

На правах рукописи

**Горнич Екатерина Андреевна**

**Влияние обработки, удобрений и гербицидов на показатели плодородия почвы и продуктивность яровых зерновых культур и однолетних трав в условиях Нечернозёмной зоны**

Специальность 06.01.01 – Общее земледелие, растениеводство

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Ярославль – 2022

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: **Щукин Сергей Владимирович**,  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Официальные оппоненты: **Зинченко Сергей Иванович**  
доктор сельскохозяйственных наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», заместитель директора по науке

**Власова Ольга Ивановна**  
доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», заведующая кафедрой общего земледелия, растениеводства и селекции им. профессора Ф.И. Бобрышева

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита состоится «24» мая 2022 г. в 14.00 часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, д. 2. Тел.: 8 (846) 6346131

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте [www.ssaa.ru](http://www.ssaa.ru).

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Снижение интенсивности обработки почвы является одним из необходимых условий, препятствующих разрушению структуры почвы и потере органического вещества, что обеспечивает устойчивое функционирование агрофитоценоза и сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов. Однако ресурсосберегающие обработки в условиях Нечерноземной зоны РФ, и в частности, полный отказ от вспашки, может провоцировать дифференциацию пахотного слоя почвы по плодородию и увеличение засоренности посевов. Внесение минеральных удобрений, а также соломы еще в большей степени может усилить данные негативные процессы и выступать сдерживающим фактором распространения ресурсосберегающих агротехнологий, особенно на фоне сокращения использования гербицидов.

В связи с этим актуальной проблемой является поиск систем ресурсосберегающей обработки почвы, обеспечивающих заделку удобрений и формирование условий последующей их трансформации в почве способствующих улучшению показателей плодородия, снижению засоренности и повышению продуктивности культурных растений.

**Степень разработки проблемы.** Проблема обработки почвы достаточно широко освещена в работах как отечественных, так и зарубежных авторов: А.А. Юскин, 2009; В.В. Ивенин, 2010; А.И. Титовская, 2014; А.А. Борин, 2015; М.К. Зинченко, 2016; Н. А. Пегова, 2017; В.А. Николаев, 2017; Д. В. Пургин, 2019; Д.Г. Поляков, 2021; Z. Du, 2017; R. Nandan, 2019; Y. Li, 2020; L. Deiss, 2021; H. Zhao, 2021; Q. Gao и многих других. Вопросы, связанные с влиянием удобрений на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур отражены в работах: А.Ф. Сафонов, 2002; Н.Н. Нецадим, 2016; Е.В. Марчук, 2017; И. Г. Широких, 2019; А.М. Плотников, 2019; S.J. Fonte, 2009; H. Fang, 2021; Y. Liang, 2021 и других.

Однако вопросы, связанные с внесением минеральных удобрений и соломы при разном уровне интенсификации обработки, а также действия и последствии гербицидов рассмотрены недостаточно и имеют зачастую противоречивые суждения, т.к. характеризуются различными условиями проведения экспериментов и изучаемыми культурами. Отсутствуют исследования в системе чередования двух групп культур: яровые зерновые и однолетние травы, где можно четко проследить вариативность показателей плодородия почвы и засорённости посевов под влиянием разных способов заделки удобрений и растительных остатков зерновых культур, а также действия и последствия гербицидов на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Нечерноземной зоны РФ.

**Цель исследования.** Совершенствование системы основной обработки при внесении минеральных удобрений и соломы, также действия и последствия гербицидов с целью повышения плодородия почвы и урожайности при чередовании яровых зерновых культур и однолетних трав.

### **Задачи исследования:**

1. Оценить влияние разных по интенсивности систем обработки почвы при внесении минеральных удобрений и соломы, также действия и последствия гербицидов на:

- динамику агрофизических показателей плодородия почвы (коэффициент структурности, водопрочность, плотность, сопротивление пенетрации).

- динамику органического вещества, подвижного фосфора и обменного калия и обменную кислотности почвы.

2. Оценить влияние разных по интенсивности систем обработки почвы при внесении минеральных удобрений и соломы, также действия и последствия гербицидов на изменение показателей обилия сорного компонента при чередовании яровых зерновых культур и однолетних трав.

3. Оценить влияние разных по интенсивности систем обработки почвы при внесении минеральных удобрений и соломы, также действия и последствия гербицидов на урожайность яровой пшеницы, ячменя, однолетних трав и установить её зависимость с показателями плодородия почвы и засорённости.

4. Дать экономическую и биоэнергетическую оценку эффективности ресурсосберегающих технологий производства яровых зерновых культур и однолетних трав.

**Научная новизна.** Впервые на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве Нечерноземной зоны РФ проведена оценка динамики показателей плодородия почвы и засоренности посевов при чередовании двух групп культур: яровые зерновые и однолетние травы под влиянием основной обработки почвы разной степени интенсивности, минеральных удобрений и соломы, также действия и последствия гербицидов. Установлена эффективность периодического чередования поверхностных и отвальных обработок в системе поверхностно-отвальной (SP) при заделке в почву соломы и минеральных удобрений (SNPK), которое способствовало повышению плодородия почвы и урожайности полевых культур.

**Объекты и предметы исследования.** Объектами исследования являлись дерново-подзолистая глееватая среднесуглинистая почва, посевы яровых зерновых культур и однолетних трав. Предмет исследования – системы основной обработки почвы, удобрений и гербицидов в многолетнем полевом опыте.

**Методология и методы исследований.** Методология проводимых исследований основана на анализе научных публикаций отечественных и зарубежных авторов. Методы исследования: теоретические – обработка результатов исследований методами статистического и коррекционного анализа; эмпирические – полевые опыты, графическое и табличное отображение результатов.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Динамика показателей плодородия почвы под влиянием разных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов, а также их последствий.

2. Изменение показателей обилия сорного компонента в посевах яровых зерновых культур и однолетних трав под действием разных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов, а также их последствий.

3. Изменение урожайности ячменя, яровой пшеницы и однолетних трав под влиянием разных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов, а также их последствий.

4. Зависимости между показателями плодородия почвы, обилия сорного компонента и урожайностью культурных растеканий.

5. Экономическая и биоэнергетическая оценка ресурсосберегающих технологий производства яровых зерновых культур и однолетних трав.

**Достоверность результатов исследования.** В диссертации представлены исследования за 2015-2018 гг. проведены самим автором. Достоверность обеспечена большими выборками и подтверждена статистическими критериями дисперсионного и корреляционного анализов, полученными при обработке данных с помощью программ «Disant» «Statistica 12», «Microsoft Excel».

Работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательской работы кафедры «Агрономия» на тему: «Разработать и усовершенствовать инновационные адаптивно-ландшафтные технологии и системы земледелия для Нечерноземной зоны России» (№ государственной регистрации АААА-А16-116090850004-6).

**Теоретическая и практическая значимость.** Данные, полученные в ходе исследований, позволяют объяснить причины вариативности показателей плодородия почвы и засоренности посевов в системе чередования двух групп культур: яровые зерновые и однолетние травы под влиянием разных по интенсивности систем обработки, удобрений и гербицидов, а также их последствия.

