

УДК 631.5/.9:631.559:633.1 «324»
EDN FPEPYS

Дудкина Т. А.

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СЕВОБОРОТОВ, ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ
УДОБРЕНИЙ И ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА УРОЖАЙ И КАЧЕСТВО
ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ**

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

Реферат. В современных системах земледелия важной задачей является достижение высокой продуктивности сельскохозяйственных культур. Цель исследований заключалась в изучении влияния севооборотов, доз минеральных удобрений, а также погодных условий на урожай и показатели качества зерна озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Центральном Черноземье. Исследования проводили в ФГБНУ «Курский ФАНЦ», опыт заложен в трёхкратной повторности на посевах озимой пшеницы сорта Синтетик. Почва – чернозём типичный тяжелосуглинистый. ГТК составил: в 2018 г. – 0,90, 2019 г. – 0,63, 2020 г. – 0,95. Исследуемые факторы: севооборот (зернопаропропашной с чёрным паром и с сидеральным паром, плодосменный), дозы минеральных удобрений под озимую пшеницу: без удобрений, $N_{60}P_{60}K_{60}$, $N_{80}P_{80}K_{80}$, $N_{100}P_{100}K_{100}$ кг д.в. на 1 га. Наибольшую урожайность зерна озимой пшеницы получили в 2020 г. в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром (7,00 т/га), а в 2018 и 2019 гг. – в севообороте с чёрным паром (соответственно 4,71 и 3,90 т/га). Увеличение дозы удобрений сопровождалось ростом урожайности на 3,1–41,0 %. Натура зерна в севооборотах с чёрным и сидеральным паром по сравнению с плодосменным на 5–7 г больше. Выращивание озимой пшеницы по сидеральному пару обеспечило более высокое содержание клейковины (на 3,1 и 4,7 %) и сырого протеина (на 1,1–1,7 %) в зерне, по сравнению с другими предшественниками. Названные показатели возрастали с увеличением удобрённости. В плодосменном севообороте зерно отличалось наибольшей крахмалистостью (67,1 %). Меньше всего этот показатель был в варианте с сидеральным паром – 65,7 %. Таким образом, наилучшие показатели урожайности и качества зерна озимой пшеницы достигаются при благоприятных условиях увлажнения почвы в процессе выращивания этой культуры в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром, а при недостатке осадков – в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром.

Ключевые слова: озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), севооборот, минеральные удобрения, метеоусловия, урожайность, качество зерна.

Для цитирования: Дудкина Т. А. Влияние различных севооборотов, доз минеральных удобрений и погодных условий на урожай и качество зерна озимой пшеницы в Центральном Черноземье // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1(29). С. 30–40. EDN: FPEPYS.

For citation: Dudkina T. A. Influence of different crop rotations, rates of mineral fertilizers and weather conditions on the yield and quality of winter wheat grain in the Central Chernozem Region // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 1(29). P. 30–40. EDN: FPEPYS.

Введение

Центрально-Чернозёмная зона – один из основных регионов выращивания продовольственного зерна в Российской Федерации. Нарращивание производства зерна и повышение его качества является важнейшей общегосударственной задачей. При этом ведущее место в структуре зернового клина в регионе принадлежит озимой пшенице.

Эта культура отличается высокой урожайностью, хорошими качественными характеристиками зерна. В большинстве лет озимая рожь и яровые зерновые колосовые культуры уступают озимой пшенице по урожайности.

Следует отметить агротехническую роль озимой пшеницы как отличного предшественника для большинства сельскохозяйственных культур. В то же время сама культура отличается высокой требовательностью к предшественнику. Как правило, её размещают по чёрному, занятым парам и многолетним травам [1].

Ценность предшественников неодинакова в зависимости от почвенно-климатических условий зоны, общего уровня культуры земледелия, обеспеченности техникой, удобрениями и организационных возможностей хозяйства. После предшественников в почве остаётся разное количество растительных остатков, влаги, питательных веществ, неодинаковое структурное состояние почвы и засорённость посевов [2]. Хорошие предшественники озимой пшеницы обеспечивают растения достаточным количеством влаги для их роста и развития, получения дружных всходов [3, 4].

Севооборот оказывает непосредственное влияние на состояние экономики хозяйства, объединяет все организационные и агротехнологические мероприятия, которые позволяют не только выполнять технологию возделывания культур, но и обеспечить повышение плодородия почвы.

Использование адаптивных севооборотов позволит рационально использовать возобновляемый природный потенциал (тепло, воду, свет), что, в свою очередь, ведёт к повышению отдачи от антропогенных средств [5].

В современных условиях в адаптивно-ландшафтных системах земледелия севообороты являются основой биологизации земледелия, которая благоприятствует переходу на экологически чистое земледелие [6].

Рассматривая проблему севооборотов, нельзя не упомянуть важную роль севооборота в повышении плодородия почв. Решение этой задачи достигается в том числе более широким использованием сидерации, как в промежуточных посевах, так и в паровом поле [7–12].

