

DOI 10.5281/zenodo.10279290

EDN DCSZGI

УДК 633.11: 631.559:631.582: 631.82

Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б.

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТА РЕЛЬЕФА, СЕВООБОРОТОВ И ДОЗ УДОБРЕНИЙ
НА СТРУКТУРУ УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕЁ КАЧЕСТВО
В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОМ РЕГИОНЕ**

ФГБНУ «Курский ФАНЦ»

Реферат. Улучшение режима питания полевых культур одновременно с повышением плодородия почвы невозможно без севооборотов, которые дополнительно восполняют запасы органического вещества в почве и служат важным средством управления её плодородием. Цель исследований – оценка влияния элементов рельефа, севооборотов и доз минеральных удобрений на структуру урожая, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях ЦЧР. Работа выполнена в 2015–2016, 2019–2020 гг. в условиях стационарного многофакторного полевого опыта в ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр». Объекты исследований: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), элементы рельефа (склон северной экспозиции, водораздельное плато), севообороты (зернопаропропашиной, зернотравянопропашиной), системы удобрений (без удобрений, одинарная ($N_{20}P_{40}K_{40}$) и двойная ($N_{40}P_{80}K_{80}$) дозы). Различия в урожайности зерна озимой пшеницы по элементам рельефа были незначительными и составили 0,16 т/га с преимуществом на водораздельном плато. Наибольшая урожайность получена на склоне северной экспозиции в зернопаропропашином севообороте при внесении $N_{40}P_{80}K_{80}$ – 4,63 т/га, на водораздельном плато в аналогичном варианте урожайность составила 4,52 т/га. На склоне северной экспозиции в зернопаропропашином севообороте среднее количество продуктивных стеблей составило 427 шт./м², в зернотравянопропашином – 412 шт./м²; на водораздельном плато показатели были достоверно ниже – на 9 и 4 шт./м² соответственно. Количество зёрен в колосе существенно увеличилось (на 6–7 шт.) на водораздельном плато по сравнению со склоном северной экспозиции. Масса 1000 зёрен озимой пшеницы на склоне северной экспозиции превышала на 0,44–0,48 г этот показатель, полученный на водораздельном плато. Натура зерна на водораздельном плато была достоверно выше при внесении дозы удобрений $N_{40}P_{80}K_{80}$ – 755 г/л в зернопаропропашином севообороте и 745 г/л в зернотравянопропашином, чем на склоне северной экспозиции, где она составила 737 и 732 г/л соответственно. Наибольшее содержание белка отмечено при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ на склоне северной экспозиции в зернотравянопропашином севообороте – 13,5 %. Наибольшее содержание клейковины было при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ на склоне северной экспозиции в зернопаропропашином севообороте – 24,8 %.

Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), урожайность, структура урожая, качество зерна, севообороты, минеральные удобрения, элементы рельефа, Центрально-Черноземный регион.

Для цитирования: Лукьянов В. А., Нитченко Л. Б. Влияние элементов рельефа, севооборотов и доз удобрений на структуру урожая озимой пшеницы и ее качество в Центрально-Черноземном регионе // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 4(36). С. 113–123. EDN: DCSZGI. DOI: 10.5281/zenodo.10279290.

For citation: Lukyanov V. A., Nitchenko L. B. Influence of relief elements, crop rotations and fertilizer doses on winter wheat yield structure and quality under conditions of Central Chernozem Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 4 (36). P. 113–123. EDN: DCSZGI. DOI: 10.5281/zenodo.10279290.

Введение

Достигнутый в настоящее время уровень интенсификации сельскохозяйственного производства позволяет получать высокую урожайность зерновых культур, но вопрос эффективной системы удобрений в комплексе с оптимальным чередованием культур требует детальной проработки, особенно с целью внедрения ресурсосберегающих технологий. Поэтому необходима модернизация современных агротехнологий с целью максимального использования почвенно-климатического потенциала агроландшафтов и оптимизации использования ресурсной базы [1–3].

Улучшение режима питания полевых культур одновременно с повышением плодородия почвы невозможно без севооборотов, которые дополнительно восполняют запасы органического вещества в почве и служат важным средством управления её плодородием [4, 5]. Научкой и практикой установлено, что особенно благоприятные условия создаются при размещении культур по чистым парам, но, так как экономическая эффективность паров может быть ниже, часто используют непаровые предшественники [6–9]. По данным Турусова и др., для оценки интенсивности процессов гумусообразования необходимо проводить исследования с различными видами паров (чистый, сидеральный, занятый), а также бобовыми культурами, в том числе введением нетрадиционных культур (нут, соя, вика) как предшественников озимой пшеницы, чтобы разработать с их применением новые агротехнологии. Рапс в качестве предшественника для озимой пшеницы по наличию элементов питания несколько уступает черному пару, но при этом превосходит непаровые бобовые предшественники – нут и сою [10, 11].

Другой важный путь решения проблемы повышения урожайности и улучшения посевных качеств семян – подбор оптимального питания с использованием макро- и микроэлементов, органических удобрений и биологических препаратов [12–14]. Выбор эффективных доз удобрений для сельскохозяйственного производства при динамичных условиях развития является сложной задачей и требует систематических исследований [15–17]. Особенно важно выявить такие дозы, которые позволят получить наибольший экономический эффект и одновременно не ухудшить агрохимические показатели почв [18–20]. Хрунов и др. предложили метод определения доз удобрений по нормативам окупаемости с определением границ окупаемости для каждого удобрения с учётом величины прибавки урожая, который позволяет делать важные расчеты экономических показателей, руководствуясь обобщёнными результатами многочисленных полевых опытов с удобрениями [21].

