

DOI

УДК 631.51.01:631.8

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

М. М. Сабитов

Реферат. Исследования проводили в 2019–2021 годы в Ульяновской области с целью изучения влияния способов обработки почвы и органо-минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы. Почва опытного участка – выщелоченный среднесуглинистый чернозём с содержанием в слое 0...30 см гумуса 5,61%, подвижного P_2O_5 и K_2O по Чирикову – 178 и 121 мг/кг соответственно, $pH_{\text{кол.}}$ – 6,3, сумма поглощенных оснований – 46,4 мг.-экв./100 г. В опытах изучали способы обработки почвы (фактор А) – отвальная на глубину 23...25 см; безотвальная на 15...16 см; плоскорезная на 10...12 см; органические и минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений; $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию + N_{10} под солому озимой пшеницы; навоз 20 т/га + $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию + N_{10} под солому озимой пшеницы; солома озимой пшеницы + N_{10} + $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию; сидерат; сидерат + N_{10} + солома озимой пшеницы + N_{10} + $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию. Безотвальная и плоскорезная обработки имели преимущество перед отвальной по запасам влаги в слое 0...30 см на 3,8...4,7 мм, в слое 0...100 см – на 8,6...10,2 мм. Последствие удобрений способствовало повышению содержания нитратного азота в слое 0...30 см, по сравнению с контролем, по вспашке на 3,9...18,1 мг/кг, по безотвальной обработке – на 1,0...13,1, по плоскорезной – 4,4...15,1 мг/кг. Урожайность яровой пшеницы на фоне навоза 20 т/га + NPK и сидерата + NPK по безотвальной обработке почвы увеличивалась на 0,89 и 0,90 т/га, по вспашке – на 0,90 и 0,90, по плоскорезной – на 0,95 и 0,89 т/га, по сравнению с вариантом без удобрений.

Ключевые слова: яровая пшеница (*Triticum aestivum* L.), вспашка, безотвальная, плоскорезная обработка, навоз, сидераты, нитратный азот, урожайность.

Введение. Одним из самых актуальных вопросов остается сохранение и поддержание запасов органического вещества в пахотных черноземах. При несоблюдении закона плодородия, когда вынос питательных веществ с урожаем не возвращается обратно в почву, происходит её истощение основными макро- и микроэлементами, а плодородие падает. В последние годы во многих хозяйствах происходит усиленная минерализация гумуса из-за высокой доли чистых паров, пропашных и технических культур в структуре посевных площадей. Единственным источником азота и энергии для воспроизводства плодородия в почве выступает органическое вещество [1].

Одним из наиболее острых вопросов современного земледелия продолжает оставаться обработка почвы, и в последние годы в хозяйствах области всё больше ориентируются на внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий, которые обеспечивают не только накопление наибольшего количества влаги ко времени посева, но и снижение минерализации органического вещества в почве, а также основных затрат на обработку. Однако их применение в севооборотах имеет свои недостатки. В большинстве случаев при ресурсосберегающих технологиях увеличивается засоренность посевов, особенно многолетними корнеотпрысковыми сорняками. Для решения этой проблемы необходимо использовать современные химические препараты [2].

Поэтому актуально изучение действия и последствия применения более дешёвых источников органического вещества (солома, сидераты) и приёмов обработки, которые могут улучшить качественные показатели почвы

и повысить урожайность зерна яровой пшеницы.

Цель исследований – определение влияния приемов обработки почвы и удобрений на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Условия материалы и методы. Работу выполняли на опытном поле отдела земледелия Ульяновского научно-исследовательского института сельского хозяйства имени Н. С. Немцева Самарского федерального исследовательского центра РАН на выщелоченном чернозёме с содержанием гумуса 5,61%, подвижного P_2O_5 и K_2O по Чирикову – 178 и 121 мг/кг соответственно, $pH_{\text{кол.}}$ – 6,3 единиц, сумма поглощенных оснований – 46,4 мг.-экв./100 г.

Полевой опыт был заложен в 2017 году. Яровую пшеницу возделывали в четырёхпольном севообороте: пар чистый – озимая пшеница – яровая пшеница – ячмень.

Схема опыта включала следующие варианты:

способ обработки почвы (фактор А) – отвальная вспашка ПН-4,35 на глубину 23...25 см (A_1); безотвальная обработка ОПО-4,25 на 15...16 см (A_2); плоскорезная обработка КПШ-5 на глубину 10...12 см (A_3);

органические и минеральные удобрения (фактор В) – без удобрений (B_1); $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию + N_{10} под солому озимой пшеницы (B_2); навоз 20 т/га (B_3); навоз 20 т/га + $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию + N_{10} под солому озимой пшеницы (B_4); солома озимой пшеницы (B_5); солома озимой пшеницы + N_{10} + $N_{16}P_{16}K_{16}$ при посеве + N_{34} под культивацию (B_6); сидерат

(В₇); сидерат + N₁₀ + солома озимой пшеницы + N₁₀ + N₁₆P₁₆K₁₆ при посеве + N₃₄ под культивацию (В₈).