В структуре применяемых в растениеводстве удобрительных средств ведущим, как по объемам применения, так и по экономической эффективности являются минеральные удобрения.

Исходя из вышесказанного, актуальны исследования, направленные на изучение действия севооборота, являющегося основным биологическим фактором, и удобрительных средств на количественные и качественные показатели урожая.

Цель исследований – изучение влияния севооборотов с различным набором культур, доз минеральных удобрений, а также погодных условий и их сочетаний на урожайность и показатели качества зерна озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в Центрально-Чернозёмном регионе.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2018–2020 гг. в лесостепной зоне с умеренно-континентальным климатом на базе многофакторного стационарного полевого опыта, который был заложен в 1991 г. лабораторией севооборотов Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии в опытном хозяйстве института (с. Панино Медвенского района Курской области).

Севообороты (таблица 1) в опыте развёрнуты во времени и пространстве в трехкратной повторности с систематическим расположением вариантов. Размер делянок – 8,1×25,0 м (посевная площадь – 202,5 м²).

Во всех изучаемых севооборотах под озимую пшеницу минеральные удобрения вносили осенью в различных дозах: без удобрений (контроль), N₆₀P₆₀K₆₀, N₈₀P₈₀K₈₀, N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ кг д.в. на 1 га севооборота.

Таблица 1 – Чередование культур в севооборотах в опыте

Вид севооборота		
зернопаропропашной		плодосменный
пар чёрный	пар сидеральный (горох (<i>Pisum sativum</i> L.))	пар занятый (бобы конские (<i>Vicia faba</i> L.))
озимая пшеница (<i>Triticum aestivum</i> L.)	озимая пшеница	озимая пшеница
сахарная свекла (<i>Beta vulgaris</i> L.)	сахарная свекла	люпин (<i>Lupinus angustifolius</i> L.)
кукуруза (<i>Zea mays</i> L.) на силос	кукуруза на силос	горох
ячмень (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	ячмень	ячмень

Для возделывания культур, выращиваемых в представленных севооборотах, использовали общепринятые технологии в условиях зоны. В зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром зелёную массу гороха в фазе бутонизации заделывали в почву двукратной обработкой тяжелой дисковой бороной БДТ-3 в агрегате с трактором МТЗ-80. В опыте использовали семена озимой мягкой пшеницы районированного сорта Синтетик селекции Белгородского Федерального аграрного научного центра РАН, рекомендованного для возделывания в Центрально-Чернозёмном регионе.

В целях обеспечения охраны окружающей среды задачей современного земледелия является снижение пестицидной нагрузки при выращивании сельскохозяйственной продукции. Программой нашего опыта предусмотрено минимальное использование количества химических средств защиты растений. Для посева семенной материал обязательно обрабатывали химическими средствами («Винцит», СК – 1,5 л/т). Обработку посевов сельскохозяйственных культур пестицидами в борьбе с сорными растениями, вредителями и болезнями осуществляли только в том случае, если после проведения фитосанитарного мониторинга их количество превышало экономический порог вредоносности.

Почва опытного участка – чернозём типичный тяжелосуглистый среднесиловый. Агрохимическая характеристика опытного участка в 0–20 и 20–40 см слоях почвы: гумус (по Тюрину) – 5,0 и 5,2 % соответственно; гидролитическая кислотность Нг – 3,54 и 3,06 мг-экв./100 г почвы, рН_{KCl} – 6,35 и 6,70 ед; азот щелочногидролизующий (по Корнфильду в модификации ЦИНАО) – 18,6 и 17,4 мг/100 г; сумма поглощённых оснований – 30,0 и 31,4 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.

Для анализа климатических условий за период проведения исследований взяты среднемесячные данные температуры и количества осадков на агрометеорологической станции «Курск» (месторасположение – широта 51.77°, долгота 36.17°, высота над уровнем моря – 247 м), а также среднесезонные месячные данные (норма) за период 1961–1990 гг.

Гидротермический коэффициент (ГТК) Т. Г. Селянинова рассчитывали за период конкретного года, когда температура воздуха превышала 10 °С. Согласно данным метеонаблюдений, 2018 и 2020 гг. характеризовались как недостаточно влажные (ГТК = 0,90 и 0,95 соответственно), а 2019 г. – как засушливый (ГТК = 0,63).

Учёт урожая озимой пшеницы проводили поделочно прямым комбайнированием комбайном «Сампо-500».

Определение влияния севооборотов и минеральных удобрений на качественные показатели зерна озимой пшеницы выполняли в соответствии с ГОСТ и общепринятыми методиками: натура зерна – ГОСТ 10840-64, сырая клейковина – ГОСТ Р 54478-2011, сырой протеин – ГОСТ 10846-91, крахмал – ГОСТ 10845-76.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа [13] и предложенным сотрудниками Центра [14] методом индивидуального подхода к анализу урожайности с целью увеличения информативности с использованием программного обеспечения Statistica 6.0 и Microsoft Office Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

За период проведения исследований (2018–2020 гг.) во всех изучаемых вариантах урожайность озимой пшеницы варьировала от 2,52 до 7,86 т/га в зависимости от севооборота, доз минеральных удобрений и погодных условий (таблица 2). В среднем за три года в контрольных вариантах (без внесения минеральных удобрений) в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром, зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром и плодосменном севообороте урожайность составила 4,39, 4,43 и 3,50 т/га соответственно.