По данным Шалапина В. В. и соавторов, удобрения улучшали не только питательный режим чернозема выщелоченного, но и способствовали повышению урожайности зерна озимой пшеницы. Установлено, что под действием азотных удобрений урожайность культуры составила 6,3 т/га, а прибавка – 1,2 т/га. Весеннее внесение азота в аммонийной и амидной формах способствовало получению достоверных прибавок урожая и улучшению качества зерна культуры [22].

В основу настоящих исследований легла многолетняя работа с минеральными формами удобрений в разных севооборотах при возделывании озимой пшеницы, в ходе которой установлены эффективные дозы и варианты севооборотов на разных элементах рельефа, способствующие улучшению показателей структуры урожая и качества зерна.

Цель исследований – оценка влияния элементов рельефа, севооборотов и минеральных удобрений на элементы структуры урожая и качественные показатели зерна озимой пшеницы в условиях ЦЧР.

Материалы и методы исследований

Работа выполнена в 2015–2016, 2019–2020 гг. в условиях стационарного многофакторного полевого опыта в ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный

центр». Опыт заложен на разных элементах рельефа (фактор А) – на склоне северной экспозиции (ССЭ) и водораздельном плато (ВП). Изучали следующие севообороты (фактор В): зернопаропропашной (ЗПП) (озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) – кукуруза (*Zea mays*) на зелёный корм – ячмень яровой (*Hordeum vulgare*) – чистый пар), зернотравянопропашной (ЗТП) (озимая пшеница – кукуруза на зелёный корм – ячмень яровой с подсевом эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria*) – эспарцет песчаный первого года пользования). Система удобрений (фактор С) была представлена вариантами без удобрений, удобрения в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ и N₄₀P₈₀K₈₀ кг д.в./га. Минеральные удобрения вносили вручную осенью под основную обработку почвы. Доза удобрений N₂₀P₄₀K₄₀ рассчитана для поддержания в почве уравновешенного баланса питательных веществ, доза N₄₀P₈₀K₈₀ – положительного в зависимости от уровня почвенного плодородия и потребности растений в элементах питания. Площадь посевных участков 100 м², повторность двукратная. Озимую пшеницу (сорт «Синтетик») высевали в количестве 5 млн шт. всхожих семян/га. Массу 1000 зёрен в озимой пшенице определяли по ГОСТ 10842-89, натуру зерна – ГОСТ 10840-64, содержание сырой клейковины – ГОСТ Р 54478-2011, содержание белка – ГОСТ 10846-91 [14]. Учёт урожая проводили прямым комбайнированием. Математический анализ экспериментальных данных выполняли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [23].

Почва опытного участка – чернозём типичный среднесуглинистый среднегумусный (таблица 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика почвы опытного участка

Показатель	ССЭ	ВП
Содержание гумуса (ГОСТ 26213-91), %	6,0	5,9
pH _{KCl} (ГОСТ 26483-85)	6,4	6,5
Щёлочногидролизующий азот (метод Корнфилда), мг/100 г	17,0	18,0
Подвижный фосфор (метод Чирикова в модификации ЦИНАО ГОСТ 26204-91), мг/100 г	10,3	14,8
Подвижный калий (метод Чирикова в модификации ЦИНАО ГОСТ 26204-91), мг/100 г	8,8	11,7

Агрометеорологические условия в период исследований характеризовались непостоянством влаги и тепла по годам. Погодные условия в период посева и всходов озимой пшеницы характеризовались повышенным температурным режимом и дефицитом осадков. Среднегодовая температура воздуха составила в среднем +9,1°С, что выше средней многолетней нормы на 2,6 °С. Количество выпавших осадков составило в среднем 699 мм или 107,8 % к средней многолетней норме. Количество выпавших осадков различалось по фазам развития озимой пшеницы. Активные температуры при возобновлении весенней вегетации культуры отмечены только с мая месяца. Гидротермические условия за весь вегетационный период озимой пшеницы в 2015–2016 гг. сложились избыточно влажные (ГТК = 1,64), в 2019–2020 гг. – достаточно влажные (ГТК = 1,52).

Результаты и их обсуждение

В наших исследованиях все изучаемые факторы оказывали существенное влияние на показатели структуры урожая озимой пшеницы (таблица 2). Элементы структуры урожая озимой пшеницы в большей степени изменялись под влиянием минеральных удобрений и севооборотов. На склоне северной экспозиции в зернопаропропашном севообороте количество продуктивных стеблей в среднем составило 427 шт./м², в зернотравянопропашном – достоверно меньше на 15 шт./м². Количество зёрен в колосе в зернопаропропашном севообороте на 2 шт. было выше (НСР₀₅ = 1 шт.), чем в зернотравянопропашном. В ЗПП севообороте получили большую на 0,80 г массу 1000 зёрен (42,54 г) по сравнению с ЗТП (НСР₀₅ = 0,36 г). Натура зерна на этой экспозиции была выше на 5 г/л между изучаемыми севооборотами.

