

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Ярославская государственная сельскохозяйственная академия»**

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**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент, Щукин Сергей Владимирович

Ярославль – 2022

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Роль систем основной обработки почвы в формировании показателей плодородия почвы и урожайности полевых культур.....	11
1.1.1 Динамика органического вещества и агрохимических свойств почвы под действием обработки разной степени интенсивности.....	11
1.1.2 Изменения агрофизических свойств почвы под действием обработки разной степени интенсивности.....	16
1.2 Роль удобрений в формировании показателей плодородия почвы и урожайности полевых культур.....	21
1.2.1 Действие органических и минеральных удобрений на показатели плодородия почвы.....	21
1.2.2 Особенности использования соломы как удобрения и влияние её на показатели плодородия почвы.....	24
1.3 Изменение показателей обилия сорных растений под действием систем основной обработки почвы, удобрений и гербицидов.....	27
2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	35
2.1 Характеристика почвенного покрова.....	35
2.2 Метеорологические условия в годы исследований.....	36
2.3. Схема полевого стационарного трехфакторного опыта.....	40
3 ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ.....	47
3.1 Динамика коэффициента структурности почвы.....	47
3.2 Динамика водопрочности почвы.....	55

3.3	Динамика плотности почвы.....	61
3.4	Динамика сопротивления пенетрации (твёрдости) почвы.....	71
4	ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ.....	81
4.1	Динамика содержания органического вещества в почве	81
4.2	Динамика содержания подвижного фосфора в почве.....	89
4.3	Динамика содержания обменного калия в почве	98
4.4	Динамика обменной кислотности почвы.....	105
5	ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ, УДОБРЕНИЙ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ НА ИЗМЕНЕНИЕ СОРНОГО КОМПОНЕНТА В ПОСЕВАХ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР	112
5.1	Динамика численности сорных растений.....	112
5.2	Динамика сухой массы сорных растений	119
5.3	Динамика видового состава сорных растений.....	129
6	УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ЕЕ СВЯЗЬ С ИЗУЧАЕМЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ.....	141
6.1	Динамика урожайности культурных растений.....	141
6.2	Связь урожайности культурных растений с изучаемыми показателями	146
7	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА.....	153
7.1	Экономическая эффективность технологий производства.....	153
7.2	Биоэнергетическая эффективность технологий возделывания яровых зерновых культур и однолетних трав	158
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	163

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ	167
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	168

ВВЕДЕНИЕ

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 по-

следствия 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 засорённостью.

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 интен-

сивности 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» (№ госрегистрации 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 последствий.

Было установлено положительное влияние системы поверхностно-отвальной обработки по фону совместного внесения соломы с НРК. 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 работы, в т.ч. 3 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Основные положения работы прошли производственную проверку в ООО «ВолаАгро» 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.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Роль систем основной обработки почвы в формировании показателей плодородия почвы и урожайности полевых культур

1.1.1 Динамика органического вещества и агрохимических свойств почвы под действием обработки разной степени интенсивности

Традиционно обработка почвы является одним из важнейших элементов системы земледелия. Опираясь более чем на десяти тысячелетнюю историю, мы можем констатировать, что результатом развития систем обработки почвы является повышение ее продуктивности за счет мобилизации элементов питания и создания благоприятных условий для роста и развития культурных растений. Ещё в работах античных (Макрк Порций Катон Старший, Луций Юний Модерат Колумелла) и средневековых (Альбер Великий, Петрус Кресценций) авторов можно встретить призывы к частой и глубокой обработке почвы, которой они отводили основное место в формировании урожайности [69].

Одной из первых попыток научно обосновать необходимость обработки почвы была предпринята еще Д. Галлом в начале XVIII века, который полагал, что частая вспашка плугом может заменить внесение навоза [373]. Немалый вклад в развитие учения об обработке принадлежит отечественным ученым И.М. Комовым, И. А. Стебуту, В.Р. Вильямсу [154]. Однако, общая их позиция сводилась к связи интенсификации обработки и урожайности культурных растений. Исключением из этого числа был лишь Е.И. Овсинкий [131], но его выводы не получили развития ни в научном, ни в практическом направлении.

Совершенствование орудий обработки и расширение площади обрабатываемых земель, а также желание увеличить их продуктивность без учета экологических функций, явились причиной развития эрозионных процессов

и деградации почвенного плодородия. В США массово столкнулись с данной проблемой в 30-е годы XX в. [227], а у нас в стране в период освоения целинных земель. Это послужило отправной точкой развития учений минимизации обработки почвы [15, 101, 269].

В последнее время почва все чаще и чаще признается не возобновляемым ресурсом в человеческом масштабе, потому что при деградации ее восстановление является чрезвычайно медленным процессом [306]. Учитывая важность почв для производства сельскохозяйственных культур и животноводства, а также для осуществления более широких экосистемных функций, поддержание почвы в хорошем состоянии имеет жизненно важное значение. Для грамотного управления плодородием почвы необходимы научно обоснованные, простые в применении и экономически эффективные инструменты оценки её качества и функций [219].

При характеристике почвенного плодородия традиционно используют показатель содержания и запаса *гумуса*, который образуется в результате превращения микроорганизмами органического вещества в минеральную форму. Органическое вещество положительно влияет на буферность, биологическую активность, температурный и водно-воздушный режимы, улучшает обменную способность почвы [165]. Увеличение накопления органического вещества также связано с улучшением здоровья почвы и снижением риска развития эрозионных процессов [321, 344]. Эти улучшения в почвенной среде помогают повысить устойчивость агроэкосистем, сталкивающихся с неблагоприятными экологическими условиями [346].

Интенсивная механическая обработка почвы, и, особенно, вспашка, как правило ведет к потере органического вещества за счет усиления процессов минерализации [78, 181, 212], которое не компенсируется поступающими пожнивными и корневыми остатками культурных растений [77, 165].

Снижение интенсивности обработки способствует увеличению разнообразия почвенных организмов [349, 363, 382], что позволяет улучшить функционирование почвы за счет различных биологических процессов [232].

Минимизация обработки обеспечивает секвестрацию почвенного углерода, что сокращает эмиссию углекислого газа (CO₂) в атмосферу, влияя таким образом в целом на экосистему и её устойчивое функционирование [3, 161, 245, 304]. При этом наблюдается замедление процессов минерализации органического вещества почвы [67] и увеличение его запасов в почве [258]. Это положительным образом сказывается на её качественных характеристиках, в том числе и за счет изменения молекулярного состава органического вещества, а также сокращения процессов деградации [279].