Общая площадь под опытом – 3,0 га, площадь опытных делянок по фактору обработка – 8400 м² (80 м × 105 м), площадь делянок по фактору удобрения – 2100 м² (20 м × 105 м) под органическими и 1050 м² (10 м × 105 м) под минеральными удобрениями. Учётная площадь делянок составляла 125 м² (5 м × 25 м). Размещение делянок систематическое в трёхкратной повторности. Опыт повторен во времени в 3-х закладках (I-закладка 2017–2019 годы; II-закладка 2018–2020 годы; III-закладка 2019–2021 годы).

Сорт мягкой яровой пшеницы Симбирцит (*Triticum aestivum* L.) высевали нормой 5,0 млн всхожих семян на 1 га. Посев проводили в конце апреля – начале мая. Сидератами служили вика + овес.

Для уничтожения сорной растительности в посевах применяли гербицид Балерина в дозе 0,3...0,5 л/га.

При определении влажности почвы использовали метод высушивания в термостате при температуре 105°C до постоянной массы (ГОСТ 28268-89) [3], оценку водопрочности агрегатов почвы проводили методом качания сит (по И. М. Бакшееву), плотность почвы определяли в полевых условиях при естественном сложении буровым методом Качинского [4], содержание нитратного азота – методом Тюрина и Кононовой.

Биологическую активность почвы определяли методом льняных полотен (аппликаций) с экспозицией от посева до уборки в трёхкратной повторности [5].

Таблица 1 – Водопрочность агрегатов (10...0,25 мм) под посевами яровой пшеницы (средняя за 2019–2021 годы), %

Удобрения (фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)			Среднее
	отвальная	безотвальная	плоскорезная	
Без удобрений	76,9	77,8	77,6	77,4
НПК	77,8	78,1	78,7	78,0
Навоз 20 т/га	78,4	78,6	78,5	78,5
Навоз 20 т/га+НПК	78,6	78,8	78,7	78,7
Солома	78,0	78,3	78,1	78,1
Солома+НПК	77,9	78,4	78,0	78,1
Сидерат	78,1	78,3	78,2	78,2
Сидерат+НПК	78,3	78,6	78,4	78,4
В среднем	77,9	78,4	78,3	

НСР₀₅ для факторов: А – F_φ<F₀₅; В – 1,1; АВ – 1,3

Безотвальная и плоскорезная обработка почвы, по сравнению с вспашкой, оказывали более сильное (на 0,4...0,5%) влияние на водопрочность агрегатов в пахотном слое. Содержание водопрочных агрегатов в почве на фоне навоза 20 т/га с применением минеральных удобрений под посевами яровой пшеницы возрастало в среднем на 1,3%, по сравнению с вариантом без удобрений. На фонах с соломой и сидератами количество водопрочных агрегатов были выше контрольного варианта на 0,6...1,1%.

Статистическую оценку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б. А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М.: Книга по Требованию, 2012. 352 с.).

Учет урожайности проводили методом обмолота учетной площади делянки комбайном Нива-Эффект с приведением зерна к 14%-ной влажности и 100%-ной физической чистоте (ГОСТ 27548-97).

В 2019 году сумма эффективных температур выше 5°C составляла 2277 °С при норме 1762 °С, сумма осадков за апрель-сентябрь – 276 мм (норма 308 мм), уровень влагообеспеченности территории по Селянинову (ГТК) – 0,8 ед.

Сумма эффективных температур в 2020 году – 1801°C, осадков – 351,7 мм, при ГТК 1,3 ед. В 2021 году сумма эффективных температур составляла 2235°C, сумма осадков – 172,4 мм при ГТК 0,7 ед.

Результаты и обсуждение. Под воздействием удобрений, пожнивных остатков и обработки почвы состав агрегатов и их водопрочность постоянно меняются. Для обеспечения устойчивого во времени сложения пахотного горизонта в нём должно содержаться не менее 40...45% водопрочных агрегатов. Многие исследователи утверждают, что замена отвальной вспашки плоскорезной и мелкой обработкой не ухудшают структуру почвы и её водопрочность [6].

В нашем опыте определение агрегатного состава в слое почвы 0...30 см показало, что в среднем по вспашке водопрочность была наименьшей и составила 77,9% (табл. 1).

Отмечено положительное влияние отвальной обработки почвы на фоне применения органических и минеральных удобрений на водопрочность агрегатов. Так, вспашка на фоне навоза и сидератов увеличивала количество водопрочных агрегатов на 1,4...1,7%, по сравнению с вариантом без удобрений.

При возделывании сельскохозяйственных культур в уплотнённой почве создаются неблагоприятные и экстремальные условия для растений и всех живых организмов. Если почва будет иметь рыхлое сложение, то идёт

слишком большая потеря воды вследствие её испарения и в итоге нарушенный баланс плотности почвы влияет на продуктивность культур и урожайность [7].

В среднем за три года плотность почвы под посевами яровой пшеницы находилась в пределах оптимальных значений для роста и развития (табл. 2).

