

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 последствие 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 |
| НПК | 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+НПК | 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+НПК | 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+НПК | 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 + НПК 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 |
| НПК | 2,51 | 2,56 | 2,35 | 2,47 |
| Навоз 20 т/га | 2,85 | 2,80 | 2,71 | 2,79 |
| Навоз 20 т/га+НПК | 3,21 | 3,23 | 3,18 | 3,21 |
| Солома | 2,56 | 2,46 | 2,30 | 2,44 |
| Солома+НПК | 2,96 | 2,92 | 2,79 | 2,89 |
| Сидерат | 2,63 | 2,65 | 2,59 | 2,62 |
| Сидерат+НПК | 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 + НПК – 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. Ганьев, 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 твёрдой 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, Р. 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 agrarnyy 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 MYu. [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. Shpancev 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.