Положительное действие технологий ресурсосберегающей обработки на динамику органического вещества в почве способствовало развитию данного направления как альтернативного метода выращивания сельскохозяйственных культур, повышающего качественные характеристики почвы [233, 288, 368, 383]. Однако такая практика способствовала увеличению дифференциации пахотного горизонта на слои [274, 275, 279, 312, 386] с увеличением концентрации элементов питания в верхнем слое почвы [302; 335]. В свою очередь отвальная обработка почвы либо не оказывает существенного влияния на содержание органического вещества, либо способствует его снижению [17, 153, 173].

Важно подчеркнуть тот факт, что дифференциация пахотного горизонта по плодородию может характеризоваться как положительными, так и отрицательными эффектами. Например, стратификация органического углерода может улучшить агрегацию и аэрацию поверхности почвы, что приведет к более эффективному проникновению воды [274, 276, 283, 392].

Вместе с тем дифференциация пахотного горизонта на слои по находящимся в почве *элементам питания* при недостаточном увлажнении может привести к высыханию верхнего слоя, что отрицательно повлияет на рост и развитие культурных растений [96]. При этом малоподвижные элементы питания, такие как фосфор, могут адсорбироваться на частицах почвы [358] и быть недоступными для поглощения растениями [43]. В таких условиях ресурсосберегающие обработки ограничивают рост корневой системы в

более глубокие слои почвы из-за более высокой концентрации питательных веществ в верхнем слое, а также из-за её уплотнения [272, 289], что, в свою очередь, уменьшает доступ растений к воде [343]. Следовательно, данная дифференциация может спровоцировать снижение урожайности.

С целью устранения дифференциации почвы по плодородию ряд исследователей советуют сочетать отвальные и безотвальные технологии [210]. Это также относится и к нулевым технологиям, где прибегают к разовой (стратегической) обработке, которая рассматривается как вариант решения проблемы дифференциации запаса питательных веществ [255, 302]. Например, такая обработка почвы проводится после одного года (или вегетационного периода) нулевой обработки почвы или двух, или трех лет нулевой обработки почвы [372].

По данным D. Тора et al. [371] после 10 лет использования различных систем обработки почвы было получено увеличение ($p < 0,05$) доступных азота, фосфора и калия на глубине 0–10 см, с самыми высокими значениями в системе нулевой обработки почвы. Аналогичные значения (45–49 мг/кг) доступного фосфора на глубине 10–20 см были получены во всех системах обработки почвы. Увеличение количества доступных питательных веществ в почве при отсутствии обработки почвы может быть связано с дополнительным поступлением питательных веществ через растительные остатки, оставляемые на поверхности почвы, в дополнение к рекомендуемой дозе минеральных удобрений [338, 389]. С другой стороны, почвенный органический углерод косвенно может способствовать увеличению микробной активности, которая влияет на доступность фосфора в почве. Конкурентная сорбция между гуминовыми и фульвокислотами и низкомолекулярными алифатическими кислотами и фосфором на участках почвенной сорбции может способствовать увеличению концентрации фосфора в почвенном растворе [287]. Аналогичным образом, более высокое содержание калия в лигнине и полисахаридах пожнивных остатках зерновых культур обеспечивает повышенное содержание данного элемента в почве.

Кислотность почвы комплексно воздействует на показатели плодородия. Повышенная кислотность во многом ограничивает урожайность сельскохозяйственных культур. Основной причиной снижения продуктивности растений на кислых почвах является дисбаланс макро- и микроэлементов, включая токсичность из-за избытка водорода (H^+) и / или алюминия (Al^{3+}) [334].

Распределение растительных остатков в почвенном профиле при разных системах обработки может влиять на её кислотность [294, 317, 371]. При этом многие исследователи [318, 311] отмечают, что при снижении интенсивности обработки повышалась прежде всего кислотность верхнего слоя почвы. Это может быть связано с более высоким исходным содержанием органического вещества и его разложением, что со временем приводит к большему накоплению ионов водорода. Повышенная экссудация корней и нитрификация, а также снижение механического воздействия на почву усиливают подкисление верхнего слоя [361, 328]. Напротив, при традиционной обработке почвы удобрения распределяются равномерно по всему профилю пахотного горизонта, что приводит к менее закисленному поверхностному слою почвы [229].

Л.И. Салишева, Н.Р. Бахтизина и др. [146] в свою очередь указывают на временное снижение рН почвы при ресурсосберегающей обработке. Авторы объясняют это увеличением углекислого газа в почвенном растворе, а также кислых продуктов при разложении растительных остатков и метаболизма живых организмов, находящихся в почве. О сезонной динамике подкисления почвы при ресурсосбережении свидетельствуют и исследования Н.К. Шикеры и Г.В. Назаренко [196].

Таким образом, безотвальные обработки, обеспечивая условия сохранения органического вещества почвы могут вызывать дифференциацию пахотного горизонта на слои по элементам питания и кислотности, что следует учитывать при разработке систем обработки, отвечающих биологическим требованиям возделываемых культурных растений.

1.1.2 Изменения агрофизических свойств почвы под действием обработки разной степени интенсивности

При переходе на ресурсосберегающие системы обработки почвы особое внимание следует уделять созданию благоприятных агрофизических условий, сопровождающих развитие культурных растений [36, 85, 106, 108, 179].

Важное место среди агрофизических свойств занимает *структура почвы*, которая определяется содержанием и взаиморасположением различных по форме и размеру почвенных агрегатов.

Структура почвы, пространственное расположение основных почвенных частиц и агрегатов с соответствующими сетками пор, является ключевым параметром для управления устойчивостью почвы; она обеспечивает жизненно важные функции, создавая оптимальные условия для роста и развития растений [5, 156, 345, 309].

Агрегация играет важную роль в структуре почвы и стабилизации органического вещества, обеспечивая поддержание плодородия почвы за счет снижения риска развития эрозионных процессов и создания оптимальных условий для воздухопроницаемости, инфильтрации и круговорота питательных веществ [256, 262, 389]. Кроме того, формирование стабильных почвенных агрегатов обеспечивает физическую защиту органический углерода почвы от минерализации под действием микроорганизмов, ферментов и кислорода [322, 323, 325], что в конечном итоге создает условия устойчивого функционирования в системе: почва – растение [286].

Процесс дестабилизации агрегатов, связанных с почвенным углеродом, изменяется в зависимости от макро и микроагрегатов. Многие исследователи считают, что показатель структурной устойчивости агрегатов почвы, называемый агрегатной стабильностью, находится в тесной связи с эрозией почв [329, 376]. Степень минерализации может быть увеличена путем преобразования макроагрегатов в размерность микроагрегатов [298]. Органическое ве-

щество почвы, связанное с макроагрегатами, является более лабильным и менее перерабатываемым, чем связанное с микроагрегатами. Органическое вещество также является важным агентом, ответственным за связывание минеральных частиц почвы вместе [298] и, более того, по мнению большинства исследователей, его содержание в значительной степени коррелирует с агрегативной стабильностью [319, 393].

