	22,8
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	18,8	27,8	27,3	24,5
Уровень рентабельности производства продукции, %	Кукуруза на силос	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	92,8	94,4	92,5	91,7
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	80,8	87,8	86,3	85,0
	Люпин белый на зерно	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	75,2	95,1	74,1	92,7
		N ₅₂ P ₅₂ K ₅₂	82,5	88,5	88,6	86,6

Примечание. * – Погодные условия: I – неблагоприятные; II – благоприятные; III – близкие к климатической норме.

Этот предшественник имеет преимущество перед кукурузой на силос, поскольку повышает обеспеченность почвы азотом. Данная закономерность проявилась во все группы лет, различающиеся по погодным условиям. Увеличение уровня удобренности повышало стоимость произведенной продукции.

Рассматриваемый показатель значительно варьировал в зависимости от погодных условий года. В благоприятные годы стоимость произведенной продукции ячменя была выше,

чем в неблагоприятные: по кукурузе на силос – в 1,4 раза, а по люпину белому на зерно – в 1,5 раза.

Затраты на производство зерна ячменя были выше при выращивании этой культуры по люпину белому на зерно по сравнению с кукурузой на силос. Увеличение дозы минеральных удобрений вызывало увеличение затрат на производство продукции. В благоприятные годы рассматриваемый показатель повышался, что связано с ростом урожайности культуры.

В среднем за годы исследований чистый доход был выше при выращивании ярового ячменя в вариантах, где его предшественником был люпин белый на зерно и при увеличенной дозе минеральных удобрений. В благоприятные по погодным условиям годы, как показали наши исследования, чистый доход при возделывании ячменя был выше, чем в неблагоприятные годы, в 1,5 раза по кукурузе на силос и в 1,9 раза – при выращивании по люпину белому.

Сопоставление показателей эффективности выращивания ярового ячменя при разных погодных условиях свидетельствует о том, что в благоприятные по метеоусловиям годы, и в среднем за весь анализируемый период, более высокий уровень рентабельности производства зерна ячменя был получен при выращивании его по люпину белому на зерно.

Кукуруза на силос как предшественник ячменя имела преимущество по этому показателю лишь при низкой норме удобрений в неблагоприятные и близкие к климатической норме годы.

Так же как и при выращивании озимой пшеницы, повышение удобренности в большинстве случаев приводило к снижению уровня рентабельности производства зерна ячменя.

Выводы. Исследования показали, что урожайность озимой пшеницы и ячменя независимо от других исследуемых факторов определялась преимущественно сложившимися погодными условиями. В благоприятные годы по сравнению с неблагоприятными она возрастала в 1,4–1,7 раза. Лучшим предшественником озимой пшеницы при низком уровне удобренности был пар сидеральный, а на высоком фоне – пар черный. Значительно им уступал непаровой предшественник – конские бобы.

Во все годы, независимо от складывающихся погодных условий, и в среднем за период исследований лучшим предшественником ярового ячменя был люпин белый на зерно. Следует отметить, что в среднем по вариантам опыта урожайность озимой пшеницы была выше урожайности ярового ячменя в 1,4 раза.

При повышении нормы вносимых удобрений на 1 га севооборотной площади отмечался неуклонный рост урожайности этих культур. Различия в урожайности между фонами удобрений на озимой пшенице были выше по сравнению с ячменем, непосредственно под который минеральные удобрения не вносились.

Наибольшей зерновой продуктивностью (сбор зерна и переваримого протеина) в опыте выделялся плодосменный севооборот, что связано с большим числом полей зерновых культур (в плодосменном севообороте – 4 поля, в двух других – 2), но по другим показателям плодосменный севооборот уступал зернопаропропашному и сидеральному севооборотам.

Выход обменной энергии (энергетический эквивалент общей продуктивности севооборота) в зернопаропропашном севообороте с черным паром и зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром был на 14 % больше, чем в плодосменном севообороте.

Самый высокий чистый доход при производстве зерна озимой пшеницы был получен при ее выращивании по черному пару. В сидеральном севообороте чистый доход при выращивании пшеницы снижался на 18–22 % по фонедам удобренности, а в плодосменном – на 26–33 %.

Наивысший уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы в опыте был достигнут при ее выращивании по черному пару – 121–126 %. Несколько ниже он был по конским бобам на зерно – 115–123 %. Наиболее низким этот показатель был при выращивании пшеницы по сидеральному пару – 74–84 %, что связано с расходами на выращивание и заделку в почву сидеральной культуры.