Было установлено положительное влияние системы поверхностно-отвальной обработки по фону совместного внесения соломы с NPK. Данная технология способствует оптимизации показателей плодородия почвы, не ведет к увеличению засоренности посевов и обеспечивает урожайность ячменя на уровне 27,40 ц/га, однолетних трав от 350,0 до 461,66 ц/га и яровой пшеницы – 28,15 ц/га. При этом наблюдается увеличение чистого дохода и уровня рентабельности: при возделывании ячменя (2015) на 6117,0 руб./га и 36,39%, однолетних трав (2016) – 17492,8 руб./га и 57,79%, яровой пшеницы – 5107,6 руб./га и 18,3%, однолетних трав (2018) – 24813,1 руб./га и 79,1% по сравнению с отвальной.

**Апробация работы.** Основные положения результатов исследований докладывались на Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в земледелии», проводимой ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2016-2019 гг.; на XX Международной научно-практической конференции 2017 г. «Инновационные направления развития АПК и повышение конкурентоспособности предприятий, отраслей и комплексов – вклад молодых ученых», проводимой ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2017 г.; на XXVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» в рамках Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2020», проводимого МГУ им. М.В. Ломоносова, 2020 г.; на II Международной научно-практической конференции «Обеспечение устойчивого развития в контексте сельского хозяйства, зеленой энергетики, экологии и науке о Земле» (ESDCA-II-2022), проводимой Смоленской ГСХА, 2022 г.

По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, в т.ч. 3 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Основные положения работы прошли производственную проверку в ООО «ВолАгро» Ярославской области на площади 180 га и используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА.

**Структура и объём диссертации.** Основное содержание диссертации изложено на 163 страницах компьютерной верстки, состоит из введения, семи глав, заключения, предложений производству. Результаты отражены в 41 таблице и 62

рисунках. Список использованной литературы включает 394 наименования, в том числе 179 зарубежных источника.

**Личный вклад автора.** Автор самостоятельно осуществлял планирование теоретических и экспериментальных исследований, непосредственно проводил полевые исследования, выполняя учеты, наблюдения, анализы и статистическую обработку. Представлял ежегодно научные отчеты, результаты которых были обобщены в виде диссертации; сформулировал заключение и рекомендации производству. Рукопись диссертации и сделанные заключения прошли редакцию научного руководителя.

## **УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Многолетний полевой эксперимент проводился на дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почве Ярославской области, Россия (57°42'39"N, 39°41'40"E). Опыт был заложен в 1995 г. Исследования проводились с 2015 по 2018 гг. Чередование культур в годы исследований: 2015 (ячмень) – 2016 (однолетние травы – викоовсяная смесь) – 2017 (яровая пшеница) – 2018 (однолетние травы – вико-овсяная смесь).

Схема трехфакторного опыта включала 48 вариантов.

### ***Фактор А. Система основной обработки почвы:***

1. Отвальная (MP): дискование на 6-8 см + вспашка на 20-22 см, ежегодно;
2. Поверхностная с рыхлением (STL): дискование на 6-8 см + рыхление на 25-27 см 1 раз в 4 года и дискование на глубину 6-8 см в остальные 3 года.
3. Поверхностно-отвальная (SP): дискование на 6-8 см + вспашка на 20-22 см 1 раз в 4 года и дискование на 6-8 см в остальные 3 года;
4. Поверхностная (ST): дискование на 6-8 см, ежегодно.

### ***Фактор В. Система удобрений:***

1. Без удобрений (F0);
2. Азотные удобрения в норме 30 кг д.в. (N);
3. Солома в норме 3 т/га (S);
4. Солома в норме 3 т/га + азотные удобрения в норме 30 кг д.в. (SN);
5. Солома в норме 3 т/га + полный комплекс минеральных удобрений, рассчитанный на планируемую прибавку урожая (SNPK);
6. Полный комплекс минеральных удобрений, рассчитанный на планируемую прибавку урожая (NPK).

### ***Фактор С. Система защиты растений от сорняков:***

1. Без гербицидов (G0);
2. С гербицидами (WG) (в 2015 – Линтур 180 г/га; в 2016, 2017, 2018 гербициды не вносились – изучалось их последствие).

Метеорологические данные за время проведения исследований значительно варьировали и характеризовались низким температурами в мае и июне при возделывании яровой пшеницы (2017) и недобором осадков в течение всего периода вегетации однолетних трав (2018).

Данные обрабатывались с помощью дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа с использованием программ Disant и Statistica 12.

# ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

## *Коэффициент структурности ( $K_{ст}$ ) и водопрочность (ВП) почвы*

Динамика варьирования коэффициента структурности и водопрочности почвы по изучаемым культурам и вариантам находилась в пределах:  $K_{ст}$ : 1,59-2,91, ВП: 52,5-67,1% (ячмень, 2015);  $K_{ст}$ : 2,03-3,45, ВП: 47,4-60,1% (однолетние травы, 2016);  $K_{ст}$ : 0,97-2,73, ВП: 47,2-64,6% (яровая пшеница, 2017);  $K_{ст}$ : 1,78-3,71, ВП: 64,6-77,5% Это свидетельствует о хорошем и отличном структурном состоянии почвы в течении всего периода исследований.

Изучаемые системы основной обработки незначительно влияли на изменение коэффициента структурности почвы (таблица 1). Системы ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) способствовали увеличению количества водопрочных агрегатов на протяжении всего периода исследований при достоверных изменениях (2,1-2,7 п.п.,  $НСР_{05}=0,4$ ) в слое 10-20 см при возделывании однолетних трав (2016, 2018).

Применение удобрений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) незначительно влияло на динамику структурных показателей ( $K_{ст}$  и ВП).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) все изучаемые системы удобрений в слое 0-20 см способствовали увеличению коэффициента структурности почвы на 0,15-0,46 единиц. При этом в слое 10-20 см наибольшие значения ( $K_{ст} = 3,07$ ) были получены при применении одной соломы (S), а в слое 0-10 см ( $K_{ст} = 2,73$ ) – соломы с NPK (SNPK).

Применение удобрений (S, SNPK, NPK) в посевах однолетних трав (2016, 2018) обуславливало увеличение водопрочности почвы пахотного слоя (0-20 см) на 1-1,5 п.п. ( $НСР_{05}=0,3$ ). При этом внесение SNPK способствовала формированию наибольших значений для слоя 0-10 см.

Действие и последствие гербицидов не оказало существенного влияния на изменение коэффициента структурности и водопрочности почвы пахотного слоя.

## *Плотность почвы (Пл)*

Применение систем ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP, ST) способствовало снижению плотности почвы в слое 10-20 см в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 0,02-0,06 г/см<sup>3</sup> ( $НСР_{05}=0,02$ ). В посевах однолетних трав (2016, 2018) изучаемые системы основной обработки не оказали влияние на изменение изучаемого показателя.

Внесение S, SN, SNPK, NPK в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) вело к снижению плотности почвы на 0,02-0,07 г/см<sup>3</sup> ( $НСР_{05}=0,02$ ). В посевах однолетних трав достоверное снижение плотности почвы на 0,03-0,04 г/см<sup>3</sup> ( $НСР_{05}=0,03$ ) наблюдалось лишь при повышенном фоне питания на SNPK и NPK.

Гербициды не оказали влияние на изменение плотности почвы.

Проведенные исследования установили наличие средней отрицательной связи между плотностью сложения и содержанием органического вещества ( $r=-0,47$ ;  $p<0,05$ ), подвижного фосфора ( $r=-0,51$ ;  $p<0,05$ ), обменного калия ( $r=-0,47$ ;  $p<0,05$ ).