Высокие показатели урожайности зафиксированы в 2020 г. из-за благоприятно сложившихся погодных условий в ключевые фазы роста и развития растений. В севообороте с сидеральным паром урожайность имела тенденцию к увеличению по сравнению с севооборотом с чёрным паром на 0,27 т/га и была значимо больше (на 1,02 т/га), чем в плодосменном севообороте. При недостаточном количестве осадков в 2018 и 2019 гг. севооборот с сидеральным паром уступает только севообороту с чёрным паром (в 2019 г. разница составила 0,14 т/га), а по сравнению с плодосменным севооборотом урожайность была выше на 1,08 и 0,68 т/га соответственно.

Таблица 2 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от севооборота и минеральных удобрений, т/га

Севооборот	Минеральные удобрения на 1 га севооборота	Год			Среднее значение	Прибавка	
		2018	2019	2020		т/га	%
Зернопаропропашной с чёрным паром	Контроль	3,91	3,34	5,92	4,39	-	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,43	3,69	7,05	5,06	0,67	15,3
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,76	3,61	6,63	5,00	0,61	13,9
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,74	4,96	7,86	6,19	1,80	41,0
Зернопаропропашной с сидеральным паром	Контроль	3,89	3,20	6,19	4,43	-	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	4,29	3,65	7,08	5,01	0,58	13,1
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	4,82	3,84	6,92	5,19	0,76	17,2
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	5,17	4,76	7,81	5,91	1,48	33,4
Плодосменный	Контроль	2,81	2,52	5,17	3,50	-	-
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,17	2,58	5,09	3,61	0,11	3,1
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	3,36	2,59	5,72	3,89	0,39	11,1
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	3,34	2,84	5,86	4,01	0,51	14,6
НСР ₀₅	A	0,16	0,09	0,27			
	B	0,18	0,10	0,31			
	AB	0,32	0,18	0,54			

Примечание. Фактор A – севооборот, фактор B – минеральные удобрения, AB – сочетание факторов A и B.

Урожайность озимой пшеницы сильно зависела от доз применения удобрений. Увеличение нормы внесения минеральных удобрений сопровождалось ростом урожайности. В среднем за три года самый высокий урожай зерна пшеницы отмечен в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром при удобрении

$N_{100}P_{100}K_{100}$ – 6,19 т/га (прибавка, по отношению к контролю, составила 41 %). С увеличением дозы внесения удобрений от $N_{60}P_{60}K_{60}$ до $N_{100}P_{100}K_{100}$ прибавка урожайности в среднем за три года увеличивалась: в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром на 25,7 %, в севообороте с сидеральным паром – на 16,2 %. В плодосменном севообороте отдача от внесения удобрений была самой низкой – прибавка урожайности между вариантами с самой высокой и самой низкой дозой минеральных удобрений составила 11,5 %.

Согласно результатам дисперсионного анализа, на урожайность озимой пшеницы оказывали значительное влияние все изучавшиеся факторы: севооборот, минеральные удобрения и их сочетание, а также погодные условия. Из рисунка 1 видно, что климатические условия (фактор С) являлись основным фактором, влияющим на урожайность озимой пшеницы. Степень этого влияния изменялась в зависимости от количества осадков и температурного режима вегетационного периода выращивания культуры. В 2018 г. доля вклада влияния погодных условий в урожайность озимой пшеницы оставила 44 %, в 2019 г. – 56 % и в 2020 г. – 30 %.

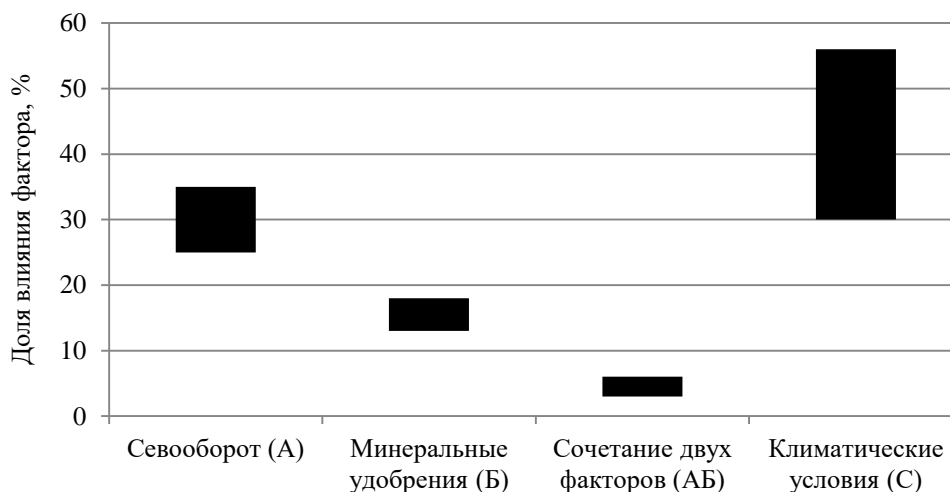


Рисунок 1 – Доля влияния факторов относительно дисперсии признака на урожайность озимой пшеницы (2018–2020 гг.)