Таблица 2 – Плотность почвы (0...30 см) под посевами яровой пшеницы (средняя за 2019–2021 годы), г/см³

Удобрения (фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)			Среднее
	отвальная	безотвальная	плоскорезная	
Без удобрений	1,10	1,12	1,14	1,12
НРК	1,08	1,11	1,12	1,10
Навоз 20 т/га	1,05	1,07	1,09	1,07
Навоз 20 т/га+НРК	1,04	1,05	1,09	1,06
Солома	1,03	1,06	1,10	1,06
Солома+НРК	1,03	1,07	1,09	1,06
Сидерат	1,05	1,08	1,10	1,08
Сидерат+НРК	1,06	1,08	1,09	1,08
Среднее	1,05	1,07	1,10	

НСР₀₅ для факторов: А – 0,02; В – 0,03; АВ – 0,04

Плотность почвы по отвальной обработке составляла 1,05, безотвальной – 1,07 и плоскорезной – 1,10 г/см³. За годы исследований последней навоза, соломы и сидератов способствовало снижению плотности почвы, по сравнению с вариантом без удобрений, на 0,02...0,05 г/см³ или на 1,8...4,5%.

Величина показателя варьировала от 1,06 по навозу 20 т/га + НРК до 1,08 г/см³ по сидератам.

Отвальная обработка в вариантах с органическими и минеральными удобрениями

обеспечивала наиболее рыхлое сложение почвы, по сравнению с безотвальной и плоскорезной. Так, по вспашке плотность почвы составила 1,03...1,08, а по безотвальной и плоскорезной она была выше соответственно на 0,02...0,03 и 0,04...0,06 г/см³.

В удобренных вариантах плотность сложения почвы была выше, чем в вариантах с применением органических и минеральных удобрений, но находилась в оптимальных пределах для развития пшеницы – 1,10...1,14 г/см³.

Таблица 3 – Запасы продуктивной влаги в посевах яровой пшеницы (средние за 2019–2021 годы), мм

Удобрения (фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)						Среднее	
	отвальная		безотвальная		плоскорезная			
	слой почвы, см						0...30	0...100
фаза кущение								
Без удобрений	35,6	138,1	39,2	144,3	39,4	147,6	38,1	143,3
НРК	36,1	139,3	39,8	148,6	39,6	148,0	38,5	145,3
Навоз 20 т/га	39,2	147,1	41,9	160,4	40,1	156,3	40,4	154,6
Навоз 20 т/га+НРК	39,8	150,2	43,6	165,3	43,9	160,6	42,4	158,7
Солома	37,2	146,2	42,1	159,5	43,1	154,3	40,8	153,3
Солома+НРК	38,3	149,0	42,8	161,0	45,1	155,2	42,1	155,1
Сидерат	37,8	145,2	41,4	149,3	43,6	153,1	40,9	149,2
Сидерат+НРК	39,1	147,4	42,9	155,6	46,2	156,4	42,7	153,1
Среднее	37,9	145,3	41,7	155,5	42,6	153,9	37,9	145,3
НСР ₀₅ (0...30 см): по обработкам – 3,21; по удобрениям – 4,40; взаимодействие – 8,85								
НСР ₀₅ (0...100 см): по обработкам – 7,91; по удобрениям – 11,3; взаимодействие – F _φ <F ₀₅								
фаза полной спелости								
Без удобрений	24,5	102,3	28,4	112,3	26,2	109,2	26,4	107,9
НРК	25,1	104,6	28,8	112,9	26,8	108,6	26,9	108,7
Навоз 20 т/га	26,3	110,1	30,1	115,6	27,1	110,7	27,8	112,1
Навоз 20 т/га+НРК	27,4	113,2	31,2	118,4	27,9	111,0	28,8	114,2
Солома	25,8	109,6	29,6	114,3	26,9	110,8	27,4	111,6
Солома+НРК	27,4	110,2	31,5	115,4	27,7	112,1	28,9	112,6
Сидерат	25,8	108,4	30,1	113,6	23,5	110,3	26,5	110,8
Сидерат+НРК	26,7	110,5	29,6	114,2	24,7	111,5	27,0	112,1
Среднее	26,1	108,6	29,9	114,6	26,4	110,5	26,1	108,6
НСР ₀₅ (0...30 см): по обработкам – 3,61; по удобрениям – 3,11; взаимодействие – 4,34								
НСР ₀₅ (0...100 см): по обработкам – 8,32; по удобрениям – 10,9; взаимодействие – F _φ <F ₀₅								

Особую роль в этом отношении сыграло обогащение почвы органическим веществом. Внесение навоза и зеленой массы вико-овсяной смеси в паровом поле, а также ежегодное оставление соломы после уборки культур и заделка в пахотный слой способствовали разуплотнению черноземной почвы, в результате чего она становилась рыхлее.

Основная задача обработки почвы – создание благоприятных условий для накопления, сохранения и рационального использования влаги [8, 9]. В среднем запасы продуктивной влаги весной в кушение яровой пшеницы при безотвальной и плоскорезной обработке почвы были выше, чем при отвальной, в слое 0...30 см на 3,8 и 4,7 мм, в слое 0...100 см – на 10,2 и 8,6 мм (табл. 3).