Таблица 1 – Коэффициент структурности ( $K_{ст}$ ), водопрочность (ВП, %), плотность (Пл, г/см<sup>3</sup>)

Вариант	Слой, см	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
		Показатели					
		$K_{ст}$	ВП, %	Пл, г/см <sup>3</sup>	$K_{ст}$	ВП, %	Пл, г/см <sup>3</sup>
<b>Фактор А. Система основной обработки почвы</b>							
MP	0-10	2,05	55,5	1,27	2,51	60,3	1,23
	10-20	2,13	57,3	1,28	2,74	62,0	1,23
	<b>0-20</b>	<b>2,08</b>	<b>56,4</b>	<b>1,27</b>	<b>2,63</b>	<b>61,1</b>	<b>1,23</b>
STL	0-10	2,15	59,0	1,24	2,50	64,3	1,19
	10-20	2,18	59,9	1,26	2,61	64,7	1,19
	<b>0-20</b>	<b>2,14</b>	<b>59,4</b>	<b>1,25</b>	<b>2,56</b>	<b>64,5</b>	<b>1,19</b>
SP	0-10	2,18	56,9	1,24	2,70	62,7	1,21
	10-20	1,99	59,2	1,25	2,75	64,1	1,21
	<b>0-20</b>	<b>2,08</b>	<b>58,1</b>	<b>1,25</b>	<b>2,72</b>	<b>63,4</b>	<b>1,21</b>
ST	0-10	1,93	59,9	1,25	2,41	65,0	1,23
	10-20	2,03	58,2	1,22	2,70	64,5	1,22
	<b>0-20</b>	<b>1,97</b>	<b>59,0</b>	<b>1,23</b>	<b>2,55</b>	<b>64,8</b>	<b>1,23</b>
HCP <sub>05</sub>	0-10	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	10-20	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,02	$F_{\phi} < F_{05}$	1,3	$F_{\phi} < F_{05}$
	<b>0-20</b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>
<b>Фактор В. Система удобрений</b>							
FO	0-10	1,99	56,1	1,26	2,36	63,1	1,23
	10-20	2,13	57,5	1,27	2,40	62,5	1,23
	<b>0-20</b>	<b>2,03</b>	<b>56,8</b>	<b>1,27</b>	<b>2,38</b>	<b>62,8</b>	<b>1,23</b>
N	0-10	2,09	57,0	1,28	2,41	62,6	1,23
	10-20	2,12	60,2	1,27	2,75	63,2	1,22
	<b>0-20</b>	<b>2,10</b>	<b>58,6</b>	<b>1,27</b>	<b>2,58</b>	<b>62,9</b>	<b>1,23</b>
S	0-10	2,08	58,6	1,24	2,62	62,4	1,22
	10-20	2,15	59,5	1,25	3,07	65,1	1,22
	<b>0-20</b>	<b>2,10</b>	<b>59,0</b>	<b>1,24</b>	<b>2,84</b>	<b>63,8</b>	<b>1,22</b>
SN	0-10	2,23	57,5	1,25	2,60	62,3	1,21
	10-20	2,04	57,9	1,25	2,76	63,5	1,22
	<b>0-20</b>	<b>2,12</b>	<b>57,7</b>	<b>1,25</b>	<b>2,68</b>	<b>62,9</b>	<b>1,21</b>
SNPK	0-10	1,91	58,1	1,23	2,73	64,8	1,20
	10-20	1,99	58,7	1,25	2,62	63,8	1,19
	<b>0-20</b>	<b>1,94</b>	<b>58,4</b>	<b>1,24</b>	<b>2,67</b>	<b>64,3</b>	<b>1,19</b>
NPK	0-10	2,15	59,8	1,24	2,46	63,1	1,20
	10-20	2,07	57,9	1,23	2,59	64,8	1,20
	<b>0-20</b>	<b>2,10</b>	<b>58,9</b>	<b>1,24</b>	<b>2,53</b>	<b>64,0</b>	<b>1,20</b>
HCP <sub>05</sub>	0-10	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,32	0,3	0,03
	10-20	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,37	0,4	$F_{\phi} < F_{05}$
	<b>0-20</b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b>0,02</b>	<b>0,27</b>	<b>0,3</b>	<b>0,03</b>
<b>Фактор С. Система защиты растений</b>							
G0	0-10	2,12	57,4	1,25	2,54	63,2	1,21
	10-20	2,09	59,1	1,25	2,72	63,7	1,21
	<b>0-20</b>	<b>2,09</b>	<b>58,3</b>	<b>1,25</b>	<b>2,63</b>	<b>63,5</b>	<b>1,21</b>
WG	0-10	2,03	58,3	1,26	2,52	62,9	1,22
	10-20	2,08	58,2	1,26	2,68	63,9	1,21
	<b>0-20</b>	<b>2,04</b>	<b>58,2</b>	<b>1,26</b>	<b>2,60</b>	<b>63,4</b>	<b>1,22</b>
HCP <sub>05</sub>	0-10	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	10-20	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$
	<b>0-20</b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>	<b><math>F_{\phi} &lt; F_{05}</math></b>

В течение вегетации яровой пшеницы (2017) плотность почвы выходила за



пределы оптимальных значений ( $>1,3 \text{ г/см}^3$ ). Ресурсосберегающее системы обработки (STL, SP, ST) и внесение полной нормы минеральных удобрений (SNPK, NPK) обеспечивали снижение плотности сложения за счет лучшего сохранения влаги в почве. Связь влажности и плотности почвы при возделывании яровой пшеницы (2017) была наибольшей и характеризовалась как средняя отрицательная ( $r=-0,51$ ;  $p=0,0002$ ).

### **Сопrotивление пенетрации (твёрдость) почвы (Cп)**

Системы ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP, ST) способствовали снижению твёрдости пахотного слоя (0-20 см) на 0,63-3,03 кгс/см<sup>2</sup> в посевах яровых зерновых (2015, 2017) и увеличению на 2,88-10,15 кгс/см<sup>2</sup> в посевах однолетних трав (2016, 2018) (рисунок 1).