За период проведения исследований фактор А (севооборот) оказал большее влияние на урожайность озимой пшеницы – 25–35 % от общей дисперсии признака, по сравнению с фактором В (минеральные удобрения) – 14–18 %, а влияние сочетания этих двух факторов АВ также было значимым и составило 3–4 %.

Метеоусловия по годам исследований и в течение вегетационного периода озимой пшеницы отличались разнообразием. В 2017/18 сельскохозяйственном году осадков выпало больше среднего многолетнего значения, а в другие годы – меньше.

Температура воздуха в среднем за три года была выше нормы в 1,4 раза, при этом с каждым годом идёт увеличение среднегодовой температуры. Так, в 2017 г. она увеличилась в 1,3 раза, в 2018 г. – в 1,4 и в 2020 г. – в 1,5 раза (рисунок 2). Это согласуется с данными Дериглазовой Г. М. и Боевой Н. Н [15]. Авторами был проведен анализ температурного режима за 50 лет в Курской области, который свидетельствует о наметившейся устойчивой тенденции к потеплению.

Количество выпавших осадков варьировало от 74 до 111 % (499–596 мм) относительно климатической нормы осадков, из которых 60–88 % приходится на тёплый вегетационный период развития озимой пшеницы (рисунок 3).

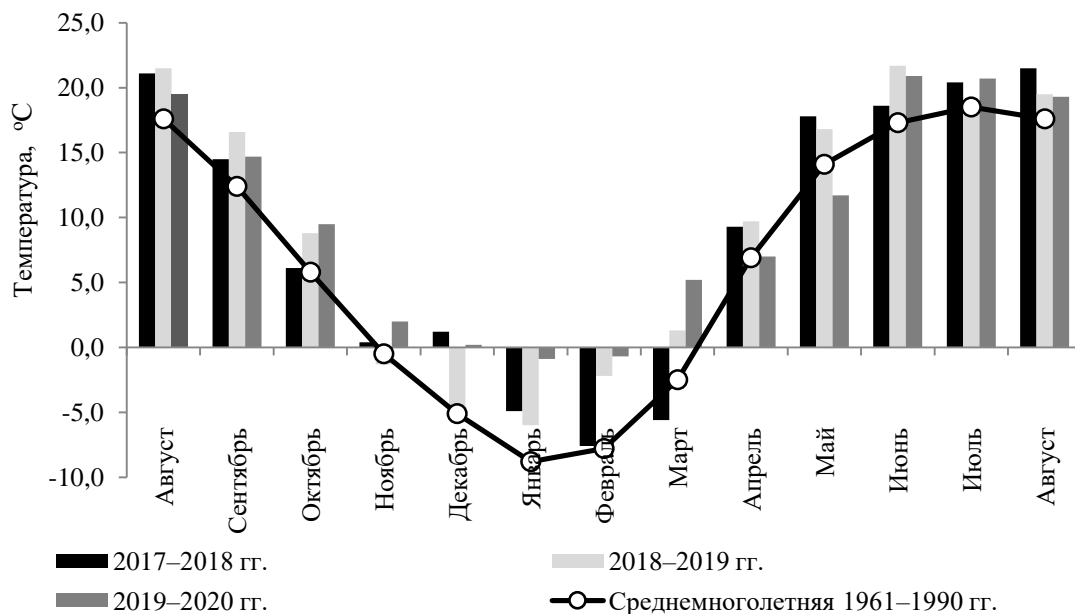


Рисунок 2 – Среднемесячная и среднемесячная температура воздуха за годы исследований (2017–2020 гг.)

