

Влияние систем приемов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения на урожайность сортов озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья

Закиулла Мтыулов Азизов, Владимир Викторович Архипов,

Ильдар Гарифуллович Имашев, Лариса Борисовна Сайфуллина

ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», г. Саратов, Россия, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Аннотация. В условиях засушливой степи Нижнего Поволжья на черноземах южных тяжелосуглинистых в трехлетних полевых стационарных трехфакторных опытах изучена отзывчивость озимой пшеницы селекции ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока» на приемы в системе основной обработки почвы на фоне внесения азотного удобрения и без его использования. Максимально возможный урожай и лучшие экономические и энергетические показатели по всем сортам отмечены на варианте 4 с системой комбинаций приемов основной обработки почвы. Здесь традиционная отвальная обработка на глубину 20–22 см обычным оборотным плугом проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), мелкая отвальная обработка на глубину 14–16 см лемешным лулильником – под просо, дискование на глубину 8–10 см в 2 прохода – под пар. Наибольший урожай (3,56 т/га), уровень рентабельности (99,8 %), наименьшие стоимостные затраты на 1 т зерна (5020,06 руб./т), труда (1,48 чел.-ч), топлива (18,04 кг) и энергии (3346 МДж) получены по сорту Жемчужина Поволжья.

Ключевые слова: приемы основной обработки почвы; азотное удобрение; сорта озимой пшеницы; урожайность; экономическая эффективность.

Для цитирования: Азизов З. М., Архипов В. В., Имашев И. Г., Сайфуллина Л. Б. Влияние систем приемов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения на урожайность сортов озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья. 2023. № 10. С. 4–13. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp4-13>.

AGRONOMY

Original article

The influence of systems of practices of basic tillage soil in combination with the use of nitrogen fertilizer on the yield of winter wheat varieties in the conditions of the Lower Volga region

Zakiulla M. Azizov, Vladimir V. Arkhipov, Ildar G. Imashev, Larisa B. Sayfullina

Federal State Budgetary Institution “FANC of the South-East”, Saratov, Russia, e-mail: raiser_saratov@mail.ru

Annotation. In the conditions of the arid steppe of the Lower Volga region, on the chernozems of the southern heavily carbonaceous in three-year field stationary three-factor experiments, the reaction of winter wheat varieties selected by the Federal State Budgetary Establishment “FANC of the South-East” was studied. Winter wheat was cultivated according to different systems of methods of basic tillage during the application of nitrogen fertilizer and without it. The maximum possible yield and the best economic and energy indicators for all varieties has the variant 4 with a system of combinations methods of basic tillage, where traditional moldboard treatment to a depth of 20...22 cm with a conventional reversible plow is carried out under spring wheat (28... 30 cm after one rotation of the crop rotation), finemoldboard treatment shallow dump processing to a depth of 14...16 cm with a topsoil plow bottom – under millet, disking in 2 passes to a depth of 8... 10 cm under a fallow. The largest yield (3.56 t/ha), the level of profitability (99.8 %), the lowest cost expenses per 1 ton of grain (5020.06 rubles/t), labor expenses (1.48 people-hour), fuel expenses (18.04 kg) and energy expenses (3346 MJ) has the ZhemchuzhinaPovolzhya variety.

Keywords: methods of basic tillage; nitrogen fertilizer; winter wheat varieties; yield; economic efficiency.



Введение. Наличие в структуре посевных площадей оптимальной доли озимой пшеницы в различных видах севооборотов в значительной степени обеспечивает повышение средней урожайности зерновых культур и устойчивость валовых сборов зерна [4]. Глобальное потепление климата и почвенно-климатическое разнообразие Поволжья требуют обоснованно подходить к подбору возделываемых сортов и дифференцированно применять ресурсосберегающие технологии с использованием минеральных удобрений при возделывании озимой пшеницы с учетом биоклиматического потенциала природных зон, микрозон и типов ландшафтов. За счет новых сортов, ресурсосберегающих технологий и применения минеральных удобрений имеется реальная возможность использования потенциала черноземной почвы и повышения продуктивности ведущей зерновой культуры, что будет способствовать успешному росту и развитию АПК. Реализовать свои возможности сорта озимой пшеницы могут благодаря оптимизации технологических приемов при ее возделывании применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям. При возделывании озимой пшеницы большое значение имеют приемы и системы основной обработки почвы. Как повышение их интенсивности, так и чрезмерная минимизация приводят к ухудшению плодородия почвы, снижению продуктивности культуры, энергетической и экономической эффективности [2, 5, 14].