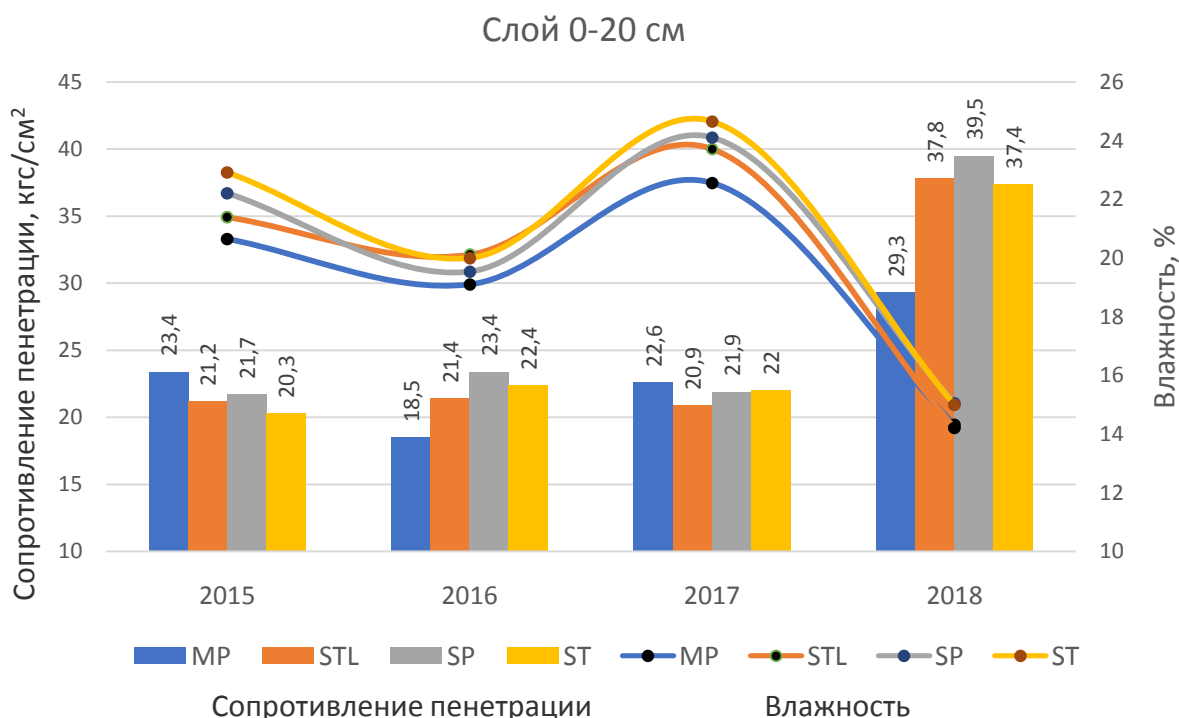


Рисунок 1 – Динамика сопротивления пенетрации и влажности почвы в зависимости от системы обработки

На протяжении всего периода исследований систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) способствовали увеличению влажности почвы, что особенно было заметно в посевах яровой пшеницы (2017) (рисунок 1). При этом наименее интенсивная поверхностная обработка (ST) характеризовалась наибольшей влажностью почвы 24,66%.

Применение удобрений способствовало снижению значений сопротивления пенетрации почвы и увеличению её влажности. Наши исследования свидетельствуют о наличии тесной связи между данными показателями, которая более адекватно описывается уравнением полинома ( $y = 0,1839x^2 - 8,5433x + 119,96$ ;  $r^2 = 0,7106$ ).

Применение гербицида Линтур в посевах ячменя (2015) способствовало снижению сопротивления пенетрации почвы на 1,3 кгс/см<sup>2</sup> и не влияло на изменение показателя в последующие годы.

# ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

## ***Органическое вещество почвы (ОВ)***

Применение систем минимальной обработки (STL, SP, ST) способствовало незначительному ( $F_{\phi} < F_{05}$ ) увеличению содержания органического вещества в почве на 0,08-0,15 п.п. в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) и на 0,07-0,09 п.п. в посевах однолетних трав (2016, 2018) (таблица 2).

Ресурсосберегающие обработки почвы (STL, SP, ST) вели к перераспределению содержания органического вещества почвы с увеличением значений в верхнем и снижением – в нижнем слоях.

Действия удобрений носило неоднозначный характер и зависело как от вида удобрения, так и от исследуемой группы культур. Так, в посевах яровых зерновых (2015, 2017) наблюдалось увеличение содержания органического вещества по всем фонам питания при наибольших значениях при внесении SNPK и NPK (3,00 и 2,99% соответственно). Это объясняется как прямым действием соломы как органического удобрения на вариантах S, SN, SNPK, так и косвенным на варианте NPK, где сбалансированный фон питания обеспечил формирование более высокой урожайности ячменя и яровой пшеницы, а, следовательно, и больший объём пожнивных и коневых остатков, поступающих в почву.

Сбалансированные фоны питания (SNPK, NPK) способствовали существенному увеличению содержания органического вещества при возделывании однолетних трав (2016, 2018) на 0,63 и 0,42 п.п. ( $НСР_{05}=0,11$ ) соответственно. Внесение отдельно азотных удобрений (N) и соломы (S) вело к снижению значений органического вещества на 0,21 п.п. ( $НСР_{05}=0,11$ ) и 0,15 п.п. ( $НСР_{05}=0,11$ ) соответственно. Данная динамика носила временный характер и проявлялась лишь при возделывании однолетних трав (2016, 2018) т.е. на следующий год поле выращивания зерновых культур (2015, 2017), солома и растительные остатки, которых заделывалась в почву. Последействие соломы (S) в посевах яровых зерновых (2015, 2017) способствовало увеличению содержания органического вещества в почве.

Действие и последействие гербицидов в среднем по группам культур яровые зерновые (2015, 2017) и однолетние травы (2016, 2018) характеризовалось незначительным ( $F_{\phi} < F_{05}$ ) снижением содержания органического вещества. Вместе с тем, в посевах ячменя (2015) при применении гербицидов наблюдалось существенное снижение изучаемого показателя на 0,12 п.п. в слое 0-10 см ( $НСР_{05}=0,11$ ) и 0,15 п.п. в слое 10-20 см ( $НСР_{05}=0,06$ ).

## ***Подвижный фосфор ( $P_2O_5$ ) и обменный калий почвы ( $K_2O$ )***

Установлена средняя положительная связь содержания органического вещества в почве с элементами питания растений ( $r=0,30-0,69$ ;  $p < 0,05$ ).

Таблица 2 – Содержание органического вещества (ОВ, %), подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, мг/кг), обменного калия (K<sub>2</sub>O мг/кг) и кислотность почвы (рН<sub>KCl</sub>)