Наибольшие в опыте запасы продуктивной влаги в слое 0...30 см в кушение были в вариантах навоз 20 т/га + NPK (42,4 мм), солома + NPK (42,1 мм), сидерат + NPK (42,7 мм), по сравнению с неудобренным вариантом (38,1 мм), в слое 0...100 см – соответственно 158,7, 155,1, 153,1 и 143,3 мм.

При взаимодействии всех изучаемых

факторов более высокие запасы продуктивной влаги в фазе кушения яровой пшеницы в пахотном (на 3,8...4,7 мм) и метровом ((на 8,6...10,2 мм) слоях почвы были по безотвальной и плоскорезным обработкам, по сравнению с отвальными.

Запасы продуктивной влаги к уборке по обработкам почвы и удобрениям значительно снизились. Так, в слое 0...30 см по обработке почвы они варьировали от 26,1 до 29,9 мм, при более высоких значениях по безотвальной обработке, по сравнению с отвальной. В остальных изучаемых вариантах запасы продуктивной влаги, как в пахотном, так и метровом слоях были практически на одном уровне.

Приемы основной обработки и удобрения, оказывая различное влияние на физическое состояние, водно-воздушный режим, определяют интенсивность и характер микробиологических процессов, а, следовательно и питательный режим почвы [10, 11, 12].

В наших исследованиях наибольшая целлюлозоразлагающая активность почвы отмечена по навозу и сидератам – 41,4...44,4 и 37,4...41,1% соответственно (табл. 4).

Таблица 4 – Биологическая активность почвы (слой 0...30 см) под посевами яровой пшеницы (средняя за 2019–2021 годы), %

Удобрения (фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)			Среднее
	отвальная	безотвальная	плоскорезная	
Без удобрений	32,1	29,8	27,7	29,9
NPK	34,5	32,4	30,8	32,6
Навоз 20 т/га	46,3	41,3	36,7	41,4
Навоз 20 т/га+NPK	53,1	46,5	33,5	44,4
Солома	36,7	30,4	28,9	32,0
Солома+NPK	38,4	35,1	33,9	35,8
Сидерат	39,2	37,5	35,4	37,4
Сидерат+NPK	45,8	39,6	38,0	41,1
Среднее	40,8	36,6	33,1	
НСР ₀₅ для факторов: А – 4,32; В – 8,85; АВ – 6,45				

Наибольшая в опыте биологическая активность была по вспашке – 40,8 %, а по безотвальной и плоскорезной она была ниже на 4,2...7,7 %. Фактором активизации микробиологических процессов в почве выступали удобрения. Так, наибольшее разложение льняного полотна в посевах яровой пшеницы отмечено в варианте навоз 20 т/га + NPK при отвальной обработке почвы 53,1 %, что на 21,0

% было выше неудобренного варианта. По безотвальной и плоскорезной обработкам наибольшее разложение льняной ткани было отмечено в вариантах с навозом и сидератами.

В среднем за три года содержание нитратного азота в слое почвы 0...30 см было выше в сравнении с неудобренным фоном по навозу и сидератам 37,4...41,7 и 33,8...35,4 мг/кг соответственно (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание нитратного азота в пахотном слое под яровой пшеницей, (среднее за 2019–2021 годы), мг/кг почвы

Вариант(фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)			Среднее
	отвальная	безотвальная	плоскорезная	
Без удобрений	33,5	23,2	22,1	26,3
NPK	38,2	28,4	26,3	31,0
Навоз 20 т/га	41,7	35,6	34,8	37,4
Навоз 20 т/га+NPK	51,6	36,3	37,2	41,7
Солома	37,4	24,2	26,5	29,4
Солома+NPK	43,8	28,4	27,4	33,2
Сидерат	40,1	31,1	30,2	33,8
Сидерат+NPK	44,3	30,6	31,2	35,4
Среднее	41,3	29,7	29,5	
НСР ₀₅ для факторов: А – 5,7; В – 7,3; АВ – 8,2				

В среднем за годы исследований содержание нитратного азота по отвальной обработке составило 41,3 мг/кг, что на 28,1...28,6% выше, чем по безотвальной и плоскорезной. Это свидетельствует о снижении интенсивности разложения органического вещества в почве на фоне безотвальных и плоскорезных обработок.

Засорённость посевов – один из основных

сдерживающих факторов использования минимальных обработок почвы, но применение гербицидов в посевах позволяет ее существенно снизить [13, 14]. Наименьшая в опытах засоренность посевов яровой пшеницы отмечена в вариантах со вспашкой, в среднем она составила 27,3 шт./м², что существенно ниже, чем по безотвальной и плоскорезной обработкам (табл. 6).