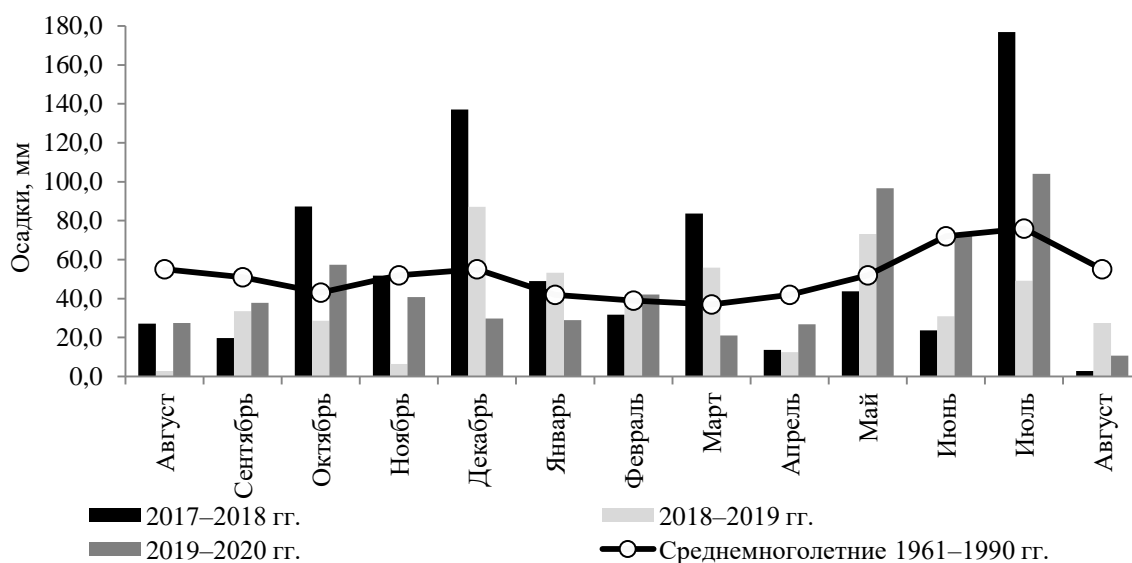


Рисунок 3 – Среднемесячное и среднемесячное количество осадков за годы исследований (2017–2020 гг.)

При этом количество выпавших осадков неравномерно распределялось в течение вегетации и, особенно, в критические периоды роста и развития культуры.

На протяжении трёх лет в осенний период погодные условия оказывались неблагоприятными для посева и прорастания семян озимой пшеницы из-за недостаточного количества осадков (на 17–52 мм ниже нормы) и повышенного температурного режима (на 2,0–4,2 выше нормы). Только во второй половине сентября появлялись всходы с последующим кущением в зернопаропропашном севообороте с чёрным и сидеральным паром, а в плодосменном севообороте отмечали только единичные всходы и затем лишь в весенний период было

зафиксировано увеличение густоты стояния посевов с последующим прохождением фазы кущения.

В период формирования и развития репродуктивных органов озимой пшеницы в 2018 г. отмечали продолжительную жаркую и сухую погоду. Средняя высота растений была ниже на 20–30 см, чем в 2019–2020 гг. Но, в связи с высоким количеством осадков в фазе формирования зерновки (больше на 126 мм, чем в 2019 г. и 72 мм, чем в 2020 г.) зерно отличалось большей выполненностью.

В среднем по фонам удобренности самые высокие значения урожайности были получены в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром – 5,16 т/га и в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром – 5,13 т/га (таблица 3). Значительно ниже величина этого показателя была в плодосменном севообороте – 3,76 т/га. Эти данные показывают высокую роль предшественника озимой пшеницы в формировании урожая. В звеньях с чёрным и сидеральным паром создавались лучшие почвенные и фитосанитарные условия для произрастания озимой пшеницы.

Таблица 3 – Влияние севооборота и минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы, т/га

Уровни факторов	Год			Среднее
	2018	2019	2020	
севооборот (А)				
Зернопаропропашной с чёрным паром	4,71	3,90	6,87	5,16
Зернопаропропашной с сидеральным паром	4,54	3,86	7,00	5,13
Плодосменный	3,17	2,63	5,46	3,75
минеральные удобрения (Б)				
Без удобрений	3,54	3,02	5,76	4,11
Уровень удобренности 1-й	3,96	3,31	6,41	4,56
Уровень удобренности 2-й	4,31	3,35	6,42	4,69
Уровень удобренности 3-й	4,75	4,19	7,18	5,37

Положительное влияние увеличения дозы внесения минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы прослеживалось в годы с различными погодными условиями. Но в зависимости от осадков и температуры воздуха отдача от минеральных удобрений разная. Если в 2020 г. сумма осадков за тёплый период вегетации озимой пшеницы составила 525 мм (88 % от климатической нормы), то увеличение урожайности относительно контроля в зависимости от уровня удобренности варьировало от 0,65 до 1,42 т/га. В 2019, 2018 гг. по сравнению с 2020 г. выпало осадков на 24–47 % меньше и эффект от минеральных удобрений, судя по прибавке урожая, снизился на 18–55 %.

Возделывание озимой пшеницы по сидеральному пару повышало содержание клейковины (на 3,1 и 4,7 %) и сырого протеина (на 1,1 и 1,7 %) в зерне по сравнению с выращиванием по другим предшественникам (таблица 4). Относительно низкий уровень рассматриваемого показателя имел место в плодосменном севообороте, где озимая пшеница выращивалась по занятому пару (кормовым бобам).