Принято считать, что агрономически ценными являются все фракции, входящие в диапазон от 0,25 до 10 мм [196]. Именно они образуют своеобразные почвенные комочки, от которых и зависит почвенное плодородие [195]. Сложение пахотного слоя считается благоприятным, если содержание водопрочных агрегатов, обладающих размером более 0,25 мм не менее 40-45 % [186]. Если их меньше, происходит уплотнение почвы, и как следствие, ухудшение ее физических свойств [76].

Интенсивная отвальная обработка почвы может отрицательно повлиять на структуру почвы, когда процесс агрегатообразования нарушается из-за разрушения агрегатов [362]. На почвенные агрегаты напрямую влияет физическое разрушение макроагрегатов и косвенно – изменение биологических и химических факторов [253, 314, 231]. Наряду с этим в данных почвах усиливаются процессы минерализации органического вещества, что также приводит к распылению почвенной структуры [50, 54, 109, 122, 216].

Процессы агрегации и дезагрегации могут зависеть от влажности почвы в момент проведения обработки. Лишь проведение обработки почвы, находящейся в определенном диапазоне влажности, соответствующей её физической спелости будет способствовать формированию ценных с агрономической точки зрения агрегатов и сохранению плодородия почвы [170].

Снизить степень отрицательного влияния вспашки можно за счет ресурсосберегающей обработки, и, в частности, за счет чередования её с безотвальными и поверхностными обработками [80, 210]. Внедрение в производство систем ресурсосберегающей обработки ведет к увеличению органического вещества [178] и улучшению структуры почвы [1, 54]. Так В.А. Нико-

лаев и И.Ф. Биналиев установили, что на подзолистых легкосуглинистых почвах ресурсосберегающие обработки по сравнению с отвальной способствуют увеличению доли водопрочных агрегатов в слое 0-20 см на 2,8%, в подпахотном – 7,2%, а доля агрономическиценных агрегатов (0,25...10 мм) в среднем на 3,9% [122].

Однако, положительный эффект такой ресурсосберегающей обработки почвы, проявляющийся в сохранении структуры почвы и сокращении потерь органического вещества в отдельных случаях может быть обесценен за счет увеличения показателей плотности и твёрдости почвы.

Плотность почвы является наиважнейшей характеристикой её агрофизического состояния, определяющей скорость и направленность изменений водного, воздушного, теплового и питательного режимов [97]. Плотность сложения почвы весьма динамичная и информативная величина [166], что позволяет использовать её в качестве критерия, определяющего степень снижения интенсивности обработки.

Применение ресурсосберегающих систем обработки почвы по мнению ряда исследователей приводит к увеличению плотности сложения [21, 92, 95, 330, 260], что, особенно заметно в нижнем слое пахотного горизонта [267, 353, 183]. В.А. Николаев и И.Ф. Биналиев в своих опытах установили, что при использовании прямого посева в зернопропашном севообороте происходит переуплотнение как пахотного, так и подпахотного слоя по сравнению с отвальной обработкой на 0,09 и 0,05 г/см³, соответственно, и снижается аэрация до 14,8% [122]. Однако, ряд авторов отмечают, что после резкого увеличения плотности в первые годы прямого посева, в дальнейшем наблюдается разуплотнение [75, 140].

Увеличение плотности на системах с ресурсосберегающей обработкой почвы отрицательным образом сказывается на влажности пахотного и подпахотного слоев, что связано с ухудшением фильтрационной способности. [9, 74]. Как показывают исследования В.А. Николаева и И.Ф. Биналиева [122] применение вспашки по сравнению с прямым посевом способствует увели-

чению влажности на глубине 10-20 см только в начале вегетации, по остальным слоям существенных отличий не отмечается. В.И. Кирюшин [75] указывает, что минимальные обработки оказывают благоприятное влияние на водный режим только в сухие годы, а во влажные лучше проводить вспашку и глубокое рыхление. Это подтверждают исследования А. Н. Есаулко и др. [61], отмечающих снижение плотности почвы при прямом посеве в засушливой зоне и увеличение – в зоне умеренного увлажнения.

При изменении частоты и глубины обработки почвы наряду с плотностью сложения следует обращать внимание на её твердость (сопротивление пенетрации), которая также является весьма динамичным показателем [107, 215, 303].

Сопротивление пенетрации (твёрдость) почвы во многом определяет развитие корневой системы растений и доступность воды [254]. Увеличение значений данного показателя свидетельствуют о неудовлетворительном агрофизическом состоянии почвы [61], что препятствуют росту корней, и обуславливает снижение урожайности сельскохозяйственных культур. Согласно А.Г. Bengough и С.Е. Mullins [223], скорость роста корня отрицательно коррелирует с сопротивлением его проникновения, и это физически ограничивает объем почвы, заполняемый корневой системой, препятствуя поглощению воды и питательных веществ [254]. В результате повышенная твердость почвы может стать причиной угнетения или даже гибели растений [102, 107, 145]. Сопротивление пенетрации почвы выше 2,5 МПа обычно приводит к неблагоприятным воздействиям на рост растений [384], особенно для однолетних культур.

Сопротивление проникновению почвы зависит от характеристик почвы и обработки почвы. Таким образом, на твердость оказывают влияние некоторые свойства почвы, такие как плотность, текстура, агрегация, цементация, содержание органических веществ, минералогия и содержание влаги [263, 269, 270, 351, 370].

Сопротивление пенетрации почвы имеет положительную связь с её плотностью. Как правило сокращение интенсивности механических обработок ведет к увеличению сопротивления пенетрации почвы [88, 266, 391]. С другой стороны, проведение интенсивных обработок и, особенно, ежегодной вспашки может стать причиной образования плужной подошвы [299], что обуславливает резкое увеличение сопротивления проникновению до 30...40 кгс/см² на границе обработанной и необработанной почвы до [107]. Кроме того, повышенная твердость почвы может также иметь место в подпахотных слоях [385, 326]. В связи с чем многие исследователи склоняются к необходимости чередования вспашки с поверхностными обработками [107, 207].

Следует также отметить, ресурсосберегающие и, особенно, нулевые технологии ведут к увеличению содержанию органического вещества и влажности почвы, что может благоприятно повлиять на сопротивление пенетрации [266]. Так, исследования Z.V. Barut, I. Celik [222] отмечали снижение сопротивления пенетрации при увеличении органического вещества и устойчивости структуры почвы в слое 0-15 см. Аналогичные результаты были получены И.Л. Тычинской и В.И. Панариной [178].

На сопротивление пенетрации почвы также сильно оказывает влияние её влажность [224, 284, 297, 365, 379]. В следствии этого наблюдаются сезонные колебания данного показателя, зависящие от выпадения осадков и эвапотранспирации.