Таблица 6 – Влияние обработок почвы и удобрений на засоренность посевов яровой пшеницы за 2019-2021 годы, шт./м²

Варианты удобрений (фактор В)	Обработка почвы (фактор А)						Среднее	
	отвальная		безотвальная		плоскорезная			
	до обработки гербицидом	через 20 дней после обработки	до обработки гербицидом	через 20 дней после обработки	до обработки гербицидом	через 20 дней после обработки	до обработки гербицидом	через 20 дней после обработки
Без удобрений	26,2	4,3	28,5	4,4	29,6	4,0	28,1	4,2
NPК	28,2	4,7	28,6	4,0	26,5	4,3	27,8	4,3
Навоз 20 т/га	27,4	4,8	30,3	4,4	27,1	4,4	28,3	4,5
Навоз 20т/га+NPК	29,2	5,7	30,3	4,4	30,8	4,6	30,1	4,9
Солома	25,9	5,1	28,9	4,0	28,7	4,1	27,8	4,4
Солома+NPК	27,9	4,6	29,1	5,3	29,2	4,6	28,7	4,8
Сидерат	27,1	5,9	28,1	5,1	29,6	4,4	28,3	5,1
Сидерат+NPК	26,5	5,4	29,9	5,8	29,1	4,3	28,5	5,2
Среднее	27,3	5,1	29,3	4,6	28,8	4,3	28,5	4,7
НСР ₀₅ для факторов до обработки гербицидом: А – 1,15; В – 1,23; АВ – 1,72								
через 20 дней после обработки гербицидом: А – F _φ <F ₀₅ ; В – F _φ <F ₀₅ ; АВ – F _φ <F ₀₅								

В варианте с применением навоза 20 т/га + NPК количество сорняков было существенно выше, по сравнению с неудобренным вариантом (на 7,1%) и составило 30,1 шт./м². В остальных вариантах количество сорной растительности было на уровне неудобренного варианта и варьировало в пределах от 27,8 до 28,7 шт./м². Эффективность гербицидов по снижению численности сорняков во всех вариантах с удобрениями составляла

81,8...85,0%. Биологические приёмы возделывания сельскохозяйственных культур, а также приемы обработки почвы позволяют положительно влиять на основные параметры её плодородия, повышая тем самым урожайность зерновых культур и их качество [15, 16, 17].

В среднем за годы исследований урожайность яровой пшеницы, как по отвальной, так и безотвальной обработке, была одинаковой – 2,78 т/га (табл. 7).

Таблица 7 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от обработок и удобрений (средняя за 2019-2021 годы), т/га

Удобрения (фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)			Среднее
	отвальная	безотвальная	плоскорезная	
Без удобрений	2,30	2,34	2,23	2,29
NPК	2,51	2,56	2,35	2,47
Навоз 20 т/га	2,85	2,80	2,71	2,79
Навоз 20 т/га+NPК	3,21	3,23	3,18	3,21
Солома	2,56	2,46	2,30	2,44
Солома+NPК	2,96	2,92	2,79	2,89
Сидерат	2,63	2,65	2,59	2,62
Сидерат+NPК	3,20	3,24	3,12	3,19
Среднее	2,78	2,78	2,66	2,74
НСР ₀₅ для факторов: А – 0,12; В – 0,25; АВ – 0,13				

Урожайность по плоскорезной обработке в среднем отмечена на уровне 2,66 т/га, что на 0,12 т/га было ниже, чем по отвальной и безотвальной.

Максимальная урожайность яровой пшеницы 3,23 и 3,24 т/га была получена на фоне навоза и сидерата с минеральными

удобрениями при безотвальной обработке почвы. Вспашка и плоскорезная обработка на фоне навоза с минеральными удобрениями уступали по урожайности безотвальной на 0,02...0,05, а на фоне сидерата + NPК – на 0,04...0,12 т/га.

Качественные показатели зерна во многом

зависят от агротехнологических приемов возделывания и применения удобрений в севообороте [18, 19, 20].

При содержании в зерне белка 11...14%, сырой клейковины 24...28% пшеница относится к ценной, она способна давать хлеб высокого качества (большого объема и пористый) не только в чистом виде, но и при добавлении к муке слабых пшениц. В наших исследованиях масса 1000 зерен варьировала от 39,1 до 39,8 г, то есть во всех изучаемых

вариантах значительных изменений не было. Величина ИДК-4 по вариантам вспашки была в пределах 70,8...80,2, безотвальной – 69,7...83,0, плоскорезной – 73,0...81,2 единиц, поэтому зерно пшеницы можно отнести к первой группе.

Содержание клейковины и белка в зерне яровой пшеницы варьировало в пределах 25,8...26,1 и 12,6...12,7% соответственно без существенных различий между вариантами (табл. 8).

Таблица 8 – Содержание сырого белка и клейковины в зерне яровой пшеницы (среднее за 2019–2021 годы), %

Удобрения (фактор В)	Способы обработки почвы (фактор А)			Среднее
	отвальная	безотвальная	плоскорезная	
Без удобрений	24,6*/12,4**	24,2/12,4	24,1/12,5	24,3/12,4
НРК	25,7/12,6	26,1/12,5	25,9/12,4	25,9/12,5
Навоз 20 т/га	26,4/12,7	26,3/12,8	26,2/12,7	26,3/12,7
Навоз 20 т/га+НРК	27,7/13,3	27,0/13,1	26,9/12,9	27,2/13,1
Солома	24,7/12,6	24,6/12,5	24,4/12,6	24,6/12,6
Солома+НРК	26,2/12,7	26,1/12,6	26,0/12,5	26,1/12,6
Сидерат	26,4/12,7	26,1/12,5	26,3/12,6	26,3/12,6
Сидерат+НРК	27,4/12,9	27,1/13,0	26,8/12,8	27,1/12,9
Среднее	26,1/12,7	25,9/12,7	25,8/12,6	25,9/12,7
НСР ₀₅ для факторов по клейковине: А – 0,36; В – 1,3; АВ – 1,6 по белку: А – 0,12; В – 0,43; АВ – 0,68				

*-содержание клейковины; **-содержание белка

В среднем за годы исследований наибольшее содержание сырой клейковины и белка в зерне пшеницы было отмечено по навозу (27,2 и 13,1%) и сидератам (27,1 и 12,9%) с применением минеральных удобрений.