Повышение интенсивности воздействия на почву путем использования ежегодной глубокой вспашки или чрезмерная ее минимизация через уменьшение глубины, применение дискования, плоскорезной обработки, лемешного лущения ведут к снижению плодородия почвы, продуктивности культур, ослаблению экономического и энергетического эффекта [2, 5, 14]. Решение данной проблемы возможно достичь за счет применения комплекса приемов путем их рационального сочетания, оптимизируя факторы воздействия, в том числе на систему питания растений [9, 11, 12]. На чистых парах, где с осени накапливается много нитратного азота, озимая пшеница не нуждается в дополнительном внесении азотных удобрений. С фазы весеннего возобновления вегетации потребление азота резко возрастает, достигая максимума в период выхода в трубку. Весной из-за выноса азота в нижние горизонты почвы талыми водами содержание его в верхних слоях незначительно. Поэтому весенняя подкормка путем внесения азотных удобрений в верхние слои почвы способствует улучшению питания отрастающих растений. Система обработки, основанная на вспашке, усиливает нитрификационную способность почвы и улучшает тем самым азотный режим питания растений. Использование наряду со вспашкой дискования, плоскорезной обработки, лемешного лущения, как ежегодно каждого из них, так и в сочетании в севообороте, приводит к различным условиям жизни культурного растения. Например, различия в глубине заделки пожнивных остатков и удобрений, а также накоплении запасов продуктивной влаги и элементов питания в обрабатываемых слоях – все это изменяет скорость протекания в них процессов биохимии [10, 15], что в конечном итоге сказывается на урожайности культуры. Урожайность возделываемых культур во многом зависит и от влияния сорняков, вредных насекомых и болезней, рост и развитие которых сильно зависят от применяемых приемов в системе основной обработки почвы, что также отрицательно сказывается на продуктивности культуры [1, 8]. Нахождение гармонии в сложном взаимодействии сопутствующих факторов, требований возделываемых культурных растений, их сортов, почвенно-климатических условий служат основой дискуссии в выборе приема в системе основной обработки почвы севооборота [13].

Предшествующими исследованиями установлено, что переход на севообороты с короткой ротацией с увеличением доли чистого пара является важным приемом в повышении урожайности озимой пшеницы с применением классической традиционной вспашки в системе земледелия. Однако при ее проведении отмечали значительный рост энергетических и стоимостных затрат. Поэтому возникла необходимость поиска менее затратных приемов в системе основной обработ-





ки почвы в зернопаровом севообороте с короткой ротацией в сочетании с применением азотных удобрений и с отзывчивостью на них сортов озимой пшеницы.

Цель исследований заключалась в изучении отзывчивости сортов озимой пшеницы на приемы в системе основной обработки почвы на фоне внесения азотного удобрения; определении их продуктивности, экономической и энергетической эффективности в 4-польном зернопаровом севообороте в условиях засушливой черноземной степи Нижнего Поволжья.

Методика исследований. Мониторинг и исследования вели в полевом стационарном опыте, заложенном в 1970 г. в отделе земледелия НИИСХ Юго-Востока, ныне ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока». Многофакторный полевой опыт был заложен методом рендомизированных блоков делянок в 4-польном зернопаровом севообороте: пар чистый – озимая пшеница – просо – яровая пшеница.

В схему полевого опыта входили три фактора: приемы в системе основной обработки почвы (фактор А); азотное удобрение (фактор В) дозой N_{40} кг/га д. в. (аммиачная селитра); сорта озимой пшеницы (фактор С). В опыт были включены следующие сорта: Анастасия, Жемчужина Поволжья, Саратовская 17, Калач 60. Калач 60 – сорт раннеспелый (стандарт); Саратовская 17 – сорт среднеспелый, созревает на 4 дня позже Калача 60; Жемчужина Поволжья – сорт среднеспелый созревает на 5 дней позже Калача 60; Анастасия – сорт среднепозднеспелый созревает на 7–10 дней позже сорта Калач 60.

В опыте использовали следующие приемы в системе основной обработки почвы: 1) ежегодная (бессменная) вспашка на глубину 28–30 см плугом ПЛП-6-35 (контроль); 2) ежегодное (бессменное) лемешное лушение на глубину 14–16 см лемешным лушильником ППЛ-10-25; 3) ежегодное (бессменное) дискование на глубину 8–10 см дисковым орудием БДН-2,4×2; 4) комбинация разных приемов на различную глубину в системе основной обработки почвы, где вспашка на 20–22 см осуществляется под яровую пшеницу (на 28–30 см после прохождения одной ротации севооборота), лемешное лушение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле.

Системы приемов основной обработки почвы в зернопаровом севообороте изучали с применением азотных удобрений и без них. Аммиачную селитру в качестве азотного удобрения дозой N_{40} кг/га д. в. вносили под озимую пшеницу в виде корневой подкормки в начале весеннего отрастания культуры; N_{60} – перед посевом проса под предпосевную культивацию.

Почва экспериментального участка – чернозем южный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое колеблется от 4,3 до 5,1 %. Агроландшафт – плакорно-равнинный, защищен лесными полосами.