Вариант	Слой, см	Яровые зерновые (2015, 2017)				Однолетние травы (2016, 2018)			
		Показатели							
		ОВ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	рН <sub>KCl</sub>	ОВ	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	рН <sub>KCl</sub>
<b>Фактор А. Система основной обработки почвы</b>									
MP	0-10	2,78	154,3	75,3	5,62	2,55	159,6	73,3	5,66
	10-20	2,77	151,3	74,2	5,62	2,51	147,5	74,4	5,66
	<b>0-20</b>	<b>2,77</b>	<b>152,8</b>	<b>74,8</b>	<b>5,62</b>	<b>2,53</b>	<b>153,5</b>	<b>73,8</b>	<b>5,66</b>
STL	0-10	2,93	150,0	77,5	5,58	2,61	157,6	89,0	5,65
	10-20	2,77	143,6	72,3	5,59	2,59	151,1	74,7	5,66
	<b>0-20</b>	<b>2,85</b>	<b>146,8</b>	<b>74,9</b>	<b>5,58</b>	<b>2,60</b>	<b>154,4</b>	<b>81,9</b>	<b>5,66</b>
SP	0-10	2,98	158,8	84,7	5,61	2,66	164,1	92,2	5,61
	10-20	2,87	139,9	80,5	5,59	2,53	164,0	82,9	5,69
	<b>0-20</b>	<b>2,92</b>	<b>149,4</b>	<b>82,6</b>	<b>5,60</b>	<b>2,60</b>	<b>164,0</b>	<b>87,5</b>	<b>5,65</b>
ST	0-10	2,95	158,2	82,3	5,54	2,70	152,4	90,6	5,62
	10-20	2,77	137,3	77,0	5,58	2,53	145,2	76,8	5,67
	<b>0-20</b>	<b>2,86</b>	<b>147,8</b>	<b>79,7</b>	<b>5,56</b>	<b>2,62</b>	<b>148,8</b>	<b>83,7</b>	<b>5,64</b>
HCP <sub>05</sub>	0-10	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	4,9	0,05	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	11,5	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	10-20	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	11,93	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	<b>0-20</b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>
<b>Фактор В. Система удобрений</b>									
F0	0-10	2,63	115,2	71,1	5,61	2,48	133,6	64,4	5,64
	10-20	2,63	109,8	70,9	5,62	2,49	123,3	61,8	5,64
	<b>0-20</b>	<b>2,63</b>	<b>112,5</b>	<b>71,0</b>	<b>5,62</b>	<b>2,48</b>	<b>128,5</b>	<b>63,1</b>	<b>5,64</b>
N	0-10	2,82	134,3	70,6	5,55	2,32	137,1	64,5	5,62
	10-20	2,68	125,8	65,7	5,51	2,23	138,7	60,1	5,66
	<b>0-20</b>	<b>2,75</b>	<b>130,0</b>	<b>68,1</b>	<b>5,53</b>	<b>2,27</b>	<b>137,9</b>	<b>62,3</b>	<b>5,64</b>
S	0-10	2,86	152,5	74,5	5,61	2,40	154,9	69,1	5,75
	10-20	2,82	142,2	67,0	5,62	2,25	143,0	60,0	5,74
	<b>0-20</b>	<b>2,83</b>	<b>147,3</b>	<b>70,7</b>	<b>5,61</b>	<b>2,33</b>	<b>148,9</b>	<b>64,5</b>	<b>5,74</b>
SN	0-10	2,98	156,3	75,7	5,61	2,43	140,4	70,0	5,66
	10-20	2,82	140,4	69,6	5,59	2,40	139,0	58,9	5,72
	<b>0-20</b>	<b>2,90</b>	<b>148,3</b>	<b>72,6</b>	<b>5,60</b>	<b>2,42</b>	<b>139,7</b>	<b>64,4</b>	<b>5,69</b>
SNPK	0-10	3,08	188,6	96,6	5,57	3,18	190,2	119,7	5,55
	10-20	2,93	173,1	93,9	5,64	3,04	181,6	107,3	5,57
	<b>0-20</b>	<b>3,00</b>	<b>180,8</b>	<b>95,3</b>	<b>5,61</b>	<b>3,11</b>	<b>185,9</b>	<b>113,5</b>	<b>5,56</b>
NPK	0-10	3,08	185,1	91,3	5,55	2,96	194,3	130,1	5,58
	10-20	2,90	167,0	88,9	5,58	2,84	186,1	115,1	5,68
	<b>0-20</b>	<b>2,99</b>	<b>176,1</b>	<b>90,1</b>	<b>5,56</b>	<b>2,90</b>	<b>190,2</b>	<b>122,6</b>	<b>5,63</b>
HCP <sub>05</sub>	0-10	0,23	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	7,0	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	0,15	21,5	27,8	0,07
	10-20	0,29	20,9	9,2	0,07	0,14	14,7	19,2	0,09
	<b>0-20</b>	<b>0,24</b>	<b>17,8</b>	<b>7,1</b>	<b>0,04</b>	<b>0,11</b>	<b>12,5</b>	<b>22,6</b>	<b>0,07</b>
<b>Фактор С. Система защиты растений</b>									
G0	0-10	2,98	158,0	80,1	5,59	2,66	154,9	85,8	5,64
	10-20	2,84	143,4	76,6	5,60	2,54	148,9	78,0	5,66
	<b>0-20</b>	<b>2,90</b>	<b>150,7</b>	<b>78,4</b>	<b>5,59</b>	<b>2,60</b>	<b>151,9</b>	<b>81,9</b>	<b>5,65</b>
WG	0-10	2,84	152,7	79,8	5,58	2,60	161,9	86,8	5,63
	10-20	2,76	142,7	75,4	5,59	2,55	154,9	76,3	5,68
	<b>0-20</b>	<b>2,80</b>	<b>147,7</b>	<b>77,6</b>	<b>5,59</b>	<b>2,57</b>	<b>158,4</b>	<b>81,5</b>	<b>5,66</b>
HCP <sub>05</sub>	0-10	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	10-20	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	<b>0-20</b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>5,57</b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>

Исследуемые системы обработки не оказали существенного влияния на содержание подвижного фосфора в почве при выращивании яровых зерновых культур (2015, 2017) (таблица 2). Применение поверхностно-отвальной обработки (SP)

в посевах однолетних трав (2016, 2018) вело к увеличению подвижного фосфора на 16,5 мг/кг ( $HC_{P_{05}}=11,9$ ).

Применение систем поверхностной (ST) и поверхностно-отвальной обработки (SP) в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) способствовало увеличению содержания обменного калия в верхнем слое почвы (0-10 см) на 7,0 мг/кг и 9,4 мг/кг ( $HC_{P_{05}}=4,9$ ) соответственно. В посевах однолетних трав (2016, 2018) системы ресурсосберегающей обработки (STL, SP и ST) обуславливали достоверное увеличение содержания обменного калия в верхнем слое почвы (0-10 см) на 15,7-18,9 мг/кг ( $HC_{P_{05}}=11,5$ ). Система поверхностно-отвальной обработки (SP) вела к формированию наибольших значений по изучаемому элементу питания в течение всего периода исследований 2015-2018 гг.

Перераспределение элементов питания ( $P_2O_5$  и  $K_2O$ ) по слоям зависело от системы обработки и вносимых удобрений. Достоверное увеличение содержания подвижного фосфора при минимизации обработки наблюдалось лишь при применении SP в посевах однолетних трав (2016, 2018). Отсутствие достоверных изменений в посевах яровых зерновых (2015, 2017) и более выраженная дифференциация пахотного горизонта объясняется более прочной связью фосфора с органическим веществом, поступающим с соломой и растительными остатками зерновых культур. Переход фосфора в минеральные формы происходило по мере разложения мортмассы на следующий год. При этом сочетание поверхностных и отвальных обработок в системе SP определяло лучшие условия трансформации органических соединений в плане увеличения содержания подвижного фосфора в почве.

Ресурсосберегающие обработки (STL, SP, ST) обуславливали накопление обменного калия в верхнем слое (0-10 см), тогда как ежегодная вспашка по системе отвальной обработки (MP) формировала гомогенное строение пахотного горизонта. При этом растительные остатки и удобрения, заделанные в верхний слой, обеспечивали их лучшую трансформацию и достоверное увеличение содержания  $K_2O$  по сравнению с отвальной обработкой (MP).

Применяемые удобрения способствовали росту содержания  $P_2O_5$  в почве при возделывании яровых зерновых (2015, 2017) в слое 10-20 см на 16,0-63,3 мг/кг ( $HC_{P_{05}}=20,9$ ). Максимальное значение  $P_2O_5$  - 173,1 мг/кг было получено при внесении SNPK. Аналогичная динамика наблюдалась в посевах однолетних трав (2016, 2018).

Все изучаемые удобрения обуславливали увеличение обменного калия в почве пахотного слоя при наибольших значениях на вариантах SNPK и NPK. Применение SNPK и NPK способствовало увеличению  $K_2O$  в почве как в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 18,0-20,2 мг/кг ( $HC_{P_{05}}=7,1$ ), так и однолетних трав (2016, 2018) на 53,3-65,7 мг/кг ( $HC_{P_{05}}=22,6$ ).

Внесение азотных удобрений (N) вело к увеличению содержания подвижного фосфора и не влияло на динамику обменного калия.

Гербициды не влияли на динамику обменного калия в почве. В посевах однолетних трав (2016, 2018), последствие гербицидов способствовало достоверному увеличению содержания подвижного фосфора на 6,50 мг/кг (4,28%). Это может быть связано с динамикой показателей обилия многолетних видов сорных растений, которые при общем снижении численности, характеризовались более высокой биомассой.

### ***Обменная кислотность почвы ( $pH_{KCl}$ )***

Проведение ежегодной поверхностной обработки (ST) обуславливало достоверное увеличение кислотности верхнего слоя почвы (0-10 см) на 0,08 единиц ( $НСР_{05}=0,05$ ) при выращивании яровых зерновых культур (2015, 2017). Чередование поверхностных обработок с глубоким рыхлением в системе STL и с отвальной обработкой в системе SP обеспечило формирование реакции почвенной среды на уровне системы отвальной обработки (MP).