Самое высокое содержание клейковины и белка в зерне яровой пшеницы отмечено на фоне навоза 20 т/га + НРК и сидератов + НРК отмечено по вспашке (27,7 и 13,3% и 27,4/12,9%) и безотвальной обработке (27,0 13,1% и 27,1 и 13,0 % соответственно).

Выводы. Водопрочность почвы на всех фонах обработки и удобрений составляла от 76,9 до 78,8%, то есть была отличной, плотность почвы находилась в пределах оптимальных значений для роста и развития растений 1,03...1,14 г/см³. Безотвальные и плоскорезные обработки почвы, по сравнению со вспашкой, способствовали лучшей аккумуляции влаги в течение вегетационного периода. Наилучшие в опыте условия по накоплению продуктивной влаги складывались на фоне навоза, соломы и сидератов.

Наибольшее разложение льняного полотна в посевах яровой пшеницы отмечали в варианте навоз 20 т/га + НРК при отвальной обработке почвы – 53,1%, что на 21,0% выше, чем без применения удобрений. По безотвальной и плоскорезной обработке почвы разложение

ткани было ниже, чем по вспашке, на 6,6 и 19,6% соответственно.

Самое высокое накопление нитратного азота в пахотном слое наблюдали на фоне навоза 20 т/га + НРК: по отвальной обработке – 51,6 мг/кг, на безотвальной – 36,3 и на плоскорезной – 37,2 мг/кг почвы. Его содержание по фонам солома + НРК и сидерат + НРК уступало унавоженному пару по вспашке соответственно на 7,8 и 7,3 мг/кг, по безотвальной – на 7,9 и 5,7, по плоскорезной – на 9,8 и 6,0 мг/кг почвы.

Минимальная в опыте засоренность посевов яровой пшеницы отмечена в вариантах со вспашкой, в среднем она составила 27,3 шт./м², что существенно ниже, чем по безотвальной и плоскорезной обработкам. Гербициды показали высокую эффективность в борьбе с сорняками, по вспашке она составила 81,3%, по безотвальной обработке – 84,3%, по плоскорезной – 85,1%.

Наибольшая в опыте урожайность зерна яровой пшеницы хорошего качества была сформирована на фоне сидерат + НРК и навоз 20 т/га + НРК по безотвальной обработке – соответственно 3,24 и 3,23 т/га. По вспашке величина этого показателя снижалась до 3,20 и 3,21 т/га, по плоскорезной обработке – до 3,12 и 3,18 т/га.

Литература

1. Использование удобрений из куриного помета для выращивания органической продукции / А. С. Ганиева, Ф. С. Сибгатуллин, Б. Г. Зиганшин и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17. № 1 (65). С. 9–14. doi: 10.12737/2073-0462-2022-9-14.
2. Возделывание яровой твердой пшеницы в условиях неустойчивого увлажнения Оренбургского Преудуралья / В. Ю. Скороходов, А. А. Зоров, Н. А. Максютов и др. // Земледелие. 2022. № 1. С. 19–22. doi: 10.24412/00443913-2022-1-19-22.