Таким образом, проблема оптимизации ресурсосберегающей обработки почвы до сих пор остаётся наиболее сложной в современном земледелии. Основная трудность заключается в понимании степени снижения степени интенсивности обработки, определяющей её эффективность при различных уровнях агрохимической нагрузки [75]. Необоснованное снижение интенсивности обработки почвы может привести к ухудшению агрофизических свойств, повышению засоренности агроценозов, увеличение эрозионных процессов [41, 108, 112, 173, 123, 207]. Данная проблематика особенно актуальна для дерново-подзолистых глееватых почв Нечернозёмной зоны, кото-

рые из-за избыточного увлажнения характеризуются достаточно узким периодом оптимальной обработки почвы.

1.2 Роль удобрений в формировании показателей плодородия почвы и урожайности полевых культур

1.2.1 Действие органических и минеральных удобрений на показатели плодородия почвы

Особое влияние на формирование органического вещества почвы и урожайность полевых культур оказывают элементы питания и кислотность почвенного раствора. Наиболее эффективным, доступным и быстродействующим средством, которое способствует улучшению агрохимических свойств почвы, и оказывает положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, по праву являются *удобрения* [11, 19, 37, 94, 149, 182, 198].

При сложившейся структуре посевных площадей и урожайности сельскохозяйственных культур ежегодные потери гумуса с средним по Российской Федерации составляют порядка 1,5-8 т/га [167]. Так, например, в Центральной нечерноземной зоне порядка 0,6-1,7 т/га, в Центральной черноземной зоне 1-1,5 т/га, [185] в Татарстане ежегодные потери составляют 1,8 т/га [184]. Использование земель без внесения органических удобрений в течение нескольких лет способствует их дальнейшей дегумификации, что особенно характерно для систем отвальной обработки [110].

На деградированных почвах использование органических удобрений, совместно с растительными остатками позволяет значительно активизировать почвенную микрофлору, что приводит к восстановлению гумуса [66].

Среди органических удобрений наибольшее распространение получил навоз. Многочисленные исследования свидетельствуют, что применение навоза и торфонавозных компостов положительно влияют на накопление в

почве органического вещества [148] и повышение его качества, [138, 168], улучшается питательный режим [103, 120] и структура почвы [176, 214, 240], также её водопрочность [6, 180, 193], нормализуются показатели плотности и твердости почвы [18, 87, 113, 116].

В отношении минеральных удобрений не всё так однозначно. С одной стороны, минеральные удобрения в современном сельскохозяйственном производстве имеют первостепенное значение в формировании питания растений и увеличении продуктивности полей [24, 31, 34, 64, 91, 98, 104, 142, 201]. С другой стороны, применение одних минеральных удобрений может сопровождаться и негативными процессами. В частности, может наблюдаться подкисление почвы при внесении повышенных доз минеральных удобрений [32, 34, 52, 99, 100, 217, 285, 287, 364, 380]. Минеральные удобрения увеличивают подвижность кальция, способствуя вытеснению его из почвенно-поглощающего комплекса [139]. Кроме этого, при использовании минеральных удобрений за счет усиления роста урожайности сельскохозяйственных культур увеличивается отчуждение оснований (Ca, Mg) с товарной частью урожая [89, 163].

В.В. Окорочков и др. [134], отмечая подкисление почвенного раствора при использовании калийных удобрениях указывал на то, что при поглощении калия корневые волоски растений выделяют в жидкую фазу другие катионы и ионы водорода, которые вытесняют кальций. Внесение фосфорных удобрений, особенно на кислых дерново-подзолистых почвах ведет к повышению pH жидкой фазы, что обусловлено связыванием гидроксида алюминия, ранее повышавшим кислотность почвы [134].

Влияние минеральных удобрений на содержание органического вещества и структуру почвы неоднозначно.

Первая группа исследований показала, что внесение минеральных удобрений оказывает негативное влияние на органическое вещество почвы, укоряя его минерализацию [234, 248], снижая стабильность агрегатов и уменьшает количество макропор [32, 228, 307, 323, 354]. Одна из возможных

причин заключалась в том, что азотные удобрения, содержащие или образующие NH^{4+} , могут иметь тенденцию к снижению совокупной стабильности за счет диспергирования органических связующих веществ внутри агрегатов и почвенных коллоидов [271, 295].

В то время как в ряде других исследованиях сообщалось, что применение минеральных удобрений увеличивает содержание органического вещества в почве [189], стабильность почвенных агрегатов [32, 228, 355, 268, 105] и макропористость почвы [339]. Данный эффект связывают с тем, что внесение сбалансированных минеральных удобрений может улучшить рост сельскохозяйственных культур и увеличить возврат органических веществ в почву за счет пожнивных и корневых остатков [239, 292, 350].

В третьей группе исследований указывалось, но то, что внесение минеральных удобрений не влияло на содержание органического вещества [315, 235] и структуру почвы [238, 347, 394].

Неоднозначное влияние оказывают минеральные удобрения и на плотность почвы. Минеральные удобрения могут ускорять разложение органических веществ, что может вести к ухудшения физических свойств почвы, и, в частности, увеличению плотности [359]. Также минеральные (азотные) удобрения могут провоцировать увеличение плотности почвы и снижать гидравлическую проводимость из-за большего разрастания корней [376], которые сжимают частицы почвы своим давлением [218, 324, 378]. С другой стороны, исследования Y. Liang et al. [316], не выявили влияния NPK на плотность почвы. А данные V. Šimanský et al. [360], полученные в 41-летнем эксперименте, напротив, отмечали снижение плотности почвы на 6-7% при применении NPK.

Исследования I. Celik [239], свидетельствуют о снижении сопротивления пенетрации почвы при применении минеральных удобрений, хотя и не таком значительном, по сравнению с органическими. По мнению Р.В. Щучка и др. внесение минеральных удобрений способствует росту влажности в

слое 0-20 см, и, как следствие снижается плотность и твердость в верхнем слое [211].

Неоднозначное влияние одних минеральных удобрений на показатели плодородия склоняет большинство исследователей к выводам о совместном применении органических и минеральных удобрений. Сочетание минеральных и органических удобрений ведет к увеличению содержания органического вещества [291] и улучшению питательного режима [217], лучшей агрегации почвы [291, 221], снижению плотности [268] и сопротивления пенетрации [239, 221].

Таким образом, изучение действия удобрений на показатели плодородия почвы по-прежнему остается актуальным и требует дальнейшей конкретизации в разрезе применения ресурсосберегающей обработки и систем защиты растений.