В ЗПП севообороте в варианте без удобрений количество продуктивных стеблей составило 414 шт./м², в варианте с N₂₀P₄₀K₄₀ отмечено достоверное увеличение их количества на 16 шт./м², с дозой N₄₀P₈₀K₈₀ – на 22 шт./м² (НСР₀₅ = 3 шт./м²). В ЗТП севообороте увеличенная доза удобрений способствовала формированию большего количества продуктивных стеблей – 39 шт./м². В ЗПП севообороте с дозами N₂₀P₄₀K₄₀ и N₄₀P₈₀K₈₀ получено достоверное увеличение количества зёрен в колосе на 3 и 4 шт., в ЗТП – на 1 и 3 шт. соответственно при НСР₀₅ = 2 шт. Масса 1000 зёрен существенно изменялась под влиянием одинарной и двойной доз минеральных удобрений в ЗТП и двойной дозы в ЗПП севооборотах (НСР₀₅ = 0,44 г). Значимые различия (НСР₀₅ = 11 г/л) по натуре зерна озимой пшеницы наблюдали только между вариантом без удобрений и дозой N₄₀P₈₀K₈₀.

Таблица 2 – Влияние экспозиции, севооборотов и минеральных удобрений на структуру урожая озимой пшеницы (среднее за 2016, 2020 гг.)

Уровень минерального питания (фактор С)	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²		Количество зёрен в колосе, шт.		Масса 1000 зёрен, г		Натура зерна, г/л	
	элемент рельефа (фактор А)							
	ССЭ	ВП	ССЭ	ВП	ССЭ	ВП	ССЭ	ВП
севооборот (фактор В)								
зернопаропропашной (ЗПП)								
Без удобрений	414	410	34	41	42,34	41,13	732	742
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	430	420	37	42	42,37	41,53	735	759
N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	436	423	38	42	42,92	43,62	745	765
Средняя	427	418	36	42	42,54	42,10	737	755
зернотравянопропашной (ЗТП)								
Без удобрений	392	394	33	40	41,19	40,18	728	739
N ₂₀ P ₄₀ K ₄₀	412	409	34	41	41,97	40,76	732	743
N ₄₀ P ₈₀ K ₈₀	431	421	36	42	42,07	42,83	736	754
Средняя	412	408	34	41	41,74	41,26	732	745
НСР ₀₅	А	2		1		0,36		9
	В	2		1		0,36		9
	С	3		2		0,44		11

На водораздельном плато (ВП) среднее количество продуктивных стеблей в ЗТП было достоверно (НСР₀₅ = 2 шт./м²) меньше на 10 шт./м² по сравнению с ЗПП севооборотом. При использовании N₄₀P₈₀K₈₀ (ЗПП севооборот) отмечалось более высокое количество продуктивных стеблей – на 13 шт./м² (НСР₀₅ = 3 шт./м²). В ЗТП севообороте количество продуктивных стеблей находилось в пределах от 409 до 421 шт./м² в зависимости от доз удобрений. Количество зёрен в колосе озимой пшеницы в изучаемых севооборотах варьировало от 40 до 42 шт. и было практически равным 41–42 шт. (НСР₀₅ = 1 шт.). Масса 1000 зёрен изменялась существенно (НСР₀₅ = 0,44 г), увеличиваясь по сравнению с вариантом без удобрений: под влиянием одинарной и двойной доз минеральных удобрений в ЗТП севообороте соответственно на 0,58 и 2,65 г, в ЗПП – только от двойной дозы (на 2,49 г). Тенденция увеличения натуре зерна была сопряжена с двойной дозой минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀, при этом в ЗПП севообороте показано её наибольшие значения – 745 и 765 г/л соответственно по элементам рельефа.

Изучаемые факторы в опыте оказывали различную степень влияния на урожайность зерна озимой пшеницы: по элементам рельефа влияние было минимальным – 2,9 %, использование севооборотов увеличивало влияние до 22,5 %, с применением минеральных форм удобрений было отмечено самое высокое влияние – 67,4 % (таблица 3).

На ССЭ в ЗПП севообороте урожайность составила по дозам удобрений в среднем 3,86 т/га, в ЗТП севообороте она снижалась до 3,51 т/га или на 9,1 % ($НСР_{05} = 0,24$ т/га). На фоне отсутствия удобрений отмечалась самая низкая урожайность зерна озимой пшеницы, которая изменялась по севооборотам от 2,61 до 3,58 т/га. В ЗПП севообороте урожайность зерна достоверно повышалась при внесении $N_{20}P_{40}K_{40}$ на 1,38 т/га, при внесении $N_{40}P_{80}K_{80}$ – на 1,84 т/га, в ЗТП севообороте – соответственно на 1,02 и 1,67 т/га ($НСР_{05} = 0,29$ т/га).

На водораздельном плато показана менее высокая урожайность зерна озимой пшеницы, которая по ЗПП составила 4,13 т/га, по ЗТП – 3,56 т/га ($НСР_{05} = 0,24$ т/га). Использование минеральных удобрений в дозе $N_{20}P_{40}K_{40}$ в севообороте с паром приводило к росту урожайности до 4,30 т/га, при внесении $N_{40}P_{80}K_{80}$ – до 4,52 т/га, что на 0,94 т/га больше по сравнению с контролем; в севообороте с многолетними травами – соответственно, удобрения по одинарной и двойной дозам увеличивали сбор зерна на 0,74 и 0,95 т/га ($НСР_{05} = 0,29$ т/га). Максимальная урожайность озимой пшеницы 4,63 т/га была получена в ЗПП севообороте при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$.

Таблица 3 – Влияние изучаемых факторов на урожайность озимой пшеницы (среднее за 2016, 2020 гг.)