Сравнение вариантов опыта с различными фонами удобрений показало, что меньше всего содержание сырой клейковины и сырого протеина в зерне было на неудобренном фоне. С повышением уровня удобренности минеральными удобрениями отмечается тенденция роста рассматриваемых показателей. По-иному влияли изучаемые факторы на содержание крахмала в зерне. В среднем за три года (2018–2020 гг.) наибольшей крахмалистостью характеризовалось зерно пшеницы, выращенное в плодосменном севообороте – 67,1 %. Наименьшее содержание крахмала в зерне отмечено в севообороте с сидеральным паром – 65,7 %. Севооборот с чёрным паром занимал промежуточное значение.

**Таблица 4 – Качественные показатели зерна озимой пшеницы
(среднее за 2018–2020 гг.)**

Севооборот	Минеральные удобрения на 1 га севооборота	Содержание, %			Натура зерна, г/л
		клейковины	протеина	крахмала	
Зернопаропропашной с чёрным паром	Контроль	23,5	13,4	66,6	832
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	25,9	14,0	66,1	839
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	26,4	14,5	66,4	840
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	27,1	14,7	66,3	843
Зернопаропропашной с сидеральным паром	Контроль	26,6	14,5	66,1	833
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	27,3	14,7	65,7	836
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	27,6	14,8	65,5	838
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	28,0	15,0	65,5	838
Плодосменный	Контроль	21,9	12,8	67,1	829
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	23,1	13,0	67,0	831
	N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	23,5	13,2	66,9	831
	N ₁₀₀ P ₁₀₀ K ₁₀₀	24,6	13,8	65,8	833
НСР ₀₅	A	1,6	0,4	0,6	4,9
	B	F _ф ≤ F _т	0,5	F _ф ≤ F _т	F _ф ≤ F _т
	AB	F _ф ≤ F _т	F _ф ≤ F _т	F _ф ≤ F _т	F _ф ≤ F _т

В отличие от сырой клейковины и сырого протеина, содержание крахмала в зерне с повышением количества вносимых минеральных удобрений не увеличивалось, а снижалось. Таким образом, накопление крахмала в конечной продукции наиболее интенсивным было в вариантах без удобрений. Отмеченная тенденция наиболее заметна в плодосменном севообороте, где различие по рассматриваемому показателю между вариантом без удобрений и вариантом с максимальной дозой удобрений составило 1,3 %.

Натура зерна – один из ключевых показателей, характеризующих качество продукции. Высоконатурным считается зерно при натуре более 785 г/л. Во всех вариантах опыта полученные показатели превышали этот уровень. Рассматриваемый показатель изменялся по вариантам опыта от 829 до 843 г/л (см. таблицу 4).

В 2018 г. некоторое преимущество имел зернопаропропашной севооборот с чёрным паром. Так, в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром в среднем по фоновым удобрениям этот показатель равнялся 817 г/л, в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром – 810 г/л, а в плодосменном – 807 г/л. В 2019 г. натура зерна озимой пшеницы имела тенденцию роста в севообороте с занятым паром – на 4 г/л больше по сравнению с двумя другими севооборотами. Более сильно севооборот влиял на рассматриваемый показатель в 2020 г. Различия между плодосменным и зернопаропропашным сидеральным севооборотом составили 15 г/л в пользу последнего, что больше НСР₀₅ (4,9 г/л).

Отмечено варьирование по годам натуры зерна. Лучшие условия для формирования выполненного зерна были в 2019 и в 2020 гг.

В среднем по фоновым удобрениям за годы исследований самая высокая натура зерна нами была установлена в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром – 838 г/л. Ниже величина этого показателя была при замене чёрного пара сидеральным. Плодосменный севооборот по натуре зерна уступал двум другим севооборотам на 5–7 г/л.

Выводы

Наилучшие показатели урожайности и качества зерна озимой пшеницы достигаются при благоприятных погодных условиях (525 мм осадков за

вегетационный год) в зернопаропропашном севообороте с сидеральным паром (урожайность – 7,00 т/га, содержание клейковины в зерне – 28,0 %), а при недостатке осадков (310 и 440 мм) – в зернопаропропашном севообороте с чёрным паром (урожайность соответственно – 4,71 и 3,90 т/га, содержание клейковины в зерне – 27,4 и 21,0 %).

С повышением уровня удобренности минеральными удобрениями повышались урожайность озимой пшеницы, содержание сырой клейковины и сырого протеина, натура зерна. Так, в среднем по севооборотам, урожайность озимой пшеницы с повышением уровня удобренности изменялась следующим образом: 4,11 т/га, 4,56, 4,69 и 5,37 т/га; содержание клейковины – 24,0; 25,4; 25,8 и 26,6 %.

Наибольшее влияние на урожайность зерна озимой пшеницы оказывали погодные условия. Доля вклада погодных условий в урожайность этой культуры колебалась по годам от 30 % в 2020 г. до 56 % – в 2019 г. Далее следуют севооборот – 25–35 % и минеральные удобрения – 14–18 %.