1.2.2 Особенности использования соломы как удобрения и влияние её на показатели плодородия почвы

Среди органических удобрений навоз является самым распространённым, но далеко не самым практичным. Удаленность полей и, зачастую, неудовлетворительное состояние грунтовых дорог делает транспортировку данного удобрения весьма затратным мероприятием. При этом, следует принимать во внимание и то, что не каждое сельскохозяйственное предприятие может в полной мере обеспечить потребности во внесении навоза на поля для создания бездефицитного баланса органического вещества почвы. Всё это указывает на необходимость обязательного применения побочной продукции с целью недопущения деградации почвенного плодородия [71].

В качестве альтернативы можно предложить использование соломы, остающейся после уборки зерновых культур, что можно считать более экономически выгодным и энергетически целесообразным [121]. Стоит отме-

титель, что солома является очень хорошим источником питательных веществ (азота, калия, фосфора и микроэлементов) для растений [17, 125].

Общее количество соломы сельскохозяйственных культур в мире по состоянию на 2020 год оценивается в более чем 5 миллиардов тонн [251, 249]. Остатки соломы часто сжигают в поле, вызывая серьезные экологические проблемы из-за выброса твердых частиц и CO₂ в атмосферу [340]. Поэтому возвращение растительных остатков в почву является важным условием сохранения питательных веществ, повышая тем самым плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур при общем снижении выбросов парниковых газов [305, 336].

Возврат соломы на поле в качестве удобрения является базовым компонентом различных систем ресурсосберегающей обработки почвы. Внесение соломы способствует увеличению содержания в почве органического вещества и элементов питания растений, что повышает их урожайность [76, 93, 187, 204, 236, 250, 310, 348, 381]. Ряд исследований [236, 250, 310, 388] показали, что удаление соломы с поля увеличивает плотность почвы и ограничивает рост корней сельскохозяйственных культур, что снижает доступ корней к доступной влаге и питательным веществам, что в итоге приводит к уменьшению урожайности сельскохозяйственных культур.

Также было высказано предположение, что остатки, возвращающиеся в почву, могут улучшать агрегацию почвы и стабилизацию органического вещества, повышая его запасы [71, 237, 254, 355]. Ряд исследователей фиксировали снижение плотности и твердости (сопротивления пенетрации) при заделке соломы в почву [10, 40, 48, 208]. Согласно R. Ruan et al. [355], внесение соломы способствовало большему увеличению водопрочности почвы по сравнению с навозом и контролем. Заделка растительных остатков в почву все чаще рекомендуется в качестве важного метода снижения потребности в химических удобрениях, усиления связывания органических соединений и повышения урожайности [374].

В исследованиях Б.Р. Ирмулатова, А.К. Сарбасова отмечено, что внесение соломы в дозе 3 т/га обеспечивает наиболее оптимальное сложение пахотного горизонта для роста и развития яровой пшеницы [70]. Сохранение и использование соломенных остатков играет важную роль в регулировании плотности и порозности почвы, особенно при переходе на технологию No-till [14].

Однако, несмотря на эффективность соломы как органического удобрения, внесение её может вызвать временный дефицит азота для вновь выращиваемых сельскохозяйственных культур [247]. Это явление можно объяснить несколькими причинами. Одним из путей потери азота удобрений является улетучивание в форме NH_3 , N_2O или N_2 из-за повышенной активности почвенных ферментов [341]. Кроме того, ряд исследований показали, что заделка растительных остатков может повысить численность и активность почвенных микроорганизмов [387, 390], что приводит к значительной иммобилизации азота внесенных удобрений в микробную биомассу [252, 280]. Иммобилизация происходит при нарушении оптимального соотношения углерода к азоту, при этом более узкий диапазон приводит к минерализации азотистых соединений, а более широкий усиливает процессы их иммобилизации [147]. Кроме того, некоторое количество неорганического азота может быть включено в остатки соломы сельскохозяйственных культур или органическое вещество растительного происхождения посредством биохимических процессов [301]. По данным отдельных исследований иммобилизованный азот удобрений может быть включен в гумифицированное органическое вещество почвы [261]. При этом процессы иммобилизации азота могут идти по-разному в зависимости условий увлажнения и доступа кислорода. В частности, некоторое количество азота, иммобилизованного в аэробных условиях, может высвободиться из остатков соломы и повторно использоваться культурой, тогда как другие формы иммобилизованного азота могут быть включены в относительно стабильные соединения при различных условиях увлажнения и аэрации почвы [249]. Кроме этого заделка соломы в верхний,

более аэрируемый слой, при поверхностных обработках может провоцировать иммобилизацию подвижного фосфора, из-за более активного разложения [135].

В процессе разложения соломы также образуются фенольные соединения, которые могут быть токсичны для растений и снижать их продуктивность. Для решения этой проблемы целесообразно вносить солому осенью, что так же позволит сократить затраты на уборку [147]. Ускорить процесс разложения соломы и снизить количество токсических веществ по мнению Ягодиной Б.А., Жуковой Ю.П. позволяет внесение полужидкого и жидкого навоза из расчета 15...20 кг/га азота (или минеральные удобрения) и сразу заделывать их луцильниками на глубину 6...8 см [213]. Повышение эффективности соломы при внесении её совместно минеральными удобрениями отмечали многие исследователи [48, 135, 210, 316].

Нельзя не отметить тот факт, что с соломой на поле поступают семена сорных растений, что может спровоцировать увеличение их численности [59] и снижение эффективности минимальных обработок почвы.

Таким образом, солома, являясь ценным органическим удобрением требует всестороннего изучения с целью повышения её эффективного использования при сочетании разных способов заделки, внесения минеральных удобрений, систем защиты от сорняков и увлажнения почвы.

1.3 Изменение показателей обилия сорных растений под действием систем основной обработки почвы, удобрений и гербицидов

Сорные растения являются неотъемлемой частью каждого агрофитоценоза. Они отрицательно влияют на уровень урожая и качество производимой сельскохозяйственной продукции. Высокая численность сорных растений затрудняет выполнение многих видов полевых работ, в том числе обработку почвы и уборку урожая. Биологические особенности сорных растений позволяют им успешно конкурировать с культурными за счет различных приспособ-

соблений к распространению, развития органов вегетативного размножения, накопления огромного количества семян в почве, не теряющих всхожесть длительное время [12, 53, 114, 200].

Видовой состав сорной растительности зависит не только от природной зоны, но и от природно-климатических условий, смены культур в севообороте и т.д. [79].

Сорняки оказывают жесткую конкуренцию культурным растениям в борьбе за элементы питания, что приводит к негативным последствиям, например, к снижению белка в зерне, что сказывается на хлебопекарных свойствах. Кроме того, они могут служить источником распространения болезней и вредителей [115].

В исследованиях Оказовой З.П. и Икоевой В.А. отмечается, что по мере увеличения плотности произрастания сорняков на единице площади потери урожая составляли 3–39,4 % [132].

Многочисленными исследованиями установлено, что наилучшие результаты в борьбе с сорняками обеспечивает комплексное сочетание предупредительных, агротехнических, биологических, химических, физических и других средств и способов [4, 62, 150].