При размещении семян в поверхностном слое почвы и мелком подрезании многолетних сорняков на делянках после обработки плоскорезом, дискатором и лемешным лушильником прорастало значительно меньше малолетних сорняков, чаще появлялись корнеотпрысковые. Поэтому в период ухода за паром приходилось проводить на 1–3 дополнительные культивации больше по отношению к делянкам, где применяли плуг. Зато при посеве и в посевах озимой пшеницы на всех делянках полевого опыта не использовали химические средства защиты растений.

Учет при уборке урожая осуществляли комбайном «Сампо Ростов 2010», который при проходе измельчал и разбрасывал солому.

Площадь делянки с приемами обработки и удобрениями составляла 500–700 м², с сортами – 108,0–151,2 м². Повторность в полевом опыте 3-кратная. Опыт заложен в три яруса. Каждая повторность находится в одном ярусе. Системы приемов основной обработки почвы расположены во времени и пространстве постоянно. Сорта высевали поперек приемов обработки почвы. Поля севооборота так же, как и приемы обработки развернуты во времени и пространстве. Наблюдения и исследования проводили согласно принятым методикам.

Годы исследований 2019–2021 – средние, ГТК (май – июль) 0,6–0,8, но различались между собой по характеру распределения температуры воздуха и количеству осадков в течение вегетационного периода культуры. Так, в 2020 г. температура воздуха в среднем за апрель составила 7,1 °С, осадков выпало 34,0 мм, за май – соответственно 14,9 и 47,9; за июнь – 20,2 °С и 81,0 мм; в 2019 г. – соответственно по месяцам 9,5 и 17,0; 18,5 и 34,0; 22,7 °С и 21,0 мм; в 2021 г. – 9,0 и 103,1; 18,7 и 38,2; 21,8 °С и 75,0 мм.



Полученные данные подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа [3] с использованием программ Agros. Экономическую и энергетическую эффективность различных систем приемов основной обработки почвы в сочетании с применением азотного удобрения и сортов озимой пшеницы анализировали расчетно-нормативными методами [6, 7].

Результаты исследований. В засушливой черноземной степи Поволжья важной причиной снижения урожайности наряду с недостатком осадков и высокой температурой воздуха является их неравномерное распределение в период вегетации культур. Наиболее благоприятные условия по температурному режиму и осадкам сложились в 2020 г., менее благоприятные – в 2021 г. и не очень благоприятные – в 2019 г. Это сказалось в целом на урожайности сортов пшеницы озимой.

За годы исследований (2019–2021 гг.) от применения весенней подкормки азотным удобрением по всем вариантам обработки (0,43–0,68 т/га) и по всем сортам (0,52–0,59 т/га) получены прибавки (табл. 1). Дисперсионный анализ урожайных данных в среднем за 3 года показал, что наибольшее влияние при взятии вариантов опыта за 100 % на данный показатель имеет фактор В (удобрения), доля его влияния составляла 55,7 %. В целом в опыте усредненная прибавка урожайности по системам приемов основной обработки почвы и сортам от применения азотного удобрения существенна – 0,54 т/га, или 18,0 % (без удобрений 3,00 т/га, с удобрением 3,54, где по фактору В НСР₀₅ = 0,15 т/га).

В пределах четырех систем приемов основной обработки почвы без применения удобрений и с их применением значимо также влияние фактора С (сорта) на урожай (доля влияния фактора – 26,2 %). Максимальный усредненный урожай (3,56 т/га) получен по сорту Жемчужина Поволжья. Данный сорт существенно превосходит другие сорта: Калач 60 (3,24 т/га), Анастасия (3,24 т/га), Саратовская 17 (3,04 т/га), по фактору С – сорта НСР₀₅ = 0,21 т/га). Причем у сорта Калач 60, Анастасия и Саратовская 17 различия по урожайности в пределах ошибки опыта. Доля влияния фактора А (системы приемов основной обработки почвы) в урожае сортов озимой пшеницы составила 10,2 %. Если рассматривать отдельно варианты систем приемов основной обработки почвы с фоном удобрения и без него по всем 4 сортам, то усредненный максимальный урожай (3,46 т/га) получен по варианту 4, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), лемешное лушение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле.

Данный вариант обработки существенно на 0,29 т/га, или на 9,1 % превосходит вариант 1 с ежегодной глубокой вспашкой на 28–30 см (3,17 т/га), на 0,28 т/га, или на 8,8 % – вариант 3 с ежегодным дискованием на 8–10 см (3,18 т/га), по фактору А НСР₀₅ = 0,21 т/га. Между вариантом 4, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), лемешное лушение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле (3,46 т/га) и вариантом 2 с ежегодным лемешным лушением на 14–16 см (3,26 т/га) урожайность озимой пшеницы колебалась в пределах ошибки опыта.