Элемент рельефа (фактор А)	Севооборот (фактор В)	Урожайность, т/га			
		Уровень минерального питания (фактор С)			
		без удобрений	$N_{20}P_{40}K_{40}$	$N_{40}P_{80}K_{80}$	средняя
Склон северной экспозиции	зернопаропропашной	2,79	4,17	4,63	3,86
	зернотравянопропашной	2,61	3,63	4,28	3,51
	среднее	2,70	3,90	4,46	3,69
Водораздельное плато	зернопаропропашной	3,58	4,30	4,52	4,13
	зернотравянопропашной	3,00	3,74	3,95	3,56
	среднее	3,29	4,02	4,24	3,85
Среднее	зернопаропропашной	3,19	4,24	4,58	4,00
	зернотравянопропашной	2,81	3,69	4,12	3,54
	среднее	3,00	3,96	4,35	3,77
$НСР_{05}$, т/га		A = 0,24; B = 0,24; C = 0,29; AB = 0,33; AC = 0,41; BC = 0,41; ABC = 0,58			
Доля влияния факторов, %		A = 2,9; B = 22,5; C = 67,4; AB = 0,5; AC = 6,0; BC = 0,3; ABC = 0,3			

Местоположение опытных делянок (фактор А) не приводило к значимому увеличению ($НСР_{05} = 1,1$ %) белка в зерне озимой пшеницы (рисунок 1). Так как урожайность озимой пшеницы в основном зависела от вносимых доз удобрений, то данный фактор оказал влияние и на содержание белка. В условиях северной экспозиции в ЗПП с $N_{20}P_{40}K_{40}$ его количество изменялось от 12,9 до 13,1 %, с $N_{40}P_{80}K_{80}$ – от 13,1 % до 13,5 %, но наибольшее существенное повышение белка было отмечено с $N_{40}P_{80}K_{80}$ в ЗТП севообороте ($НСР_{05} = 1,4$ %). На водораздельном плато эффективность доз минеральных удобрений была выше в ЗПП севообороте, в то время как в ЗТП отмечено низкое количество белка, что может быть связано с более высоким потреблением влаги из почвы многолетними травами, следствием чего явилось худшее использование доз минеральных удобрений.

В условиях водораздельного плато содержание белка в зерне озимой пшеницы увеличивалось относительно контрольного варианта в ЗПП севообороте по дозам минеральных удобрений соответственно до 12,8 и 13,1 %, в ЗТП – до 11,6 и 11,7 % ($НСР_{05} = 1,1$ %).

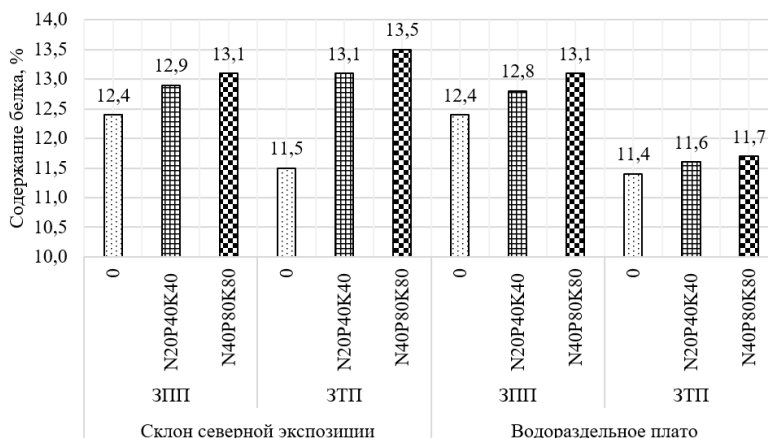


Рисунок 1 – Влияние экспозиции, севооборотов и минеральных удобрений на содержание белка в зерне озимой пшеницы (среднее за 2016, 2020 гг.)

Также не установлено значимого влияния ($НСР_{05} = 1,9 \%$) на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы (рисунок 2). На ССЭ её содержание в среднем составило 22,9 %, на ВП – 21,3 %, что на 1,6 % меньше. Содержание клейковины в зернопаропропашном севообороте было незначительно (в среднем на 1,2 % при $НСР_{05} = 1,9 \%$) выше по сравнению с зернотравянопропашным, а на ВП показана существенная разница (+ 3,2 %).

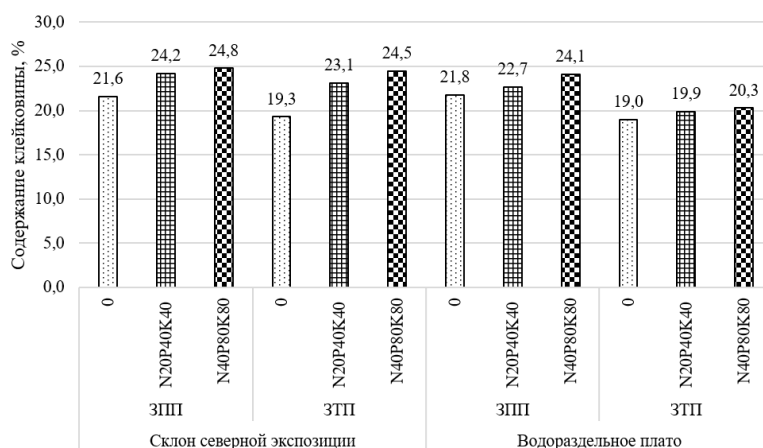


Рисунок 2 – Влияние экспозиции, севооборотов и минеральных удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы (среднее за 2016, 2020 гг.)