Переход на ресурсосберегающие технологии обработки может быть причиной увеличения засоренности посевов и, особенно, злостными многолетними видами [20, 22, 111, 112, 327], что зачастую требует повышенных доз применяемых гербицидов [27, 28, 29, 63, 74, 84, 119, 177, 194, 257].

Наиболее эффективным способом борьбы с сорными растениями является система отвальной обработки, на что указывают многочисленные исследования [117, 124, 143, 337, 352]. Грамотно проведенная система отвальной обработки обеспечивает уничтожение 80-90% сорнополевой растительности [13].

Установлено, что эффективность управления сорным компонентом агрофитоценоза с помощью обработки почвы во многом определяется видовым разнообразием сорняков. [26]. Так для борьбы с многолетними сорными рас-

тениями лучше использовать более глубокие обработки, например, отвальную и плоскорезную [111, 155], для уничтожения малолетних – поверхностную [144]. При этом важно также понимать, что и отдельные виды культурных растений могут весьма успешно конкурировать с сорняками, что может нивелировать эффективность отвальной обработки и создать условия для снижения её интенсивности [240, 374].

Обработка почвы влияет на вертикальное распределение семян сорняков в почвенном профиле, что формирует разные условия и, соответственно, эффективность их прорастания [332, 242, 337]. Семена сорняков, заделанные на различную глубину, находятся в разных условиях увлажнения, суточных колебаний температуры, доступности света и активности хищников [333]. Безотвальные системы обработки почвы концентрируют большую часть семян сорняков на её поверхности. В то время как при вспашке семена сорняков перемешиваются в соответствии с глубиной обработки [242]. Обработка почвы, в зависимости от типа и частоты, может стимулировать прорастание некоторых семян сорняков, подвергая заделанные семена воздействию света, аэрируя почву, повышая температуру и усиливая контакт влаги между семенами и почвой [242, 243, 273, 281]. При этом обработка может как заделывать семена сорняков в более глубокие слои почвы, снижая их всхожесть, так и извлекать заделанные семена на поверхность, что стимулирует их прорастание [244]. Системы нулевой обработки, например, могут снизить всхожесть проростков некоторых видов сорняков, поскольку семена на поверхности почвы склонны к быстрому высыханию [333] и воздействию со стороны животных организмов, поедающих их [366]. Системы обработки почвы могут влиять на периодичность прорастания сорняков, поскольку семена, находящиеся у поверхности почвы, могут прорасти раньше, чем семена, заделанные в более глубокие слои, по причине формирования более благоприятных условий (освещённость, влажность, температура, плотность).

Учитывая данные особенности, была разработана система комбинированной поверхностно-отвальной обработки, предполагающая проведение от-

вальной обработки после нескольких лет поверхностных, что позволяет управлять показателями обилия сорных растений, поддерживая их на уровне, не оказывающем существенного влияния на урожайность культур [157, 206]. При этом происходило накопление семян сорняков в верхнем слое в течение 3-4 лет, где они частично провоцировались и уничтожались поверхностными обработками, с последующей заделкой семян на 4-5 год с помощью вспашки на глубину пахотного слоя. Эффективность применения комбинированных обработок в управлении сорным компонентом отражено во многих исследованиях [43, 65, 126, 171, 172, 192].

Удобрения, являясь неотъемлемым элементом интенсификации земледелия и роста продуктивности культурных растений, вместе с тем оказывают значительное влияние на засоренность посевов.

Внесение удобрений как правило ведет к увеличению численности, массы [174], запаса семян и вегетативных органов размножения [175] сорных растений. Особенно это заметно при несбалансированном питании растений [7, 300]. Снижение интенсивности обработки почвы и поверхностное внесение удобрений еще в большей степени стимулируют рост и развитие сорных растений [47, 126, 143]. При этом более мощную вегетативную массу сорные растения приобретают при внесении минеральных компонентов питания в годы с достаточным увлажнением [162, 152, 190].

Вместе с тем есть исследования, в которых, отмечается снижение числа сорной растительности и степени их вредоносного влияния на сельскохозяйственные культуры при использовании удобрений в минеральной форме [39, 86, 152, 188, 206]. Это может быть связано с разной отзывчивостью видов сорных растений на фон минерального питания, что меняет их флористический состав. Так, например, в исследованиях И.В. Дудкина и др. [57, 58] на удобренных участках возростала доля ранних яровых сорняков, эфемеров и многолетних корневищных, при этом численность поздних яровых и корнеотпрысковых, наоборот, сокращалась в среднем на 5%.

Ряд исследований показывают зависимость распространения видов сорняков от использования азотных [237, 369], фосфорных [225, 226, 295] и калийных [295, 282] удобрений. Это также может определять эффективность применения гербицидов [237, 300].

В свою очередь В. И. Каргин и др. [72] отмечали, что действие удобрений при общем увеличении численности сорных растений не влияло на рост их массы, а при длительном использовании она даже снижалась.

Внесение органических и органоминеральных удобрений также может провоцировать увеличения показателей обилия сорного компонента агрофитоценоза [202]. Особенно это относится к соломе, используемой в качестве удобрения, с внесением которой семена сорняков возвращаются в почву, что может спровоцировать увеличение засоренности, особенно, при минимизации обработки [124, 209]. С другой стороны, по данным Дудкин И. В. [59], использование соломы не вело к увеличению численности сорняков, но увеличивало их массу. А С.В. Щукин, Е.А. Горнич [206], отмечали, что внесение соломы с минеральными удобрениями повышало конкуренцию культурных растений по отношению к многолетним видам сорных растений, которые снижали свою численность и массу.

Внесение одних и тех же удобрений, но в разное время, может привести как к подавлению роста сорного ценоза и увеличению урожайности зерновых культур, так и наоборот, может способствовать снижению продуктивности культурных растений в результате увеличения в посевах численности сорняков [33, 35, 55, 57, 83]. Доза, метод, сроки и тип удобрения могут влиять на появление, стойкость, распространение, состояние покоя, динамику и параметры роста сорняков [220], а также влиять на эффективность применяемых гербицидов [331].

Эффективное управление сорным компонентом агрофитоценоза в современном земледелии в значительной мере опирается на применение *гербицидов*. Правильный выбор вида гербицида в зависимости от состава сорной растительности, своевременное его применение в научно обоснованных до-

зах позволяет не только значительно снизить численность сорняков, но и увеличить урожайность, качество возделываемой культуры [73, 90].

Полный отказ от применения гербицидов приводит, в большинстве случаев, к росту засоренности посевов как многолетними, так и однолетними растениями, что увеличивает количество энергозатрат за счет большего количества механизированных обработок [64, 81]. При этом, применение гербицидов является высокоэффективным, рентабельным и энергетически эффективным приёмом [23, 118, 160].