При рассмотрении каждого изучаемого фактора в отдельности (например, сортов озимой пшеницы с различными системами приемов основной обработки почвы без фона применения азотных удобрений) видим, что на варианте 1 с ежегодной глубокой вспашкой на 28–30 см; варианте 2 с ежегодным лемешным лушением на 14–16 см; варианте 3 с ежегодным дискованием на 8–10 см; варианте 4, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), с лемешным лушением на 14–16 см – под просо, дискованием в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле урожайность колебалась в пределах ошибки опыта (НСР₀₅ = 0,59 т/га). На варианте 1 с ежегодной глубокой вспашкой на 28–30 см наблюдали преимущество по урожайности озимой пшеницы сорта Жемчужина Поволжья (соответственно вариантам обработок 3,37 т/га) по отношению к сорту Саратовская 17 (2,76 т/га). При усреднении урожайности по системам приемов основной обработки почвы различия между сортами (Жемчужина Поволжья (3,27 т/га), Анастасия (2,98 т/га), Калач 60 (2,96 т/га) и Саратовская 17 (2,77 т/га)) в пределах ошибки опыта (НСР₀₅ = 0,59 т/га для частных различий) с тенденцией ее уменьшения с вышеописанной последовательностью.

Урожайность сортов озимой пшеницы по системам приемов основной обработки почвы с азотным удобрением и без него, т/га (в среднем за 2019–2021 гг.)

№ п/п	Системы приемов основной обработки почвы (фактор А)	Фон (фактор В)	Сорт (фактор С)				Среднее по фактору А – обработкам	Прибавка и убавка по системам приемов основной обработки в сравнении с контролем (по фактору А – НСР ₀₅ = 0,21 т/га)
			Анастасия	Жемчужина Поволжья	Сараговская 17	Калач 60 (стандарт)		
1	Вспашка, 28–30 см ежегодно (контроль)	Без удобрений	2,83	3,37	2,76	2,84	2,95	
		С удобрением	3,16	3,89	3,16	3,32	3,38	
	Прибавка и убавка по фактору В – фонам с удобрением в сравнении без удобрений	Без удобрений	0,33	0,52	0,40	0,48	0,43	
		С удобрением	3,00	3,63	2,96	3,08	3,17	0
2	Лемешное лушение, 14–16 см ежегодно	Без удобрений	–0,08	0,55	–0,12	0		
		С удобрением	2,91	3,19	2,61	2,99	2,92	
	Прибавка и убавка по фактору В – фонам с удобрением в сравнении без удобрений	Без удобрений	3,74	3,82	3,25	3,60	3,60	
		С удобрением	0,83	0,63	0,64	0,61	0,68	
3	Дискование, 8–10 см ежегодно	Без удобрений	3,32	3,50	2,93	3,30	3,26	0,09
		С удобрением	0,02	0,20	–0,37	0		
	Прибавка и убавка по фактору В – фонам с удобрением в сравнении без удобрений	Без удобрений	2,95	3,21	2,81	2,89	2,96	
		С удобрением	3,34	3,69	3,23	3,34	3,40	
4	Среднее по фактору С – сортам	Без удобрений	0,39	0,48	0,42	0,45	0,44	
		С удобрением	3,14	3,45	3,02	3,12	3,18	0,01
	Прибавка и убавка по фактору В – фонам с удобрением в сравнении без удобрений	Без удобрений	0,02	0,33	–0,10	0		
		С удобрением	3,22	3,31	2,89	3,12	3,13	
5	Комбинированная (дискование, 8–10 см после вспашки на 20–22 см (28–30 см после одной ротации севооборота) под предшественник)	Без удобрений	3,75	4,04	3,61	3,76	3,79	
		С удобрением	0,53	0,73	0,72	0,64	0,66	
	Прибавка и убавка по фактору В – фонам с удобрением в сравнении без удобрений	Без удобрений	3,48	3,68	3,25	3,44	3,46	0,29
		С удобрением	0,04	0,24	–0,19	0		
6	Среднее без удобрений	Без удобрений	2,98	3,27	2,77	2,96	3,00	
		С удобрением	3,50	3,86	3,31	3,50	3,54	
	Среднее по прибавкам от удобрений (по фактору В – НСР ₀₅ = 0,15 т/га)	Без удобрений	0,52	0,59	0,54	0,54	0,54	
		С удобрением	3,24	3,56	3,04	3,24	3,27	
7	Прибавка и убавка по сортам в сравнении со стандартом (по фактору С – НСР ₀₅ = 0,21 т/га)	Без удобрений	0	0,32	–0,20	0		
		С удобрением						

Примечание. Дисперсионный анализ урожайных данных представлен в среднем за 3 года (2019–2021 гг.). Р (ошибка опыта) = 6,42 %, F = 3,178*, НСР₀₅ = 0, 59 (для сравнения частных средних). Средние по фактору А (НСР₀₅ = 0,21), F = 3,356*. Средние по фактору В (НСР₀₅ = 0,15), F = 54,924*. Средние по фактору С (НСР₀₅ = 0,21), F = 8,597*. Взаимодействие между обработкой (фактор А) и удобрениями (фактор В) отмечено в 2019 г. (НСР₀₅ = 0,21), F = 4,304*. Взаимодействие между обработкой (фактор А) и сортами (фактор С) отмечено в 2021 г. (НСР₀₅ = 0,29), F = 3,552*. В другие годы и в среднем за годы исследований взаимодействия между изучаемыми факторами не отмечено.