Внесение азотных (N) и полной нормы минеральных (NPK) удобрений способствовало достоверному увеличению кислотности почвы в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 0,09 и 0,06 единиц ( $НСР_{05}=0,04$ ) соответственно. Это может быть связано с увеличением подвижности кальция и вытеснению его из почвенно-поглощающего комплекса [А.М. Плотников, 2019], а также отчуждение оснований кальция и магния с товарной частью получаемой продукции при увеличении урожайности [А. А. Суков и др., 2018]. Последнее можно было наблюдать при внесении NPK под яровые зерновые (2015, 2017) и SNPК под однолетние травы (2016, 2018), однако данные изменения носили временный характер. Внесение одной соломы (S) под посев однолетних трав способствовало увеличению  $pH_{KCl}$  почвы на 0,10 единиц ( $НСР_{05}=0,07$ ). Это согласуется с исследованиями В.И. Макарова и др. [В. И. Макаров, 2016], которые отмечали нейтрализующее влияние данного удобрения за счет накопления карбонатов кальция и магния в минерализате соломы.

В результате исследований установлена средняя отрицательная связь между содержанием в почве органического вещества и  $pH_{KCl}$  в годы возделывания однолетних трав (2016:  $r=-0,37$ ,  $p=0,009$ ; 2018:  $r=-0,66$ ,  $p<0,001$ ), а также отсутствия данной связи в посевах яровых зерновых (2015:  $r=0,03$ ,  $p=0,820$ ; 2017:  $r=0,04$ ,  $p=0,770$ ), что указывает определенную роль времени заделки растительных остатков и соломы на динамику  $pH_{KCl}$  почвы.

Использование гербицидов не оказало влияния на  $pH_{KCl}$  почвы.

### **ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ СОРНОГО КОМПОНЕНТА В ПОСЕВАХ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР**

Изучаемые системы обработки почвы не оказали существенного влияния на показатели обилия сорных растений (таблица 3). При этом безотвальные обработки (STL, ST) характеризовались наибольшими показателями по численности и сухой массе многолетних сорных растений, и, особенно, хвоща полевого. Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) обеспечивало формирование численности и сухой массы многолетних сорняков на уровне системы отвальной (MP).

Внесение удобрений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) сопровождалось увеличением численности малолетних сорных растений. Однако данные изменения были незначительными.

Таблица 3 – Численность сорных растений (шт./м<sup>2</sup>), сухая масса (г/м<sup>2</sup>) в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 г.

Вариант	Группа	Яровые зерновые (2015, 2017)		Однолетние травы (2016, 2018)	
		Показатели			
		численность	сухая масса	численность	сухая масса
<b>Фактор А. Система основной обработки почвы</b>					
MP	многолетние	4,3	4,2	19,90	27,74
	малолетние	54,8	28,0	108,82	28,63
	<b>всего</b>	<b>59,1</b>	<b>32,2</b>	<b>128,72</b>	<b>56,37</b>
STL	многолетние	6,6	4,5	42,63	60,05
	малолетние	66,6	34,8	93,06	21,32
	<b>всего</b>	<b>73,2</b>	<b>39,3</b>	<b>135,69</b>	<b>81,37</b>
SP	многолетние	4,2	3,9	26,07	33,54
	малолетние	66,8	33,4	89,04	24,19
	<b>всего</b>	<b>71,0</b>	<b>37,3</b>	<b>115,11</b>	<b>57,73</b>
ST	многолетние	6,6	4,7	41,42	59,35
	малолетние	61,6	36,5	98,86	22,40
	<b>всего</b>	<b>68,2</b>	<b>41,2</b>	<b>140,28</b>	<b>81,74</b>
HCP <sub>05</sub>	многолетние	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	малолетние	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	<b>всего</b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>
<b>Фактор В. Система удобрений</b>					
FO	многолетние	6,0	4,2	41,53	50,93
	малолетние	56,8	25,3	81,19	21,08
	<b>всего</b>	<b>62,8</b>	<b>29,5</b>	<b>122,72</b>	<b>72,01</b>
N	многолетние	8,2	5,3	35,33	42,81
	малолетние	74,1	31,2	104,90	20,67
	<b>всего</b>	<b>82,3</b>	<b>36,5</b>	<b>140,23</b>	<b>63,49</b>
S	многолетние	8,0	5,9	53,13	66,62
	малолетние	56,1	22,5	105,13	14,00
	<b>всего</b>	<b>64,1</b>	<b>28,5</b>	<b>158,26</b>	<b>80,62</b>
SN	многолетние	4,9	3,5	37,27	41,99
	малолетние	61,4	27,6	95,79	17,69
	<b>всего</b>	<b>66,3</b>	<b>31,0</b>	<b>133,06</b>	<b>59,67</b>
SNPK	многолетние	2,2	2,6	16,78	25,73
	малолетние	67,1	43,6	94,25	36,33
	<b>всего</b>	<b>69,3</b>	<b>46,2</b>	<b>111,03</b>	<b>62,06</b>
NPK	многолетние	3,4	4,4	16,96	42,84
	малолетние	59,0	49,0	103,67	34,64
	<b>всего</b>	<b>62,4</b>	<b>53,4</b>	<b>120,63</b>	<b>77,48</b>
HCP <sub>05</sub>	многолетние	1,95	1,95	16,9	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	малолетние	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	14,33
	<b>всего</b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>
<b>Фактор С. Система защиты растений</b>					
G0	многолетние	5,7	4,5	36,72	41,32
	малолетние	65,6	35,6	96,61	24,56
	<b>всего</b>	<b>71,3</b>	<b>40,1</b>	<b>133,32</b>	<b>65,88</b>
WG	многолетние	5,2	4,1	30,28	48,99
	малолетние	59,3	30,8	98,37	23,58
	<b>всего</b>	<b>64,4</b>	<b>34,9</b>	<b>128,65</b>	<b>72,56</b>
HCP <sub>05</sub>	многолетние	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	6,3	6,34
	малолетние	5,9	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>φ</sub> <F <sub>05</sub>
	<b>всего</b>	<b>5,7</b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>	<b>F<sub>φ</sub>&lt;F<sub>05</sub></b>

Применение SNPK и NPK вело к существенному снижению показателей обилия многолетних сорных растений в течение всего периода исследований. При этом вариант SNPK способствовал наименьшему накоплению многолетних видов сорняков как в посевах яровых зерновых культур (3,4 шт./м<sup>2</sup>), так и викоовсяной смеси (16,78 шт./м<sup>2</sup>). Снижение происходило за счет осота полевого, бодяга полевого, чистеца болотного.

Внесение соломы (S) и азотных (N) удобрений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) вело к увеличению численности многолетних сорняков (на 2,0-2,2 шт./м<sup>2</sup>; НСР<sub>05</sub>=1,95) при незначительном росте их массы. Данное увеличение происходило за счет чистеца болотного, вьюнка полевого и хвоща полевого.

Применение NPK и SNPK обуславливало сокращение численности горчицы полевой в посевах однолетних трав (2015) в 4,2-7,1 раза; ячменя (2016) в 2,1 раза; яровой пшеницы (2017) 4,5-5,5 раза; однолетних трав (2018) в 2,4 раза.