Уровень рентабельности снижался по мере повышения нормы внесения удобрений, что связано с соответствующим ростом затрат. Экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы в благоприятные и в близкие к климатической норме годы была выше, чем в неблагоприятные годы.

В среднем за годы исследований чистый доход и уровень рентабельности производства зерна ячменя были выше при выращивании этой культуры по люпину белому на зерно по сравнению с кукурузой на силос: при высокой дозе удобрений – 21,0 и 22,8 тыс. руб., 91,7 и 92,7 % соответственно. Следует отметить, что чем более благоприятными были условия выращивания этой культуры, тем, как правило, меньше было преимущество люпина белого на зерно как предшественника и тем больше – кукурузы на силос. В нашем опыте на более удобренных вариантах чистый доход повышался, а рентабельность выращивания ячменя снижалась.

Библиографические ссылки

1. Акименко А. С., Свиридов В. И., Дудкина Т. А., Вавин В. Г. Зерновая продуктивность свекловичных севооборотов в зависимости от степени биологизации в условиях Центрального Черноземья // Земледелие. 2022. № 3. С. 12–18. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-12-16
2. Акименко А. С., Дудкин И. В., Логачев Ю. Б., Дудкина Т. А. Эффективность использования пашни в зависимости от сочетания удобрений в севооборотах // Земледелие. 2013. № 2. С. 10–12.
3. Дериглазова Г. М., Лазарев В. И., Минченко Ж. Н. Эффективность основных приемов и способов возделывания ярового ячменя в условиях ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 7. С. 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_7_34
4. Дубовик Д. В., Сухановский Ю. П., Нитченко Л. Б., Прущик А. В. Оценка ожидаемой урожайности по данным краткосрочных полевых опытов // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, № 8. С. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10801

5. Куницын Н.А., Минакова О.А. Последствие удобрений, применяемых в севообороте с сахарной свеклой, на плодородие чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерновых культур в Центральном Черноземье // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 6. С. 14–18. DOI: 10.31857/S250026272106003X
6. Методика экономических исследований в агропромышленном производстве / Под ред. В.Р. Боева. М.: ВНИЭСХ, 1995. 218 с.
7. Новичихин А.М., Чайкин В.В. Урожайность сортов ярового ячменя при различных уровнях минерального питания в сочетании со стимуляторами роста // Агрохимический вестник. 2022. № 3. С. 10–16. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-002
8. Официальный интернет-портал правовой информации [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/560974985> (дата обращения 10.12.23). http://pravo.gov.ru/?month=07&year=2022&weak_i=Y&ysclid=lwc8p57x5i436375320
9. Саммит Земли. Конференция Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД). Рио-де-Жанейро, Бразилия, 3–14 июня 1992 года [Электронный ресурс]. URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/rio1992> (дата обращения 10.12.23).
10. Dudkina T.A., Dolgoplova N.V. The role of weather conditions in the formation of yield and quality of winter wheat grain in central Chernozem Region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021». 2022. Article number: 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/954/1/012024
11. Slafer G.A., Savin R. Comparative performance of barley and wheat across a wide range of yielding conditions. Does barley outyield wheat consistently in low-yielding conditions? // European Journal of Agronomy. 2023. Vol. 143, Article number: 126689. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126689
12. Macholdt J.S., Hadasch H.-P., Piepho, Reckling M.A., Taghizadeh-Toosi, Christensen B.T. Yield variability trends of winter wheat and spring barley grown during 1932–2019 in the Askov Long-term Experiment // Field Crops Research. 2021. Vol. 264, Article number: 108083. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108083
13. Raya-Sereno M.D., Pancorbo J.L., Alonso-Ayuso M., Gabriel J.L., Quemada M. Winter wheat genotype ability to recover nitrogen supply by precedent crops under combined nitrogen and water scenarios // Field Crops Research. 2023. Vol. 290, Article number: 108758. DOI: 10.1016/j.fcr.2022.108758