3. Роде А. А. Основы учения о почвенной влаге. Методы изучения водного режима почв. Л.: Гидрометиздат, 1969. 287 с.
4. Федоровский М. Т. К вопросу о глубине вспашки черноземов под озимые культуры в степи Украины // Почвоведение. 1985. № 2. С. 16–31.
5. Звягинцев Д. Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1987. 256 с.
6. Сабитов М. М. Продуктивность и экономическая эффективность яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья // Пермский аграрный вестник. 2017. № 4 (20). С. 107–113.
7. Влияние обработки почвы и удобрений на фауну дерново-подзолистой глееватой почвы и урожайность полевых культур / А. Н. Воронин, А. М. Труфанов, П. А. Котьяк и др. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2023. Т. 53. № 3. С. 5–14. doi: 10.26898/0370-8799-2023-3-1.
8. Сабитов М. М. Влияние предпосевной обработки почвы на урожайность яровой пшеницы в условиях лесостепи Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2022. Т. 17, № 3 (67). С. 31–35. doi: 10.12737/2073-0462-2022-31-35.
9. Совершенствование влагоаккумулирующей техники и технологии обработки почвы и посева / Н. К. Мазитов, А. Р. Валиев, Л. З. Шарафиев, И. С. Мухаметшин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 74–83. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-74-83.
10. Оценка влияния покровных культур на биологическую активность черноземов при использовании технологии прямого посева / А. Н. Федоренко, Г. В. Мокриков, К. Ш. Казеев и др. // Земледелие. 2023. № 1. С. 23–26. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-23-27.
11. Биологическая активность ризосферы зернофуражных культур при применении бактериальных препаратов / Н. Н. Шулико, О. Ф. Хамова, Ю. Ю. Паршуткин и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 85–92. doi: 10.18286/1816-4501-2022-1-85-92.
12. Горянин О. И., Щербинина Е. В., Джангабаев Б. Ж. Оптимизация сортовых технологий яровой твердой пшеницы в чернозёмной степи Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37. № 3. С. 10–15. doi: 10.53859/02352451_2023_37_3_10.
13. Власова Л. М., Попова О. В. Баковые смеси инсектицидов, фунгицидов и микроудобрений в посевах зерновых культур // Защита и карантин растений. 2023. № 5. С. 13–15. doi: 10.47528/1026-8634_2023_5_13.
14. Оценка эффективности предпосевной обработки семян и посевов биологически активными веществами на яровой пшенице в условиях Предкамья Республики Татарстан / М. Ф. Амиров, А. Я. Сафиуллин, М. Ю. Гилязов [и др.] // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2023. – Т. 18, № 2 (70). – С. 5–12. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-5-12.
15. Шпанев А. М., Лекомцев П. В., Воропаев В. В. Влияние основных элементов технологии возделывания на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (58). С. 44–51. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-44-51.
16. Impacts of organizational arrangements on conservation agriculture: insights from interpretive structural modeling in Iran / S. Latifi, H. Raheli, M. Hauser, et al. // Agroecology and Sustainable Food Systems. 2021. Vol. 45. No. 1. P. 86–110. doi: 10.1080/21683565.2020.1751375.
17. Leinweber P., Schulten H. R., Körschens M. Seasonal variations of soil organic matter in a long-term agricultural experiment // Plant and Soil. 1994. Vol. 160. No. 2. P. 225–235. doi: 10.1007/bf00010148.
18. Тойгильдин А. Л., Морозов В. И., Подсевалов М. И. Биологизация севооборотов и качество зерна яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2 (46). С. 58–64. doi: 10.18286/1816-4501-2019-2-58-64.
19. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat / H. Klikocka, M. Cyulska, B. Barczak, et al. // Plant Soil Environ. 2016. Vol. 62. No. 5. P. 230–236. doi: 10.17221/18/2016-PSE.
20. Никитин, С. Н. Оценка изменения агроклиматического потенциала Ульяновской области на производство продукции растениеводства / С. Н. Никитин, П. Б. Шарипова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 3(59). – С. 36–42. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

Сведения об авторах:

Сабитов Марат Мансурович – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела земледелия, e-mail: m_sabitov@mail.ru
Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства им. Н. С. Немцева, г. Ульяновск, Россия.

**INFLUENCE OF SOIL TILLAGE AND FERTILIZERS ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITY
IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF MIDDLE VOLGA REGION
M. M. Sabitov**

Abstract. The studies were carried out in 2019–2021 in the Ulyanovsk region in order to study the influence of soil cultivation methods and organo-mineral fertilizers on spring wheat productivity. The soil of the experimental plot is leached medium-thick medium-loamy chernozem with a humus content in the 0...30 cm layer of 5.61%, mobile P₂O₅ and K₂O according to Chirikov - 178 and 121 mg/kg, respectively, pH_{sol} - 6.3, sum of absorbed bases - 46.4 mg-equiv./100 g. In the experiments, methods of tillage were studied (factor A) - dumping to a depth of 23...25 cm; dumpless by 15...16 cm; flat-cut 10...12 cm; organic and mineral fertilizers (factor B) - without fertilizers; N₁₆P₁₆K₁₆ for sowing + N₃₄ for cultivation + N₁₀ for winter wheat straw; manure 20 t/ha; manure 20 t/ha + N₁₆P₁₆K₁₆ for sowing + N₃₄ for cultivation + N₁₀ for winter wheat straw; winter wheat straw; winter wheat straw + N₁₀ + N₁₆P₁₆K₁₆ for sowing + N₃₄ for cultivation; green manure; green manure + N₁₀ + winter wheat straw + N₁₀ + N₁₆P₁₆K₁₆ when sowing + N₃₄ for cultivation. Non-mouldboard and flat-cut processing had an advantage over mouldboard in terms of moisture reserves in the 0...30 cm layer by 3.8...4.7 mm, in the 0...100 cm layer by 8.6...10.2 mm. The after-effect of fertilizers contributed to an increase in the content of nitrate nitrogen in the 0...30 cm layer, compared to the control, by 3.9...18.1 mg/kg for plowing, by 1.0...13.1 for non-mouldboard cultivation, and 4 for flat-cutting, 4...15.1 mg/kg. The yield of spring wheat against the background of manure 20 t/ha + NPK and green manure + NPK for non-mouldboard tillage increased by 0.89 and 0.90 t/ha, for plowing - by 0.90 and 0.90, for flat-cut soil - by 0.95 and 0.89 t/ha, compared to the option without fertilizers.

Key words: spring wheat (*Triticum aestivum* L.), plowing, no-mouldboard, flat-cut cultivation, manure, green

manure, nitrate nitrogen, productivity.