Минимальные значения клейковины отмечены в вариантах без применения минеральных удобрений, максимальные – при внесении N₄₀P₈₀K₈₀. Влияние севооборотов на ССЭ в среднем было незначимым ($НСР_{05} = 1,9 \%$). В ЗПП севообороте содержание клейковины в варианте без удобрений составило 21,6 %, в ЗТП оно снизилось до 19,3 %. С применением минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ клейковина существенно увеличивалась соответственно по севооборотам до 24,2 и 23,1 %, в дозе N₄₀P₈₀K₈₀ – до 24,8 и 24,5 % ($НСР_{05} = 2,3 \%$). На ВП содержание клейковины в зернопаропропашном севообороте в варианте без удобрений составило 21,8 %, в зернотравянопропашном её количество было самым низким – 19,0 %, с применением минеральных удобрений в дозе N₂₀P₄₀K₄₀ клейковина существенно

увеличивалась соответственно по севооборотам до 22,7 и 19,9 %, в дозе N₄₀P₈₀K₈₀ – до 24,1 и 20,3 % (НСР₀₅ = 2,3 %).

Рассмотрим степень связи по качественным показателям зерна с изучаемыми факторами (таблица 4). Местоположение опыта показывало умеренную отрицательную зависимость с содержанием белка и клейковины, где r составил -0,413 и -0,401 соответственно. По севооборотам с содержанием белка отмечена умеренная положительная связь, с содержанием клейковины связь была средняя ($r = 0,542$). Фактор С (удобрения) способствовал увеличению количества белка и клейковины и на этом фоне показана заметная степень связи ($r = 0,534$ и $0,608$ соответственно).

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции показателей качества зерна и изучаемых факторов

Показатель	Изучаемый фактор			Урожайность, т/га
	элементы рельефа (фактор А)	севооборот (фактор В)	удобрения (фактор С)	
Содержание белка, %	-0,413	0,460	0,534	0,680
Содержание клейковины, %	-0,401	0,542	0,608	0,769

Дополнительно рассчитанный коэффициент корреляции по урожайности озимой пшеницы составил по белку – 0,680, по клейковине – 0,769, что говорит о заметной и высокой степени связи урожайных данных с соответствующими показателями качества зерна.

Влияние изучаемых факторов на элементы структуры урожая, урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы подтверждается уравнениями, полученными при регрессионном анализе (таблица 5). Коэффициенты множественной детерминации R^2 показали долю вариации изучаемых показателей под действием изучаемых факторов.

Таблица 5 – Результаты регрессионного анализа экспериментальных данных

Показатель	Уравнения регрессии	R^2
Урожайность, т/га	$Y = 2,78 + 0,16X_1 + 0,46X_2 + 0,68X_3$	0,88
Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	$ПС = 400,38 - 6,33X_1 + 12,33X_2 + 12,62X_3$	0,89
Количество зёрен в колосе, шт.	$КЗ = 33,42 + 6,0X_1 + 1,33X_2 + 1,25X_3$	0,96
Масса 1000 зёрен, г	$МЗ = 40,91 - 0,47X_1 + 0,81X_2 + 0,82X_3$	0,75
Натура зерна, г/л	$Н = 723,46 + 15,67X_1 + 7,67X_2 + 7,38X_3$	0,92
Содержание белка, %	$Б = 11,96 - 0,58X_1 + 0,65X_2 + 0,46X_3$	0,67
Содержание клейковины, %	$К = 20,32 - 1,62X_1 + 2,18X_2 + 1,5X_3$	0,82

Примечание. X_1 – элемент рельефа, X_2 – севооборот, X_3 – удобрения.

Расчёт коэффициента детерминации показал, что заметная степень связи показана по содержанию белка в зерне озимой пшеницы, высокую зависимость наблюдали по массе 1000 зёрен, урожайности, количеству продуктивных стеблей, натуре зерна. Весьма высокая связь по изучаемым факторам опыта была по количеству зёрен в колосе и натуре зерна.

Выводы

В условиях ЦЧР проведены комплексные исследования по оценке влияния севооборотов и доз минеральных удобрений при размещении опыта на северной экспозиции и водораздельном плато. Установлено, что лучшие показатели структуры урожая озимой пшеницы отмечены в ЗПП севообороте при внесении дозы удобрений N₄₀P₈₀K₈₀. Количество продуктивных стеблей на склоне северной экспозиции в ЗПП в среднем составило 427 шт./м², в ЗТП – 412 шт./м², на водораздельном плато было

достоверно меньше – на 9 и 4 шт./м² соответственно. По другим элементам структуры урожая более высокие значения были получены на водораздельном плато, кроме количества зёрен в колосе (в среднем +6 и 7 шт. соответственно по севооборотам) по сравнению со склоном северной экспозиции.

Содержание белка зависело от используемых в опыте доз минеральных удобрений и севооборотов. В условиях ЗТП севооборота ССЭ получены его самые высокие значения с дозой N₄₀P₈₀K₈₀ – 13,5 %. На ССЭ его содержание в среднем составило 12,8 %, на ВП – 12,2 %. Содержание клейковины сильно зависело от доз удобрений и в меньшей степени от элемента рельефа (22,9 % на ССЭ, 21,3 % на ВП). На ССЭ показано более высокое её содержание с N₄₀P₈₀K₈₀ (24,8; 24,5 по севооборотам соответственно).

При оценке фактической урожайности элементы рельефа оказали несущественное влияние на урожайность зерна озимой пшеницы. Доля влияния экспозиции опыта составила 2,9 %, севооборота – 22,5 %, минеральных удобрений – 67,4 %. Наибольшая урожайность зерна получена в ЗПП севообороте при внесении двойной дозы минеральных удобрений N₄₀P₈₀K₈₀: на склоне северной экспозиции – 4,63 т/га, на водораздельном плато – 4,52 т/га. Таким образом, при разработке агротехнологий, способствующих росту урожайности зерновых культур (на примере озимой пшеницы), предлагается обратить особое внимание на исследование эффективных дозировок минеральных удобрений и их соотношения по действующему веществу в соответствии с планируемой урожайностью, так как они обладают весьма высокой долей влияния.