Использование гербицидов обеспечивает снижение не только численности, но и видового разнообразия сорняков [136, 151]. При этом сокращается вынос элементов питания и увеличивается урожайность культурных растений [191].

При этом многие исследования указывают увеличение эффективности при совместном использовании гербицидов и минеральных удобрений [2, 58, 159, 169, 203], а также гербицидов и ресурсосберегающей обработки почвы [49, 51, 152]. В данном случае гербициды нивелировали увеличение показателей обилия сорных растений и их вредоносность при ресурсосберегающей обработке и внесении удобрений.

Однако, несмотря на высокую экономическую эффективность гербицидов в управлении сорным компонентом агрофитоценоза существуют определенные экологические риски их использования [8, 208, 209]. И прежде всего это связано с появлением устойчивых сорняков. Во всем мире устойчивые к гербицидам сорняки были обнаружены на 94 сельскохозяйственных культурах, включая зерновые, овощные, виноградники и сады, в 71 стране, включая 263 вида (152 двудольных и 111 однодольных) [293] что в конечном счете еще больше увеличило их применение [320].

Проблема с устойчивостью сорных растений к гербицидам еще больше осложняет с ними борьбу, нарушая уже отработанные стратегии управления. Зачастую это вынуждает отказаться от ресурсосберегающих и, особенно, нулевых технологий обработки [308, 357]. В настоящее время экономические

потери от устойчивых сорняков исчисляется миллиардами долларов [230, 290]. При этом постоянно увеличиваются затраты на обработку почвы, дополнительное использование гербицидов, рабочую силу, время и оборудование.

Другие негативные стороны использования гербицидов связаны с повышением риска для здоровья человека [356], неблагоприятным воздействием на водные экосистемы [296] и взаимодействующих с ними диких животных [276].

Кроме этого, существует достаточное количество исследований, свидетельствующих об отрицательном влиянии гербицидов на микробное сообщество почвы [8, 246, 342]. При этом микробная активность и их метаболические процессы, изменяющие биогеохимические циклы, может различаться в разных почвах [259]. Применение гербицидов при минимизации обработки может отрицательно повлиять на накопление органического вещества почвы, ухудшить структуру и повысить плотность почвы [264].

С другой стороны, в работе J.O. Frimpong [278] не уставлено влияние гербицидов на плотность почвы и распространение беспозвоночных организмов. Следует также принять во внимание тот факт, что применение гербицидов позволяет минимизировать механическое воздействие на почвы, косвенным образом положительно влияя на структуру почвы и сохранение органического вещества.

Неоднозначное действие гербицидов на почву, появление устойчивых видов сорняков, экологические риски и риски для здоровья человека вынуждают искать более эффективные и действенные способы сокращения их использования. Так, А.С. Соколов и др. [158] пришли к выводу, что последствие гербицидов во второй год после обработки, так же способствовало снижению численности сорных растений. О незначительном влиянии последствие гербицидов на снижение потенциальной засоренности почвы семенами сорных растений отмечает А.М. Труфанов [175]. Тогда как, результаты Н. Summers et al. [367], показывают, что борьба с сорняками с уменьшением количества гербицидов в сочетании с комплексным подходом может быть

эффективной, но со временем может привести к увеличению количества сорняков.

Таким образом, управление засоренностью посевов при сочетании ресурсосберегающей обработки, удобрений и гербицидов до сих пор остаётся одной из центральных задач, требующей комплексного подхода, учитывающего особенности почвенного плодородия и условий возделывания культурных растений, а также экономическую и экологическую целесообразность.

2 УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Характеристика почвенного покрова

Ярославская область расположена на Восточно-Европейской равнине, в центральной её части, в бассейне реки Волги. Она входит в состав Центрального федерального округа и имеет выгодное экономическое и товарно-транспортное расположение. Территория области представляет собой холмистую равнину с небольшими возвышенностями. Её площадь составляет 36177 км², из которых занято сельскохозяйственными угодьями – 11,28 тыс. км² (31,2%): из них пашни 7,25 тыс. км² (64,3%), сенокосы 0,92 тыс. км² (8,2%), пастбища 1,5 тыс. км² (13,3%). Почвы в основном дерново-подзолистые. Есть множество болот с запасами торфа. Так же в области имеются такие полезные сырьевые ресурсы как: кварцевый песок, гравий, минеральные воды, известковые туфы, тонкие ленточные глины [38].

Опытное поле было заложено в 1995 году в Ярославском районе Ярославской области (57°42'39"N, 39°41'40"E). Землепользование располагается на стыке двух геоморфологических районов западной части Ярославско-Костромской низины и в Центральном районе равнины основной морены.

Данные почвы формировались в условиях временного избыточного увлажнения.

В Ярославской области площадь пашни под такими почвами составляет около 140 тыс. га или 16,3 % от общей площади пахотных угодий.

Почва пахотного горизонта в среднем за период 2015-2018 гг. содержала: органического вещества – 2,72 %, P₂O₅ – 153,6 мг/кг; K₂O – 80,2 мг/кг почвы, сумма обменных оснований составляла 21,5 гидролитическая кислотность – 1,41 мг. экв./100 г. почвы, рН солевой вытяжки – 5,6.

2.2 Метеорологические условия в годы исследований

Агрометеорологические условия оказывают большое влияние на рост и развитие культур, своевременность сроков проведения полевых работ (обработку почвы, посев, внесение удобрений, применение средств защиты растений и т.д.), а также на качество и количество получаемого урожая.

Климат Ярославской области умеренно-континентальный с ярко выраженными сезонами осень и весна. Агрометеорологические условия в районе опытного участка характеризуются умеренно-холодной зимой и коротким достаточно теплым летом. Сумма положительных температур выше 10 °С в среднем за период наблюдений по многолетним данным равно 1800-1900 °С.

В течение четырёх исследуемых лет можно отметить значительные колебания агрометеорологических условий по сезонам года.

В зимние месяцы 2015 года сильных и продолжительных морозов не было зарегистрировано. Максимальная глубина промерзания почвы на 20...30 см, что на 30...60 см ниже нормы, установилась на 20 февраля. На протяжении всей зимы наблюдались оттепели. Общее количество осадков за период декабрь – январь 100...170 мм, так же находятся в пределах средних многолетних значений.

Стоит отметить, что во второй декаде февраля и первой декаде марта 2015 года количество осадков было ниже нормы на 20...70%, что в комплексе с теплой погодой в данный период способствовало сокращению снежного покрова. Количество осадков в теплый период (май - первая декада октября) составило 315 мм, что на 8% ниже нормы. Осадки летом имели кратковременный ливневый характер. В июне и августе недобор осадков составил порядка 20...55% от нормы, в июле выпало 80 мм осадков, что было близким к норме.