References

1. Ganiev AS, Sibagatullin FS, Ziganshin BG. [Use of fertilizers from chicken manure for growing organic products]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 1 (65). 9-14 p. doi: 10.12737/2073-0462-2022-9-14.
2. Skorokhodov VYu, Zorov AA, Maksyutov NA. [Cultivation of spring durum wheat under conditions of unstable moisture in Orenburg Urals]. Zemledelie. 2022; 1. 19-22 p. doi: 10.24412/00443913-2022-1-19-22.
3. Rode AA. Osnovy ucheniya o pochvennoi vlage. Metody izucheniya vodnogo rezhima pochv. [Fundamentals of soil moisture doctrine. Methods for studying the water regime of soils]. Leningrad: Gidrometizdat. 1969; 287 p.
4. Fedorovskiy MT. [On the issue of plowing depth of chernozem for winter crops in the steppe of Ukraine]. Pochvovedenie. 1985; 2. 16-31 p.
5. Zvyagintsev DG. Pochva i mikroorganizmy. [Soil and microorganisms]. Moscow: Izd-vo Mosk.un-ta. 1987; 256 p.
6. Sabitov MM. [Productivity and economic efficiency of spring wheat in the forest-steppe conditions of Volga region]. Permskiy agrarniy vestnik. 2017; 4 (20). 107-113 p.
7. Voronin AN, Trufanov AM, Kotyak PA. [The influence of soil cultivation and fertilizers on the fauna of sod-podzolic gleyic soil and the yield of field crops]. Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki. 2023; Vol.53. 3. 5-14 p. doi: 10.26898/0370-8799-2023-3-1.
8. Sabitov MM. [The influence of pre-sowing tillage on spring wheat productivity in the forest-steppe conditions of Volga region]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 3 (67). 31-35 p. doi: 10.12737/2073-0462-2022-31-35.
9. Mazitov NK, Valiev AR, Sharafiev LZ, Mukhametshin IS. [Improvement of moisture-accumulating equipment and technology for tillage and sowing]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2022; Vol.17. 2(66). 74-83 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-74-83.
10. Fedorenko AN, Mokrikov GV, Kazeev KSh. [Assessment of the influence of cover crops on the biological activity of chernozems using direct sowing technology]. Zemledelie. 2023; 1. 23-26 p. doi: 10.24412/0044-3913-2023-1-23-27.
11. Shuliko NN, Khamova OF, Parshutkin YuYu. [Biological activity of the rhizosphere of grain crops when using bacterial preparations]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022; 1 (57). 85-92 p. doi: 10.18286/1816-4501-2022-1-85-92.
12. Goryanin OI, Shcherbinina EV, Dzhangabaev BZh. [Optimization of varietal technologies of spring durum wheat in the chernozem steppe of Volga region]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023; Vol.37. 3. 10-15 p. doi: 10.53859/02352451_2023_37_3_10.
13. Vlasova LM, Popova OV. [Tank mixtures of insecticides, fungicides and microfertilizers in grain crops]. Zashchita i karantin rasteniy. 2023; 5. 13-15 p. doi: 10.47528/1026-8634_2023_5_13.
14. Amirov MF, Safiullin AY, Gilyazov MY. [Assessment of the effectiveness of pre-sowing treatment of seeds and crops with biologically active substances on spring wheat in the conditions of Kama region of the Republic of Tatarstan]. Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2023; Vol.18. 2(70). 5-12 p. – DOI 10.12737/2073-0462-2023-5-12.
15. Shpanev AM, Lekomtsev PV, Voropaev VV. [Influence of the main elements of cultivation technology on weediness of crops and spring wheat productivity]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022; 2 (58). 44-51 p. doi: 10.18286/1816-4501-2022-2-44-51.
16. Latifi S, Raheli H, Hauser M. Impacts of organizational arrangements on conservation agriculture: insights from interpretive structural modeling in Iran. Agroecology and Sustainable Food Systems. 2021; Vol.45. 1. 86-110 p. doi: 10.1080/21683565.2020.1751375.
17. Leinweber P, Schulten HR, Körschens M. Seasonal variations of soil organic matter in a long-term agricultural experiment. Plant and Soil. 1994; Vol.160. 2. 225-235 p. doi: 10.1007/bf0010148.
18. Toigil'din AL, Morozov VI, Podsevalov MI. [Biologization of crop rotations and grain quality of spring wheat in the forest-steppe zone of Volga region]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2019; 2 (46). 58-64 p. doi: 10.18286/1816-4501-2019-2-58-64.
19. Klikocka N, Cyulska M, Barczak V. The effect of sulphur and nitrogen fertilization on grain yield and technological quality of spring wheat. Plant Soil Environ. 2016; Vol.62. 5. 230-236 p. doi: 10.17221/18/2016-PSE.
20. Nikitin SN, Sharipova RB. [Assessment of changes in the agroclimatic potential of Ulyanovsk region for crop production]. Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022; 3(59). 36-42 p. – DOI 10.18286/1816-4501-2022-3-36-42.

Authors:

Sabitov Marat Mansurovich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Agriculture Department, e-mail: m_sabitov@mail.ru
Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ulyanovsk Research Institute of Agriculture named after N. S. Nemtseva, Ulyanovsk, Russia.