На фоне азотных удобрений по варианту 2 с ежегодным лемешным лушением на 14–16 см; варианту 3 с ежегодным дискованием на 8–10 см; варианту 4, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), лемешное лушение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле урожайность озимой пшеницы по всем сортам колебалась в пределах ошибки опыта ($НСР_{05} = 0,59$ т/га). На варианте 1 с ежегодной вспашкой на 28–30 см наблюдали преимущество по урожайности озимой пшеницы сорта Жемчужина Поволжья (3,89 т/га) по отношению к сортам Анастасия (3,16 т/га) и Саратовская 17 (3,16 т/га). По отношению к стандартному сорту Калач 60 (3,32 т/га) урожайность колебалась в пределах ошибки опыта.

При усреднении урожайности по системам приемов основной обработки почвы на фоне с применением азотных удобрений различия между сортами Жемчужина Поволжья (3,86 т/га), Калач 60 (3,50 т/га), Анастасия (3,50 т/га) и Саратовская 17 (3,31 т/га) были в пределах ошибки опыта ($НСР_{05} = 0,59$ т/га).

Как видно из табл. 1, наименьшие прибавки от удобрений были отмечены на варианте 1 с ежегодной глубокой вспашкой (0,43 т/га) и варианте 3 с ежегодным дискованием (0,44 т/га), $НСР_{05} = 0,59$ т/га. По варианту 3 это можно объяснить условиями Поволжья с неравномерным выпадением атмосферных осадков в течение года, ряда лет и вегетационного периода, когда растительные остатки не успевают полностью разложиться. В годы с недобором осадков происходит их накопление в почве, а в благоприятные по влагообеспеченности годы уменьшение за счет усиления интенсивности разложения. Ежегодное дискование способствует накоплению растительных и пожнивных остатков на поверхности и в верхних слоях почвы, их слабому разложению, а также закреплению подвижных форм азота, как самой почвы, так и внесенных с удобрением, в микробной биомассе из-за широкого соотношения между углеродом и азотом (C:N) в соломе и жнивье. Поэтому и эффективность азотных удобрений на данном приеме обработки снижалась. Что касается ежегодной глубокой вспашки на варианте 1, то здесь, наоборот, глубокая заделка растительных и пожнивных остатков способствовала быстрому их разложению и большему накоплению нитратного азота в почве, который снижает эффективность вносимых удобрений.

Наибольшие существенные прибавки от удобрений отмечали на варианте 2 с ежегодным лемешным лушением на 14–16 см (0,68 т/га) и варианте 4 с комбинацией приемов в системе основной обработки почвы с целью ее минимализации (0,66 т/га). По-видимому, вышеуказанные причины снижения эффективности азотных удобрений на данных вариантах обработки несколько уменьшены, что способствует существенному увеличению прибавок урожайности сортов озимой пшеницы.

Комплексное применение приемов основной обработки почвы, азотных удобрений при возделывании разных сортов озимой пшеницы способствовало улучшению энергетических и экономических показателей (табл. 2). Без применения азотного удобрения максимальный уровень рентабельности (112,3 %) и наименьшие затраты на 1 т зерна (4711,16 руб./т) отмечали на контрольном варианте с ежегодной вспашкой на 28–30 см. Близок по данным показателям к вышеупомянутому варианту вариант 4 с комбинацией приемов в системе основной обработки почвы, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), лемешное лушение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле (соответственно 108,3 % и 4800,08 руб./т). Однако здесь следует отметить, что вариант 4 по таким показателям, как затраты труда, топлива и энергии несколько превосходит контроль. Практически на всех вариантах систем приемов основной обработки почвы наилучшие экономические и энергетические показатели отмечали по сорту Жемчужина Поволжья. На варианте 4 сорту Жемчужина Поволжья незначительно уступает по всем экономическим и энергетическим показателям сорт Анастасия.

На фоне внесения азотных удобрений максимальный в опыте уровень рентабельности (113,1 %) и наименьшие стоимостные затраты на 1 т зерна (4693,38 руб./т), труда (1,28 чел.-ч), топлива (14,20 кг) и энергии (3274 МДж) отмечали на варианте 4 с комбинацией приемов в системе основной обработки почвы, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), лемешное лушение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле. На всех вариантах систем приемов основной обработки почвы наилучшие экономические и энергетические показатели отмечали по сорту Жемчужина Поволжья.