References

1. Akimenko A.S., Sviridov V.I., Dudkina T.A., Vavin V.G. Zernovaya produktivnost' svezlovichnykh sevooborotov v zavisimosti ot stepeni biologizatsii v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya [Grain productivity of beet crop rotations depending on a biologization degree in the conditions of the Central Blackearth Region] // Zemledelie. 2022. № 3. S. 12–18. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-3-12-16
2. Akimenko A.S., Dudkin I.V., Logachev Yu. B., Dudkina T.A. Effektivnost' ispol'zovaniya pashni v zavisimosti ot sochetaniya udobrenii v sevooborotakh [Efficiency of arable land use depending on the combination of fertilizers in crop rotations] // Zemledelie. 2013. № 2. S. 10–12.
3. Deriglazova G.M., Lazarev V.I., Minchenko Zh. N. Effektivnost' osnovnykh priemov i sposobov vozdeystviya yarovogo yachmenya v usloviyakh TsChR [The effectiveness of the basic techniques and methods of cultivating spring barley in the conditions of the Central Black Sea Region] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37, № 7. S. 34–38. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_7_34
4. Dubovik D.V., Sukhanovskii Yu. P., Nitchenko L.B., Prushchik A.V. Otsenka ozhidaemoi urozhainosti po dannym kratkosrochnykh polevykh opytov [Estimation of the expected yield based on short-term field trials] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2019. T. 33, № 8. S. 5–9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10801
5. Kunitsin N.A., Minakova O.A. Posledeystvie udobrenii, primenyaemykh v sevooborote s sakharnoi svezkloi, na plodorodie chernozema vyshchelochennogo, urozhainost' i kachestvo zernovykh kul'tur v Tsentral'nom Chernozem'e [Aftereffect of fertilizers used in crop rotation with sugar beets on the fertility of leached black soil, productivity, and quality of grain crops in the Central Blackearth Region] // Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka. 2021. № 6. S. 14–18. DOI: 10.31857/S250026272106003X
6. Metodika ekonomicheskikh issledovaniy v agropromyshlennom proizvodstve [Methodology of economic research in agro-industrial production] / Pod red. V.R. Boeva. M.: VNIESKh, 1995. 218 s.
7. Novichikhin A.M., Chaikin V.V. Urozhainost' sortov yarovogo yachmenya pri razlichnykh urovnyakh mineral'nogo pitaniya v sochetanii so stimulyatorami rosta [Productivity of spring barley varieties at different levels of mineral nutrition in combination with growth stimulants] // Agrokhimicheskii vestnik. 2022. № 3. S. 10–16. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-3-002
8. Oftsial'nyi internet-portal pravovoi informatsii. [Official Internet portal of legal information] www.pravo.gov.ru, 17.10.2022. N 0001202210170035 [Elektronnyi resurs]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/560974985> (data obrashcheniya 10.12.23).
9. Sammit Zemli. Konferentsiya Organizatsii Ob'edinennykh Natsii po okruzhayushchei srede i razvitiyu (YuNSED) [Earth Summit. United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)]. Rio-de-Zhaneiro, Braziliya, 3–14 iyunya 1992 goda. URL: <https://www.un.org/ru/conferences/environment/rio1992> (data obrashcheniya 10.12.23).
10. Dudkina T.A., Dolgoplova N.V. The role of weather conditions in the formation of yield and quality of winter wheat grain in central Chernozem Region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «International Conference on World Technological Trends in Agribusiness, WTTA 2021». 2022. Article number: 012024. DOI: 10.1088/1755-1315/954/1/012024
11. Slafer G.A., Savin R. Comparative performance of barley and wheat across a wide range of yielding conditions. Does barley outyield wheat consistently in low-yielding conditions? // European Journal of Agronomy. 2023. Vol. 143, Article number: 126689. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126689

12. Macholdt J.S., Hadasch H.-P., Piepho, Reckling M.A., Taghizadeh-Toosi, Christensen B.T. Yield variability trends of winter wheat and spring barley grown during 1932–2019 in the Askov Long-term Experiment // Field Crops Research. 2021. Vol. 264, Article number: 108083. DOI: 10.1016/j.fcr.2021.108083

13. Raya-Sereno M.D., Pancorbo J.L., Alonso-Ayuso M., Gabriel J.L., Quemada M. Winter wheat genotype ability to recover nitrogen supply by precedent crops under combined nitrogen and water scenarios // Field Crops Research. 2023. Vol. 290, Article number: 108758. DOI: 10.1016/j.fcr.2022.108758

Поступила: 13.03.24; доработана после рецензирования: 21.04.24; принята к публикации: 22.04.24.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Дудкина Т.А., Свиридов В.И. – концептуализация исследования, выполнение полевых опытов и сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.