Литература

1. Турусов В. И., Гармашов В. М., Богатых О. А., Балюнова Е. А. Роль предшественников пшеницы озимой в севообороте в условиях ЦЧЗ // Аграрная наука. 2017. № 11–12. С. 10–11.
2. Дудкин И. В., Дудкина Т. А. Действие факторов биологизации земледелия на засоренность посевов озимой пшеницы // Земледелие. 2014. № 3. С. 41–43.
3. Брескина Г. М., Чуян Н. А. Влияние приемов биологизации на урожайность сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2020. № 3. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10308.
4. Saikia R., Sharma S., Thind H. S., Sidhu H. S. Temporal changes in biochemical indicators of soil quality in response to tillage, crop residue and green manure management in a rice-wheat system // Ecological Indicators. 2019. Vol. 103. P. 383–394. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.04.035.
5. Черкасов Г. Н., Акименко А. С., Дудкин И. В. [и др.]. Методика оптимизации севооборотов и структуры использования пашни. М.: Российская академия сельскохозяйственных наук, 2004. 76 с.
6. Дудкин В. М., Дудкин И. В. Пути усиления роли севооборота как биологического фактора в современных системах земледелия // Почвозащитное земледелие в России. Всероссийская научно-практическая конференция, посвященная 45-летию ВНИИЗиЗПЭ. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2015. С. 109–112.
7. Гилев С. Д., Цымбаленко И. Н., Бастрычкина О. С. Возделывание зерновых культур без средств химизации в зерновых севооборотах // Аграрный вестник Урала. 2014. № 6 (124). С. 6–10.
8. Тойгильдин А. Л., Морозов В. И., Подсевалов М. И. Биологизация севооборотов и качество зерна яровой пшеницы в условиях Лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской ГСХА. 2019. № 2 (46). С. 58–64. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-2-58-64.
9. Zhang Yu., Dai X., Jia D., Li H., Wang Y., Li C., Xu H., He M. Effects of plant density on grain yield, protein size distribution, and breadmaking quality of winter wheat grown under two nitrogen fertilisation rates // European Journal of Agronomy. 2016. Vol. 73. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.eja.2015.11.015.
10. Götze P., Rücknagel L. J., Wensch-Dorendorf M., Märkländer B., Christen O. Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years // European Journal of Agronomy. 2017. Vol. 82. P. 50–59. DOI: 10.1016/j.eja.2016.10.003.
11. Лошаков В. Г. Зеленое удобрение в земледелии России. М.: ВНИИА, 2015. 300 с.
12. Aytimirov A. A., Khalilov M. B., Babayev T. T., Amiraliev Z. G. Impact of green manure on crop yield of cereals in conditions of irrigation of the Tersko-Sulak subprovinces // South of Russia: ecology, development. 2018. Vol. 13 No. 2. P. 144–155. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-144-155.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 416 с.
14. Сухановский Ю. П., Акименко А. С., Дудкина Т. А., Прущик А. В. Использование методов математической статистики для повышения информативности данных урожайности сельскохозяйственных культур в севооборотах многофакторного полевого опыта // Международный сельскохозяйственный журнал. 2020. № 6 (378). С. 94–97. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-16124.
15. Дериглазова Г. М., Боева Н. Н. Динамика погодных условий Курской области за последние 50 лет // Вестник Курской ГСХА. 2020. № 7. С. 15–21.