**Экономическая и энергетическая эффективность сортов пшеницы озимой
по системам приемов основной обработки почвы в сочетании с азотным удобрением
(в среднем за 2019–2021 гг.)**

№ п/п	Системы приемов основной обработки почвы (фактор А)	Сорт (фактор В)	Затраты на 1 т зерна				Уровень рентабельности, %
			труда, чел.-ч	топлива, кг	энергии, МДж	стоимостные, руб.	
1	2	3	4	5	6	7	8
Фон (фактор С) без удобрений							
1	Вспашка, 28–30 см (контроль)	Анастасия	1,80	24,05	3661	5610,11	78,2
		Жемчужина Поволжья	1,51	20,20	3074	4711,16	112,3
		Саратовская 17	1,84	24,66	3754	5752,39	73,8
		Калач 60	1,79	23,97	3648	5590,35	78,9
2	Среднее по варианту	Анастасия	1,72	23,07	3512	5381,90	85,8
		Жемчужина Поволжья	1,81	22,20	3569	5756,33	73,7
		Саратовская 17	1,65	20,25	3255	5251,08	90,4
		Калач 60	2,02	24,75	3979	6417,98	55,8
3	Среднее по варианту	Анастасия	1,76	21,61	3473	5602,32	78,5
		Жемчужина Поволжья	1,80	22,13	3556	5736,62	74,3
		Саратовская 17	1,75	21,57	3552	5709,24	75,2
		Калач 60	1,61	19,82	3264	5246,81	90,6
4	Среднее по варианту	Анастасия	1,84	22,64	3729	5993,68	66,8
		Жемчужина Поволжья	1,79	22,02	3626	5827,77	71,6
		Саратовская 17	1,75	21,50	3540	5689,95	75,7
		Калач 60	1,54	17,31	3030	4934,24	102,7
5	Среднее по варианту	Анастасия	1,50	16,84	2948	4800,08	108,3
		Жемчужина Поволжья	1,72	19,29	3376	5497,67	81,9
		Саратовская 17	1,59	17,87	3127	5092,39	96,4
		Калач 60	1,58	17,81	3117	5076,12	97,0
6	Среднее по варианту	Анастасия	1,72	21,28	3453	5502,48	82,4
		Жемчужина Поволжья	1,57	19,28	3135	5002,28	100,4
		Саратовская 17	1,86	22,84	3710	5915,43	69,6
		Калач 60	1,73	21,37	3468	5528,21	81,4

1	2	3	4	5	6	7	8
С удобрением							
1	Вспашка, 28–30 см (контроль)	Анастасия	1,67	22,06	4376	5996,71	66,8
		Жемчужина Поволжья	1,36	17,92	3555	4871,36	105,3
		Саратовская 17	1,67	22,06	4376	5996,71	66,8
		Калач 60	1,59	21,00	4165	5707,71	75,2
Среднее по варианту							
2	Лемешное лушение, 14–16 см	Анастасия	1,46	17,71	3704	5300,52	88,7
		Жемчужина Поволжья	1,43	17,34	3626	5189,51	92,7
		Саратовская 17	1,68	20,38	4262	6099,67	63,9
		Калач 60	1,52	18,40	3848	5506,65	81,6
Среднее по варианту							
3	Дискование, 8–10 см	Анастасия	1,61	19,54	4175	5962,65	67,7
		Жемчужина Поволжья	1,46	17,69	3779	5397,09	85,3
		Саратовская 17	1,66	20,21	4318	6165,71	62,2
		Калач 60	1,61	19,54	4175	5962,65	67,7
Среднее по варианту							
4	Комбинированная (дискование, 8–10 см после вспашки на 20–22 см (28–30 см после одной ротации севооборота) под предшественник)	Анастасия	1,38	15,30	3527	5056,34	97,8
		Жемчужина Поволжья	1,28	14,20	3274	4693,38	113,1
		Саратовская 17	1,43	15,90	3663	5252,43	90,4
		Калач 60	1,37	15,26	3517	5042,89	98,3
Среднее по варианту							
	Среднее по сортам с удобрением	Анастасия	1,36	15,14	3489	5002,97	99,9
		Жемчужина Поволжья	1,53	18,65	3946	5579,06	80,2
		Саратовская 17	1,38	16,79	3558	5037,84	99,1
		Калач 60	1,61	19,64	4155	5878,63	70,8
Среднее по сортам с удобрением							
	Среднее по сортам с удобрением и без него	Анастасия	1,52	18,55	3926	5554,98	80,7
		Жемчужина Поволжья	1,62	19,96	3700	5540,77	81,3
		Саратовская 17	1,48	18,04	3346	5020,06	99,8
		Калач 60	1,74	21,24	3932	5897,03	70,2
Среднее по сортам с удобрением и без него							
		Калач 60	1,62	19,96	3697	5541,60	81,0