Биологизированный зернотравянопропашной севооборот уступал зернопаропропашному на 11,5 %, но, на наш взгляд, необходимо усилить исследования в этом направлении, учитывая важную роль многолетних трав в севооборотах.

Работа выполнена по теме государственного задания № FGZU-2022-0005.

Литература

1. Dubytska A., Kachmar O., Dubytskyi O., Vavrynovych O. The influence of ecologised fertiliser systems on the elements of fertility and productivity of winter wheat // Наукові горизонти. 2021. Т. 24. № 9. С. 44–54. DOI: 10.48077/scihor.24(9).2021.44-54.
2. Nikitina O. Lazarev V., Stifeev A. The effectiveness of technologies for the cultivation of winter wheat with different levels of biologization in the conditions of the Kursk region // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021). 2021. Vol. 37. Art. No. 00085. DOI: 10.1051/bioconf/20213700085.
3. Гуреев И. И., Гостев А. В., Нитченко Л. Б., Лукьянов В. А., Хлюпина С. В., Прущик И. А. Экономико-энергетическая эффективность доз минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы в севооборотах Центрально-Чернозёмного региона // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 3. С. 16–21. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_16.
4. Аль Дхухайбави Х. Х., Смуров С. И., Зюба С. Н., Куликова М. А., Ступаков А. Г. Агротехнические свойства чернозёма типичного в зависимости от минеральных удобрений и предшественников озимой пшеницы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2020. № 1(25). С. 146–154.
5. Соловиченко В. Д., Никитин В. В., Карабутов А. П., Навольнева Е. В. Влияние севооборотов, способов обработки почв и удобрений на урожайность и экономические показатели производства пшеницы озимой // Аграрная наука. 2018. № 5. С. 46–49.
6. Жариков М. Г., Салпагаров Р. Ю., Грунская В. П. Эффективность нового органоминерального удобрения «Аркуойл» на посевах озимой пшеницы // Актуальная биотехнология. 2019. № 3(30). С. 258–263.
7. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Mazalov V. I., Ikusov R. A. Biochemical grain quality indicators and photosynthetic rate of leaves in modern varieties of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies (WIAFT-V-2021). 2021. Vol. 848. Art. No. 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012096.
8. Stupakov A. G., Orekhovskaya A. A., Kulikova M. A., Manokhina L. A., Panin S. I., Geltukhina V. I. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical

methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 315. Iss. 5. Art. No. 052027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.

9. Турусов В. И., Дронова Н. В., Балюнова Е. А. Гумусное состояние и ферментативная активность почвы в посевах озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в зависимости от изучаемых севооборотов // Проблемы агрохимии и экологии. 2021. № 1. С. 3–6. DOI: 10.26178/3209.2021.91.19.001.

10. Турусов В. И., Богатых О. А., Дронова Н. В., Балюнова Е. А., Говорова А. В. Влияние предшественников на продуктивность и качество озимой пшеницы в севооборотах в Центральном Черноземье // Центральный научный вестник. 2019. Т. 4. № 3(68). С. 17–19.

11. Черткова Н. Г., Фирсова Т. И., Скворцова Ю. Г., Филенко Г. А., Рябов Р. О. Использование комплексных удобрений в семеноводстве на сортах озимой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2 (74). С. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-52-57.

12. Кравченко Р. В. Терехова С. С., Гречищев Д. С. Влияние минеральных удобрений на фоне минимизации основной обработки почвы на агробиологические показатели озимой пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 180. С. 193–204. DOI: 10.21515/1990-4665-180-011.

13. Koryagin Y., Kulikova E., Efremova S., Sukhova N. The influence of microbiological fertilisers on the productivity and quality of winter wheat // Plant, Soil and Environment. 2020. Vol. 66. No. 11. P. 564–568. DOI: 10.17221/218/2020-PSE.

14. Muhlbachova G., Ruzek P., Kusá H., Vavera R., Kas M. Winter wheat straw decomposition under different nitrogen fertilizers // Agriculture. 2021. Vol. 11. No. 2. Art. No. 83. DOI: 10.3390/agriculture11020083.

15. Тертышная А. Г., Гольдварг Б. А., Боктаев М. В., Евчук М. В. Урожай и качество озимой пшеницы в зависимости от минеральных удобрений в Республике Калмыкия // Плодородие. 2022. № 5(128). С. 61–65. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.15.

16. Vaimuratov A., Bastaubayeva S., Arslan M., Yeraliyeva Z. Effect of fertilizer application on winter wheat productivity under precision agriculture in Kazakhstan // Biodiversitas. 2021. Vol. 22. No. 3. P. 1558–1563. DOI: 10.13057/BIODIV/D220362.

17. Али А. К. А., Онищенко Л. М., Гноевская К. А. Действие минеральных удобрений в агроценозе пшеницы озимой, выращиваемой в условиях Западного Предкавказья // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023. Т. 60(2). С. 7–14. DOI: 10.54258/20701047_2023_60_2_7.

18. Wozniak A., Rachon L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties // Agriculture. 2020. Vol. 10. No. 9. P. 1–12. DOI: 10.3390/agriculture10090405.