References

1. Turusov V. I., Garmashov V. M., Bogatykh O. A., Baliunova E. A. The role of winter wheat predecessors in crop rotation under conditions of the Central Chernozem Region // *Agrarian Science*. 2017. No. 11–12. P. 10–11.
2. Dudkin I. V., Dudkina T. A. Effect of biologization factors of crop farming on weed infestation of winter wheat // *Zemledelie*. 2014. No. 3. P. 41–43.
3. Breskina G. M., Chuyan N. A. Influence of biologization techniques on crop yields // *Zemledelie*. 2020. No. 3. P. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2020-10308.
4. Saikia R., Sharma S., Thind H.S., Sidhu H.S. Temporal changes in biochemical indicators of soil quality in response to tillage, crop residue and green manure management in a rice-wheat system // *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 103. P. 383–394. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.04.035.
5. Cherkasov G. N., Akimenko A. S., Dudkin I. V. [et. al.] *Methods of optimization of crop rotations and the structure of arable land use*. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences, 2004. 76 p.
6. Dudkin V. M., Dudkin I. V. Ways to strengthen the role of crop rotation as a biological factor in modern farming systems // *Conservation Farming in Russia*. All-Russia Scientific Conference devoted to the 45th Anniversary of All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control. Kursk: FSBSI VNIIZiZPE, 2015. P. 109–112.
7. Gilev S. D., Tsymbalenko I. N., Bastrychikina O. S. Cultivation of crops without chemization means in grain-fallow rotations // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014. No. 6 (124). P. 6–10.
8. Toygildin A. L., Morozov V. I., Podsevalov M. I. Biologization of crop rotations and quality of spring wheat grain in the conditions of the forest-steppe of the Volga region // *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2019. No. 2 (46). P. 58–64. DOI: 10.18286/1816-4501-2019-2-58-64.
9. Zhang Yu., Dai X., Jia D., Li H., Wang Y., Li C., Xu H., He M. Effects of plant density on grain yield, protein size distribution, and breadmaking quality of winter wheat grown under two nitrogen fertilisation rates // *European Journal of Agronomy*. 2016. Vol. 73. P. 1–10. DOI: 10.1016/j.eja.2015.11.015.
10. Götze Ph., Rücknagel J., Wensch-Dorendorf M., Märlander B., Christen O. Crop rotation effects on yield, technological quality and yield stability of sugar beet after 45 trial years // *European Journal of Agronomy*. 2017. Vol. 82. P. 50–59. DOI: 10.1016/j.eja.2016.10.003.
11. Loshakov V. G. *Green fertilizer in agriculture in Russia*. Moscow: VNIIA, 2015. 300 p.
12. Aytemirov A. A., Khalilov M. B., Babayev T. T., Amiraliev Z. G. Impact of green manure on crop yield of cereals in conditions of irrigation of the Tersko-Sulak subprovinces // *South of Russia: ecology, development*. 2018. Vol. 13. No. 2. P. 144–155. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-2-144-155.
13. Dospekhov B. A. *Methods of field research*. Moscow: Kolos, 1985. 416 p.
14. Sukhanovsky Yu. P., Akimenko A. S., Dudkina T. A., Prushchik A. V. The use of mathematical statistics methods to increase the informativity of crops yield data in crop rotations of multifactor field experiment // *Mezhdunarodnyi Sel'skokhozyaistvennyi Zhurnal (International Agricultural Journal)*. 2020. No. 6 (378). P. 94–97. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-16124.
15. Deriglazova G. M., Boeva N. N. Dynamics of weather conditions in Kursk Region over the last 50 years // *Bulletin of Kursk State Agricultural Academy*. 2020. No. 7. P. 15–21.

UDC 631.5/.9:631.559:633.1«324»

Dudkina T. A.

INFLUENCE OF DIFFERENT CROP ROTATIONS, RATES OF MINERAL FERTILIZERS AND WEATHER CONDITIONS ON THE YIELD AND QUALITY OF WINTER WHEAT GRAIN IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

Summary. *High crop productivity is an important task in modern farming systems. The aim of the research was to study the influence of crop rotations, rates of mineral fertilizers and weather conditions on the yield and quality of winter wheat grain in the Central Chernozem Region. The studies were carried out on the experimental fields of Federal State Budgetary Scientific Institution “Federal Agricultural Kursk Research Center”, triple replication. Crop – winter wheat variety “Sintetik”. Soil – typical heavy loamy chernozem. Selyaninov Hydrothermal Coefficient (HTC) in 2018 was 0.90; in 2019 – 0.63; in 2020 – 0.95. The following factors were studied: 1) crop rotation (grain-and-fallow row-crop rotation with black fallow and with green manured fallow, field crop rotation); 2) rates of mineral fertilizers (without fertilization, N₆₀P₆₀K₆₀, N₈₀P₈₀K₈₀, N₁₀₀P₁₀₀K₁₀₀ kg of active ingredient per hectare). The highest yield of winter wheat grain*

was obtained in 2020 in grain-and-fallow row-crop rotation with green manured fallow (7.00 t/ha); in 2018 and 2019 – in the crop rotation with black fallow (4.71 and 3.90 t/ha, respectively). An increase in the applied fertilizer rate was accompanied by the 3.1-41.0 % yield increment. Hectolitre weight (or weight per unit volume) of winter wheat grain in crop rotations with black and green manured fallow was 5–7 g more compared to the field crop rotation. Growing winter wheat in the field of green manured fallow provided a higher content of gluten (by 3.1 and 4.7 %) and crude protein (by 1.1–1.7 %) in the grain compared to other preceding crops. Increased dosage of fertilizers led to the improvement of the aforementioned indicators. In the field crop rotation, the highest starch content (67.1 %) was noted. This indicator was the lowest in the variant with green manured fallow – 65.7 %. Thus, under favorable moistening conditions, the best indicators of winter wheat yield and grain quality were achieved when the crop was grown in the grain-and-fallow row-crop rotation with green manured fallow; in the context of lack of precipitation – grain-and-fallow row-crop rotation with black fallow.

Keywords: winter wheat (*Triticum aestivum* L.), crop rotation, mineral fertilizers, meteorological conditions, yield, grain quality.

Дудкина Татьяна Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории севооборотов и адаптивных агротехнологий, ФГБНУ «Курский Федеральный аграрный научный центр»; 305021, Россия, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70 б; e-mail: dt5dt@mail.ru.

Dudkina Tatyana Alekseevna, Cand. Sc. (Agr.), senior researcher of the Laboratory of crop rotations and adaptive agricultural technologies, FSBSI “Federal Agricultural Kursk Research Center”; 70 b, Karl Marx str., Kursk, 305021, Russia; e-mail: dt5dt@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.12.2021.

Дата принятия к печати – 10.03.2022.