В среднем на всех вариантах систем приемов основной обработки почвы в сочетании без внесения азотных удобрений наилучшие энергетические и экономические показатели были получены по сорту Жемчужина Поволжья. Так, максимальный уровень рентабельности (100,4 %) и наименьшие стоимостные затраты на 1 т зерна (5002,28 руб./т), труда (1,57 чел.-ч), топлива (19,28 кг) и энергии (3135 МДж) отмечали по сорту Жемчужина Поволжья, а минимальный уровень рентабельности (69,6 %) и наибольшие стоимостные затраты на 1 т зерна (5915,43 руб./т), труда (1,86 чел.-ч), топлива (22,84 кг) и энергии (3710 МДж) – по сорту Саратовская 17. Сорта Анастасия и Калач 60 по всем рассмотренным выше энергетическим и экономическим показателям находятся между Жемчужиной Поволжья и Саратовской 17.

Аналогичная закономерность установлена в среднем по всем вариантам систем приемов основной обработки почвы с внесением азотных удобрений и без внесения. Сравнение сортов по всем вариантам систем приемов основной обработки почвы по экономической и энергетической эффективности внесенных азотных удобрений показало, что их применение оправдано при определении затрат труда и топлива на 1 т зерна. Что касается энергии, то ее затраты несколько выше по отношению к вариантам, где удобрения не использовались. Сорт Саратовская 17 несколько понизил стоимостные затраты и в связи с этим повысил уровень рентабельности от внесения удобрений. Другие сорта, наоборот, несколько повысили стоимостные затраты и снизили уровень рентабельности.

Заключение. Формирование величины урожая сортов озимой пшеницы обусловлено взаимодействием природных (почвенных, климатических) и агротехнических факторов. В среднем за годы исследований наибольшая урожайность сортов озимой пшеницы (3,46 т/га) формировалась на варианте 4 с комбинацией приемов в системе основной обработки почвы. По сравнению с вариантом ежегодной глубокой вспашки (контроль) превышение составило 0,29 т/га, или 9,1 %.

В вариантах с применением азотного удобрения урожайность сортов существенно превысила контроль (без их внесения). В результате этого формировалась стабильно высокая по годам урожайность: 2019 г. – с удобрением – 2,48 т/га, без удобрений – 1,82; 2020 г. – 4,79 и 4,26 т/га; 2021 г. – 3,36 и 2,91 т/га соответственно. В среднем за период исследований она составила 3,57 т/га, что превышает контроль (без удобрений) на 0,54 т/га, или 18,0 %. Наилучшей устойчивостью роста урожайности по всем факторам воздействия характеризовался сорт озимой пшеницы Жемчужина Поволжья. Прирост ее урожайности по отношению к стандартному сорту Калач 60 в среднем за годы исследований составил 0,32 т/га, или 9,9 %.

Наилучшие показатели сортов озимой пшеницы Жемчужина Поволжья, Анастасия, Калач 60 и Саратовская 17 по уровню их рентабельности, а также затратам на 1 т зерна, труда, топлива, энергии и стоимости в рублях обеспечивала комбинация приемов в системе основной обработки почвы, где вспашка на 20–22 см проводится под яровую пшеницу (на 28–30 см после одной ротации севооборота), лемешное лущение на 14–16 см – под просо, дискование в 2 прохода на 8–10 см – под озимую пшеницу в паровом поле (вариант 4), как на фоне применения азотного удобрения, так и без него.

Результаты исследований показали, что применение азотных удобрений по экономической и энергетической эффективности оправдано при определении затрат труда и топлива на 1 т зерна. Максимальным уровнем рентабельности (99,8 %), наименьшими стоимостными затратами на 1 т зерна (5020,06 руб./т), труда (1,48 чел.-ч), топлива (18,04 кг) и энергии (3346 МДж) отличался сорт Жемчужина Поволжья.

Жемчужина Поволжья рекомендуется для дальнейшего использования в селекционной работе в направлении повышения засухоустойчивости, адаптивности к минимальным приемам в системе основной обработки почвы в сочетании с применением азотных удобрений и продуктивности культуры в условиях засушливой степной зоны Нижнего Поволжья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борин А. А., Лощина А. Э. Зависимость урожайности зерновых культур от приемов агротехники // Владимирский земледелец. 2015. № 2 (72). С. 2–5.
2. Воронцов В. А. Концепция технологии основной обработки черноземных почв на основе энерго- и ресурсосберегающих приемов в северо-восточном регионе Центрального Черноземья. Тамбов: Принт-Сервис, 2018. 74 с.