19. Lykhochvor V., Gnativ P., Andrushko O., Ivanyuk V., Olifir Y. The role of nutrients in the formation of yield and grain quality of winter wheat // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28. No. 1. P. 103–109.

20. Мазалов В. И., Мосина О. М., Хмызова Н. Г., Донской М. М. Влияние различных доз азотных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Земледелие. 2019. № 4. С. 19–21. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10404.

21. Хрунов А. А., Налиухин А. Н., Сидоренкова Н. К. Определение доз минеральных удобрений под озимую пшеницу по нормативам окупаемости // Плодородие. 2022. № 5(128). С. 36–40. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.10.

22. Шаляпин В. В., Онищенко Л. М., Назаренко Л. В. Действие видов минеральных удобрений на урожайность пшеницы мягкой озимой, выращиваемой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2023. № 1(47). С. 5–13.

23. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Dubytska A., Kachmar O., Dubytskyi O., Vavrynovych O. The influence of ecologized fertiliser systems on the elements of fertility and productivity of winter wheat // Scientific Horizons. 2021. Vol. 24. No. 9. P. 44–54. DOI: 10.48077/scihor.24(9).2021.44-54.

2. Nikitina O., Lazarev V., Stifeev A. The effectiveness of technologies for the cultivation of winter wheat with different levels of biologization in the conditions of the Kursk region // BIO Web of Conferences: International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2021). 2021. Vol. 37. Art. No. 00085. DOI: 10.1051/bioconf/20213700085.

3. Gureev I. I., Gostev A. V., Nitchenko L. B., Lukyanov V. A., Khlyupina S. V., Pruschik I. A. Economic and energy efficiency of doses of mineral fertilizers in the cultivation of winter wheat in crop rotations of the Central Black Earth Region // Achievements of Science and Technology of AIC. 2023. Vol. 37. No. 3. P. 16–21. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_3_16.

4. Al Dhukhaybawi Kh. Kh., Smurov S. I., Zyuba S. N., Kulikova M. A., Stupakov A. G. Agrochemical properties of typical chernozem depending on mineral fertilizers and predecessors of winter wheat // Innovations in agricultural complex: problems and perspectives. 2020. No. 1(25). P. 146–154.
5. Solovichenko V. D., Nikitin V. V., Karabutov A. P., Navolneva E. V. The impact of crop rotations, methods of tillage and fertilizers on the yield and economic performance of winter wheat // Agrarian science. 2018. No. 5. P. 46–49.
6. Zharikov M. G., Salpagarov R. Yu., Grunskaya V. P. Efficiency of the new organo-mineral fertilizer “Arksoil” on winter wheat crops // Topical biotechnology. 2019. No. 3(30). P. 258–263.
7. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Mazalov V. I., Ikusov R. A. Biochemical grain quality indicators and photosynthetic rate of leaves in modern varieties of winter wheat // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies (WIAFT-V-2021). 2021. Vol. 848. Art. No. 012096. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012096.
8. Stupakov A. G., Orekhovskaya A. A., Kulikova M. A., Manokhina L. A., Panin S. I., Geltukhina V. I. Ecological and agrochemical bases of the nitrogen regime of typical chernozem depending on agrotechnical methods // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 315. Iss. 5. Art. No. 052027. DOI: 10.1088/1755-1315/315/5/052027.
9. Turusov, V. I., Dronova N. V., Balyunova E. A. Humus state and enzymatic activity of soil in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) crops depending on crop rotations // Agrochemistry and Ecology Problems. 2021. No. 1. P. 3–6. DOI: 10.26178/3209.2021.91.19.001.
10. Turusov V. I., Bogatykh O. A., Dronova N. V., Balyunova E. A., Govorova O. V. Influence of preceding crops on winter wheat productivity and quality in crop rotations in Central Black Earth // Central Science Bulletin. 2019. Vol. 4. No. 3(68). P. 17–19.
11. Chertkova N. G., Firsova T. I., Skvortsova Yu. G., Filenko G. A., Ryabov R. O. The use of complex fertilizers in seed production of winter wheat varieties // Grain Economy of Russia. 2021. No. 2 (74). P. 52–57. DOI: 10.31367/2079-8725-2021-74-2-52-57.
12. Kravchenko R. V. Terekhova S. S., Grechishchev D. S. The influence of mineral fertilizers on the background of minimization of the basic tillage on the agrobiological indicators of winter wheat // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. 2022. No. 180. P. 193–204. DOI: 10.21515/1990-4665-180-011.
13. Koryagin Y., Kulikova E., Efremova S., Sukhova N. The influence of microbiological fertilisers on the productivity and quality of winter wheat // Plant, Soil and Environment. 2020. Vol. 66. No. 11. P. 564–568. DOI: 10.17221/218/2020-PSE.
14. Muhlbachova G., Ruzek P., Kusá H., Vavera R., Kas M. Winter wheat straw decomposition under different nitrogen fertilizers // Agriculture. 2021. Vol. 11. No. 2. Art. No. 83. DOI: 10.3390/agriculture11020083.
15. Tertyshnaya A.G., Goldvarg B.A., Boktaev M.V., Evchuk M.V. Yield and quality of winter wheat depending on mineral fertilizers on light chestnut soil of the Republic of Kalmykia // Plodorodie. 2022. No. 5(128). P. 61–65. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.15.
16. Baimuratov A., Bastaubayeva S., Arslan M., Yerallyyeva Z. Effect of fertilizer application on winter wheat productivity under precision agriculture in Kazakhstan // Biodiversitas. 2021. Vol. 22. No. 3. P. 1558–1563. DOI: 10.13057/BIODIV/D220362.
17. Ali A. K. A., Onishchenko L. M., Gnoevskaya K. A. The effect of mineral fertilizers in agroecosystem of winter wheat grown in the conditions of the Western Ciscaucasia // Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2023. Vol. 60(2). P. 7–14. DOI: 10.54258/20701047_2023_60_2_7.
18. Wozniak A., Rachon L. Effect of tillage systems on the yield and quality of winter wheat grain and soil properties // Agriculture. 2020. Vol. 10. No. 9. P. 1–12. DOI: 10.3390/agriculture10090405.
19. Lykhochvor V., Gnativ P., Andrushko O., Ivanyuk V., Olifir Y. The role of nutrients in the formation of yield and grain quality of winter wheat // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2022. Vol. 28. No. 1. P. 103–109.
20. Mazalov V. I., Mosina O. M., Khmyzova N. G., Donskoy M.M. Influence of various doses of nitrogen fertilizers on yield and quality of winter wheat grain // Zemledelie. 2019. No. 4. P. 19–21. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10404.
21. Khrunov A. A., Naliukhin A. N., Sidorenkova N. K. Determining fertilizer doses according to payback standards // Plodorodie. 2022. No. 5(128). P. 36–40. DOI: 10.25680/S19948603.2022.128.10.
22. Shaliapin V. V., Onishchenko L. M., Nazarenko L. V. The effect of types of mineral fertilizers on the yield of soft winter wheat grown on leached chernozem of the Western Caucasus // Bulletin of Don State Agrarian University. 2023. No. 1(47). P. 5–13.
23. Dospekhov B. A. Methods of field research (with the basics of statistical processing of research results). Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p.