Действие гербицида в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) способствовало снижению численности малолетних сорняков на 6,3 шт./м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub>=5,9) при незначительном уменьшении сухой массы. В посевах викоовсяной смеси (2016, 2018) последствие гербицидов обуславливало снижение численности (на 6,3 шт./м<sup>2</sup>) при увеличении сухой массы (на 7,67 г/м<sup>2</sup>) многолетних сорняков. При использовании гербицидов наблюдался рост численности осота полевого, на фоне сокращения доминирующих видов хвоща полевого, чистеца болотного и вьюнка полевого. Так при возделывании яровых культур (2015, 2017) увеличение численности осота полевого составило 100% и 31,57%, в посевах однолетних трав (2016, 2018) – 52,96% и 10,27% соответственно.

## УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

Системы поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) обработки способствовали существенному увеличению урожайности зерна ярового ячменя (2015) на 2,64 и 2,02 ц/га соответственно (таблица 4). Аналогичная тенденция наблюдалась в посевах яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018). Это связано с большим содержанием элементов питания в почве пахотного слоя. Нами установлена тесная связь между урожайностью культуры и содержанием подвижного фосфора ( $r = 0,80$ ;  $p < 0,001$ ) и обменного калия ( $r = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ).

Применение поверхностной с рыхлением обработки (STL) сопровождалось существенным снижением урожайности однолетних трав (2018) на 30,80 ц/га (НСР<sub>05</sub>=25,2). Данная динамика в основном наблюдалась по низким фонам питания (F0, N, S и SN), что вероятно объясняется более низким содержания фосфора на данных вариантах. Кроме этого, в условиях засушливого года дифференциация пахотного горизонта по содержанию обменного калия, также могла повлиять на рост и развитие однолетних трав (2018).

Внесение удобрений, и, особенно SNPK, NPK способствовало росту урожайности культурных растений за счет лучшей обеспеченности элементами питания. Прибавка относительно фона без удобрений (F0) составила соответственно для ячменя (2015) 8,89 и 8,50 ц/га, однолетних трав (2016) 39,67 и 16,98 ц/га, яровой пшеницы 8,17 и 8,87 ц/га и однолетних трав (2018) 84,10 и 87,90 ц/га.

Таблица 4 – Урожайность полевых культур в среднем по изучаемым факторам с 2015 по 2018 гг., ц/га

Вариант	Ячмень, 2015	Однолетние травы, 2016	Яровая пшеница, 2017	Однолетние травы, 2018
<b>Фактор А. Система основной обработки почвы</b>				
MP	17,44	348,60	21,29	236,00
STL	18,32	349,06	21,83	205,20
SP	20,08	349,68	22,32	258,30
ST	19,46	341,58	22,90	242,60
HCP <sub>05</sub>	1,46	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	25,20
<b>Фактор В. Система удобрений</b>				
F0	14,53	328,48	17,38	205,40
N	16,69	323,57	23,27	220,50
S	17,23	359,98	22,11	201,90
SN	18,04	357,75	21,25	202,60
SNPK	23,42	368,15	25,55	289,50
NPK	23,03	345,44	26,25	293,30
HCP <sub>05</sub>	1,98	28,99	2,85	20,00
<b>Фактор С. Система защиты растений от сорняков</b>				
G0	17,56	340,59	22,24	235,90
WG	20,09	353,87	23,03	235,20
HCP <sub>05</sub>	1,11	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>	F <sub>Ф</sub> <F <sub>05</sub>

Применение в 2015 году гербицида Линтур в среднем по вариантам обработки и удобрений способствовало достоверному увеличению урожайности ячменя (2015) на 2,53 ц/га (14,41%). В последующие годы наблюдалось опосредованное влияние препарата, связанное с изменением показателей обилия сорных растений. Наиболее высокая урожайность ячменя (27,40 ц/га) в 2015 г. и однолетних трав (461,60 ц/га) в 2016 г. была получена при применении системы поверхностно-отвальной обработки по фону SNPK с гербицидами.

### **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА**

Применением поверхностно-отвальной обработки (SP) с внесением соломы совместно с NPK (SNPK) и гербицидами (WG) позволило увеличить чистый доход и рентабельность: при возделывании ячменя (2015) на 6117,0 руб./га и 36,39%, однолетних трав (2016) – 17492,8 руб./га и 57,79%, яровой пшеницы – 5107,6 руб./га и 18,3%, однолетних трав (2018) – 24813,1 руб./га и 79,1% по сравнению с отвальной обработкой (MP). Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) характеризуется снижением затрат совокупной энергии на основную обработку при возделывании ячменя (2015), однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017), соответственно, в 3,46, 3,10, 2,38 и 3,60 раза.



## Заключение

1. Ресурсосберегающие системы обработки (STL, SP, ST) обуславливали увеличение водопрочности почвы при возделывании однолетних трав (2016, 2018) в слое 10-20 см на 2,1-2,7 п.п. ( $HCP_{05}=0,4$ ). Внесение соломы (S) и SNPК способствовало увеличению коэффициента структурности почвы (на 0,46 и 0,29 п.п. соответственно при  $HCP_{05}=0,27$ ) и водопрочности почвы (на 1,0 и 1,5 п.п. соответственно при  $HCP_{05}=0,3$ ).

2. Плотность нижнего слоя (10-20 см) почвы в посевах яровых зерновых (2015, 2017) снижалась на 0,02-0,07 г/см<sup>3</sup> ( $HCP_{05}=0,02$ ) при проведении ресурсосберегающих обработок почвы (STL, SP, ST) за счет большего сохранения влаги. Внесение NPK и SNPК способствовало снижению плотности почвы на 0,03-0,04 г/см<sup>3</sup> ( $HCP_{05}=0,03$ ).

3. Сопротивление пенетрации почвы за период исследований в значительной степени зависело от её влажности, что описывается уравнением полинома ( $y = 0,1839x^2 - 8,5433x + 119,96$ ;  $r^2 = 0,7106$ ). В посевах яровых зерновых (2015, 2017) системы ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP, ST) способствовали некоторому снижению сопротивления пенетрации в слое 0-20 см на 0,63-3,03 кгс/см<sup>2</sup>, а в посевах однолетних трав – увеличению на 2,88-10,15 кгс/см<sup>2</sup>. Удобрения, как правило, обеспечивали снижение сопротивления пенетрации почвы, что особенно проявлялось в течение засушливого сезона 2018 года.

4. Ресурсосберегающие системы обработки (STL, SP, ST) вели к перераспределению содержания органического вещества и элементов питания ( $P_2O_5$ ,  $K_2O$ ) в почве с увеличением значений в верхнем и снижением – в нижних слоях. Поверхностно-отвальная обработка (SP) обеспечивала увеличение содержания  $P_2O_5$  в нижнем слое (10-20 см) на 16,5 мг/кг ( $HCP_{05}=11,9$ ), а системы ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) увеличение содержания  $K_2O$  в верхнем слое (0-10 см) на 15,7-18,9 мг/кг ( $HCP_{05}=11,5$ ). Применение NPK и SNPК способствовало увеличению содержания органического вещества и элементов питания в почве.

5. Применение поверхностной обработки почвы (ST) при выращивании яровых зерновых культур (2015, 2017) вело к подкислению верхнего слоя на 0,08 единиц ( $HCP_{05}=0,05$ ). Действие N и NPK способствовало увеличению кислотности почвы в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 0,09 и 0,06 единиц ( $HCP_{05}=0,04$ ), соответственно. Однако подкисление почвы носило временный характер. Внесение соломы (S) под посев однолетних трав (2016, 2018) способствовало увеличению  $pH_{KCl}$  почвы на 0,10 единиц ( $HCP_{05}=0,07$ ).

6. Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) обеспечивало формирование численности и сухой массы многолетних сорняков на уровне системы отвальной (MP). Внесение SNPК и NPK вело к существенному снижению показателей обилия многолетних сорных растений в течение всего периода исследований. При этом SNPК способствовала наименьшему накоплению многолетних видов сорняков как в посевах яровых зерновых культур (3,40 шт./м<sup>2</sup>), так и вико-овсяной смеси (16,78 шт./м<sup>2</sup>). Внесение соломы (S) и азотных (N) удобрений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) вело к существенному увеличению численности многолетних сорняков (на 2,0-2,2 шт./м<sup>2</sup>) при незначительном росте их массы. Влияние гербицида способствовало снижению численности малолетних сорняков в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 6,30 шт./м<sup>2</sup>

(НСР<sub>05</sub>=5,90), а в посевах однолетних трав (2016, 2018) на 6,44 шт./м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub>=6,30) при увеличении сухой массы многолетних сорняков на 7,67 г/м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub>=6,34).

7. Применение безотвальных обработок (STL и ST) в течение всего периода исследований 2015-2018 гг. сопровождалось заметным увеличением численности хвоща полевого. Минимальные значения численности осота полевого, бодяга полевого, чистеца болотного были отмечены на вариантах с SNPК. Применение NPK и SNPК обуславливало сокращение численности горчицы полевой в посевах однолетних трав (2015) в 4,2-7,1 раза; ячменя (2016) в 2,1 раза; яровой пшеницы (2017) 4,5-5,5 раза; однолетних трав (2018) в 2,4 раза. При использовании гербицидов наблюдался рост численности осота полевого, на фоне сокращения доминирующих видов хвоща полевого, чистеца болотного и вьюнка полевого. Так при возделывании яровых культур (2015, 2017) увеличение численности осота полевого составило 100% и 31,57%, в посевах однолетних трав (2016, 2018) – 52,96% и 10,27% соответственно.

8. Системы поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) обработки обуславливали увеличение урожайности ячменя (2015) на 2,64 и 2,02 ц/га соответственно. Поверхностная с рыхлением обработка (STL) вела к снижению урожайности однолетних трав (2018) на 30,80 ц/га (НСР<sub>05</sub>=25,2). Применение NPK и SNPК способствовало увеличению урожайности культурных растений. Применение гербицида в посевах ячменя сопровождалось увеличением урожайности культуры на 2,53 ц/га (НСР<sub>05</sub>=1,11). Технология производства полевых культур, базирующаяся на поверхностно-отвальной обработке (SP) по фону SNPК с гербицидами (WG), обеспечивала продуктивность ячменя (2015) на уровне 27,40 ц/га, однолетних трав (2016, 2018) от 350,0 до 461,66 ц/га и яровой пшеницы (2017) – 28,15 ц/га.

9. Урожайность сельскохозяйственных культур в большей степени зависела от содержания элементов питания, органического вещества почвы, а также численности и сухой массы сорных растений. Агрофизические свойства почвы, и прежде всего структурные характеристики, незначительно влияли на урожайность изучаемых культур.

10. Применение поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPК с гербицидами (WG) позволило увеличить чистый доход и рентабельность: при возделывании ячменя (2015) на 6117,0 руб./га и 36,39%, однолетних трав (2016) – на 17492,8 руб./га и 57,79%, яровой пшеницы (2017) – на 5107,6 руб./га и 18,3%, однолетних трав (2018) – на 24813,1 руб./га и 79,1% по сравнению с отвальной обработкой (MP).

11. Производство ячменя (2015), однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017) с использованием системы поверхностно-отвальной обработки (SP) обеспечивало снижение затрат совокупной энергии на основную обработку в 3,46, 3,10, 2,38 и 3,60 раза соответственно.

### Предложения производству

В условиях Нечерноземной зоны РФ на дерново-подзолистых глееватых среднесуглинистых почвах при чередовании яровых зерновых культур и однолетних трав с целью повышения плодородия почвы и формирования урожайности ячменя на уровне 27,40 ц/га, однолетних трав – от 350,0 до 461,66 ц/га и яровой пшеницы – 28,20 ц/га рекомендуется:

- в качестве основной применение поверхностно-отвальной обработки почвы (SP), включающей периодическое чередование поверхностной (однократное дискование на 6-8 см) в течение 3 лет и отвальной (однократное дискование на 6-8 см + вспашка на 20-22 см) 1 раз в 4 года;

- совместное внесение соломы зерновых культур и полной нормы минеральных удобрений по фону действия и последствий гербицидов.

### Список опубликованных работ

*В рецензируемых изданиях:*

1. **Горнич, Е.А.** Влияние основной обработки почвы, удобрений и последствий гербицидов на засоренность посевов полевых культур / С.В. Щукин, **Е.А. Горнич**, А.М. Труфанов, А.Н. Воронин, Н.В. Ваганова // Известия Горского государственного аграрного университета. 2020. – № 57 (1). – С. 25-32.

2. **Горнич, Е.А.** Оценка действия энергосберегающих технологий основной обработки почвы на содержание органического вещества и агрофизические показатели плодородия/ С.В. Щукин, Е.А. Горнич, А.М. Труфанов, А.Н. Воронин// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4 (56). – С.119-127.

3. **Горнич, Е.А.** Изменение пластичности почвы под действием ресурсосберегающих агротехнологий/ С.В. Щукин, **Е.А. Горнич**// Вестник АПК Верхневолжья. – 2017. – №2(38). – С. 12-19.

*В других изданиях:*

4. **Горнич, Е.А.** Влияние ресурсосберегающих приемов основной обработки, удобрений и гербицидов на динамику агрофизических свойств дерново-подзолистой глееватой среднесуглинистой почвы и показатели обилия сорных растений в посевах полевых культур / Е.А. Горнич// Материалы Международного молодежного научного форума «Ломоносов-2020». – М.: МАКС Пресс, 2020. – URL: [https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov\\_2020/data/section\\_23\\_19405.htm](https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2020/data/section_23_19405.htm). ISBN 978-5-317-06519-5). – Текст : электронный.

5. **Горнич, Е.А.** Влияние способов основной обработки, удобрений и гербицидов на структуру почвы и урожайность полевых культур/ С.В. Щукин, Е.А. Горнич// Сборник научных трудов по материалам IV Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в земледелии». Ярославль, 27 февраля 2019 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2019. – С. 124-129.

6. **Горнич, Е.А.** Влияние способов основной обработки почвы, удобрений и гербицидов на ее плотность сложения пахотного слоя и урожайность полевых культур/ С.В. Щукин, **Е.А. Горнич**// Сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие тех-

нологии в земледелии». Ярославль, 28 февраля 2018 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018. – С. 121-130.

7. **Горнич, Е.А.** Влияние минимальной обработки, удобрений и гербицидов на сопротивление пенетрации почвы и урожайность полевых культур/ С.В. Щукин, **Е.А. Горнич**// Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в земледелии». Ярославль, 14 декабря 2016 г. / ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2017. – С. 102-109.

Горнич Екатерина Андреевна

Влияние обработки, удобрений и гербицидов на показатели плодородия почвы  
и продуктивность яровых зерновых культур и однолетних трав  
в условиях Нечернозёмной зоны

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

---

Оригинал макет подготовлен в программе Microsoft Office Word 2007.

Подписано в печать 22.03.2022 г. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 1. Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Тираж 100 экз.