3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
4. Сорты озимых культур саратовской селекции / С. С. Деревягин [и др.] // Рекомендации предназначены для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий. Саратов: ФГБНУ «ФАНЦ Юго-Востока», 2022. 40 с.
5. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062.
6. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / ВНИИЭСХ. М., 1998. 220 с.
7. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / ВИМ, ЦНИИМЭСХ, ВИЭСХ. М., 1995. 96 с.
8. Разработка элементов сортовой агротехники зерновых культур в Красноярском крае / Н. А. Сурин [и др.] // Земледелие. 2021. № 7. С. 22–25. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-22-25.
9. Ресурсосберегающие технологии возделывания озимой пшеницы в агроландшафтах Поволжья (методические рекомендации) / А. И. Шабаетов [и др.]. Саратов: ГНУ «НИИЭСХ Юго-Востока», 2008. 64 с.
10. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от ее обработки и удобрения / Н. С. Матюк [и др.] // Плодородие. 2008. № 1 (70). С. 38–40.
10. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации // Земледелие. 2017. № 2. С. 10–13.
12. Чуян О. Г. Модель системы удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 5–8.
13. Экономическая эффективность технологии возделывания культур в зернопаровом севообороте / Сабитов М. М. [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2021. Т. 35. № 2. С. 13–18. DOI: 10.24411/0235-2451-2021-10202.
14. Loss and Recovery of Soil Organic Carbon and Nitrogen in a Semiarid Agroecosystem / J. B. Notron et al. // Soil Organic Society of America Journal. 2012. No. 76(2). P. 505–514.
15. Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations / V. Vorontsov et al. // J. Comput. Theor. Nanosci. 2019. Vol. 16. No. 1. P. 250–254.

REFERENCES

1. Borin A. A., Loshchinina A. E. Dependence of the yield of grain crops on agricultural techniques. *Vladimir Farmer*. 2015;2(72):2–5. (In Russ.).
2. Vorontsov V. A. The concept of technology for basic cultivation of chernozem soils based on energy- and resource-saving techniques in the northeastern region of the Central Chernozem Region. Tambov: Print-Service; 2018. 74 p. (In Russ.).
3. Dospheov B. A. Field experiment methodology. M.: Kolos; 1973. 336 p. (In Russ.).
4. Varieties of winter crops of Saratov selection / S. S. Derevyagin et al. // Recommendations are intended for managers and specialists of agricultural enterprises. Saratov: Federal State Budgetary Institution “FANC of the South-East”; 2022. 40 p. (In Russ.).
5. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agroecosystems in adaptive landscape farming systems. *Soil Science*. 2019;(9):1130–1139. DOI:10.1134/S0032180X19070062. (In Russ.).
6. Methodology for determining the economic efficiency of technologies and agricultural machinery / VNIIESKh. M.; 1998. 220 p. (In Russ.).
7. Methodology for energy analysis of technological processes in agricultural production / VIM, TsNIIMESKh, VIESKh. M.; 1995. 96 p. (In Russ.).
8. Development of elements of varietal agricultural technology for grain crops in the Krasnoyarsk Territory / N. A. Surin et al. *Agriculture*. 2021;(7):22–25. DOI: 10.24412/0044-3913-2021-7-22-25. (In Russ.).
9. Resource-saving technologies for cultivating winter wheat in agricultural landscapes of the Volga region (methodological recommendations) / A. I. Shabaev et al. Saratov: State Scientific Research Institute of Agriculture of the South-East; 2008. 64 p. (In Russ.).
10. Crop yield and soil fertility depending on its cultivation and fertilization / N. S. Matyuk et al. *Fertility*. 2008;1(70): 38–40. (In Russ.).
11. Cherkasov G. N., Pykhtin I. G., Gostev A. V. Area of application of zero and surface tillage in the cultivation of cereal crops on the territory of the European part of the Russian Federation. *Agriculture*. 2017;(2):10–13. (In Russ.).
12. Chuyan O. G. Model of the fertilizer system in adaptive landscape agriculture of the Central Black Earth Region. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2017;31(12):5–8. (In Russ.).
13. Economic efficiency of crop cultivation technology in grain-fallow crop rotation / M. M. Sabitov et al. *Achievements of science and technology of agro-industrial complex*. 2021;35(2):13–18. DOI:10.24411/0235-2451-2021-10202. (In Russ.).
14. Loss and Recovery of Soil Organic Carbon and Nitrogen in a Semiarid Agroecosystem / J. B. Notron et al. *Soil Organic Society of America Journal*. 2012;76(2):505–514.
15. Computation of Typical Chernozem in Long-Run Response to Primary Tillage Operations / V. Vorontsov et al. *J. Comput. Theor. Nanosci*. 2019;16(1):250–254.

Статья поступила в редакцию 24.05.2023; одобрена после рецензирования 31.07.2023; принята к публикации 02.10.2023.
The article was 24.05.2023; approved after 31.07.2023; accepted for publication 02.10.2023.