UDC 633.11: 631.559:631.582: 631.82

Lukyanov V. A., Nitchenko L. B.

**INFLUENCE OF RELIEF ELEMENTS, CROP ROTATIONS
AND FERTILIZER DOSES ON WINTER WHEAT YIELD STRUCTURE AND
QUALITY UNDER CONDITIONS OF CENTRAL CHERNOZEM REGION**

Summary. *Improvement of the nutrition regime of field crops and increment of soil fertility is impossible without crop rotations, which not only replenish the reserves of soil organic matter, but also serve as an important mean of managing its fertility. The purpose of the research was to assess the influence of relief elements, crop rotations and mineral fertilizer doses on winter wheat yield structure and quality under conditions of Central Chernozem Region. The research was carried out in 2015–2016 and 2019–2020 under conditions of stationary multifactorial field experiment at the trial plots of the Federal Agricultural Kursk Research Center. Research objects: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), relief elements (slope of the northern exposure, watershed plateau), crop rotations (grain-fallow-row, grain-grass-row), mineral fertilizer doses (without fertilizers, $N_{20}P_{40}K_{40}$, $N_{40}P_{80}K_{80}$). Differences in winter wheat grain yield depending on relief elements were insignificant (yield on the watershed plateau was higher by 0.16 t/ha). The highest grain yield (4.63 t/ha) was obtained on the slope of the northern exposure in the grain-fallow-row crop rotation with the introduction of $N_{40}P_{80}K_{80}$; on the watershed plateau, under similar conditions, it was 4.52 t/ha. On the slope of the northern exposure, in the grain-fallow-row crop rotation, on average, there were 427 productive stems per square meter; in the grain-grass-row crop rotation – 412 pcs./m²; on the watershed plateau – significantly less (by 9 and 4 pcs./m², respectively). The number of grains per ear was significantly higher (by 6–7 pcs.) on the watershed plateau than on the slope of the northern exposure. On the slope of the northern exposure, 1000-grain weight was 0.44–0.48 g higher than that of on the watershed plateau. On the watershed plateau when $N_{40}P_{80}K_{80}$ was applied, hectolitre weight (or weight per unit volume) was significantly higher: 755 g/l in the grain-fallow-row crop rotation and 745 g/l in the grain-grass-row crop rotation; on the slope of the northern exposure – 737 and 732 g/l, respectively. The highest protein content (13.5 %) was noted when mineral fertilizers were applied at a dose of $N_{40}P_{80}K_{80}$ on the slope of the northern exposure in the grain-grass-row crop rotation. The highest gluten content (24.8 %) was obtained when mineral fertilizers were applied at a dose of $N_{40}P_{80}K_{80}$ on the slope of the northern exposure in the grain-fallow-row crop rotation. Thus, a more biologized grain-grass-row crop rotation allowed obtaining the planned yield of winter wheat grain. In our view, it is crucial to strengthen the research in this direction in order to solve a number of additional topical issues in modern farming.*

Keywords: *winter wheat (*Triticum aestivum* L.), yield, crop structure, grain quality, crop rotations, mineral fertilizers, relief elements, Central Chernozem region.*

Лукьянов Вячеслав Анатольевич, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский ФАНЦ»; 305021, Россия, г. Курск, Карла Маркса, 70Б; e-mail: lukyanov27@mail.ru.

Нитченко Людмила Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский ФАНЦ»; 305021, Россия, г. Курск, Карла Маркса, 70Б; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Lukyanov Vyacheslav Anatolyevich, Cand. Sc. (Biol.), senior researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: lukyanov27@mail.ru.

Nitchenko Lyudmila Borisovna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, Federal Agricultural Kursk Research Center; 70B, Karl Marks str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: nitchenko58@yandex.ru.

Дата поступления в редакцию – 18.08.2023.

Дата принятия к печати – 06.10.2023.