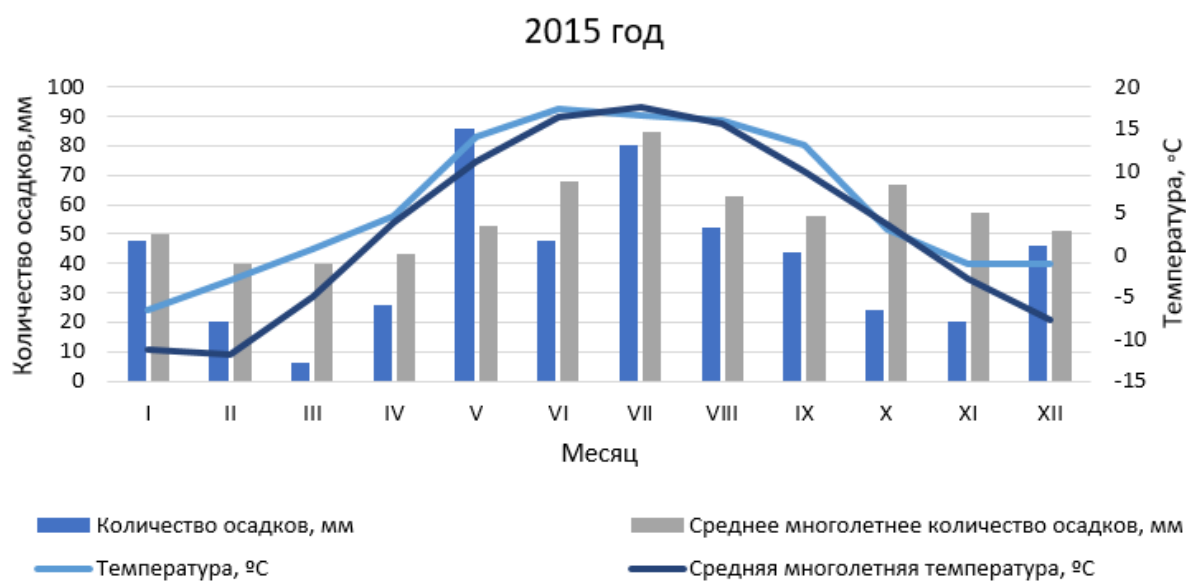


Рисунок 2.1 – Динамика температуры и осадков в 2015 году по сравнению с нормативными средними многолетними значениями

Гидротермический коэффициент, характеризующий влагообеспеченность растений в вегетационный период, отражающий приход влаги к испарению в 2015 году составил 1,3-1,9.

В целом климатические условия 2015 года позволяли проводить агротехнические мероприятия (обработку почвы, посев, различные обработки и подкормки, уборку и т.д.) в оптимальные сроки, что способствовало повышению качества выращиваемой продукции. [127]

В сезон 2016 года снежный покров установился ближе к 16 декабря, что на 2,5 недели позже нормы, к третьей декаде февраля высота его достигла 39 см, что соответствует нормативным значениям. Самый холодный месяц оказался январь (средняя температура минус 12,3°C). Так же, как и в 2015 году, в течение всей зимы 2016 года отмечались оттепели. Окончательно разрушение снежного покрова произошло 10 апреля. В весенние месяцы среднесуточные температуры превышали среднемноголетние на 2,9...3,8°C. Так же весной отмечался недостаток осадков, например, в мае эта разность составила 21 мм, по сравнению с нормой (рисунок 2.2) [128].

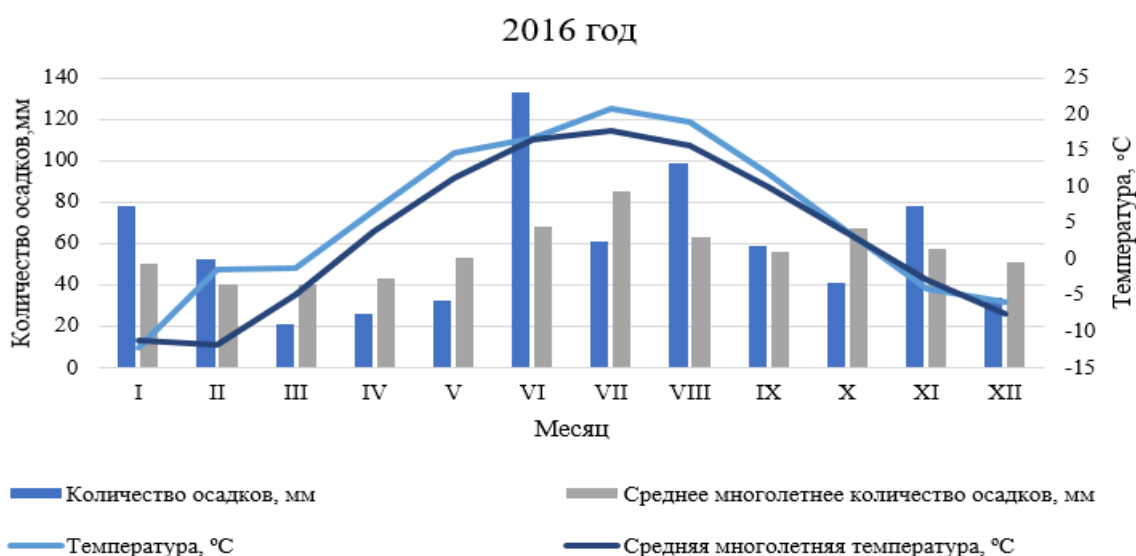


Рисунок 2.2 – Динамика температуры и осадков в 2016 году по сравнению нормативными средними многолетними значениями

В летний период среднесуточные температуры были близки к среднесредним значениям. Распределение влаги в данный период было не равномерным, например, в июне и августе осадков было, соответственно, в 2 и 1,5 раза больше, а в июле на треть меньше. Регулярные дожди препятствовали своевременному проведению обработок и подкормок (рисунок 2.2). Гидротермический коэффициент изменялся в пределах 1,7-1,9, при среднем многолетнем значении 1,4-1,6 [128].

В 2017 году отмечался ряд негативных климатических факторов. Так, например, весна была затяжной с частыми возвратами холодов, а лето было коротким, с обилием осадков и недобором тепла по сравнению со среднесредними наблюдениями (рисунок 2.3).

Обильные осадки в виде снега были отмечены уже в конце октября, которые привели к формированию снежного покрова уже 30 октября (1 см). Увеличение высоты снежного покрова шло быстрыми темпами: уже в третью декаду ноября достигло 25 см, что в 5 раз больше нормы. В первой декаде февраля наблюдалось максимальное формирование высоты снежного покрова – 36 см. В начале апреля произошло разрушение снежного покрова [129].

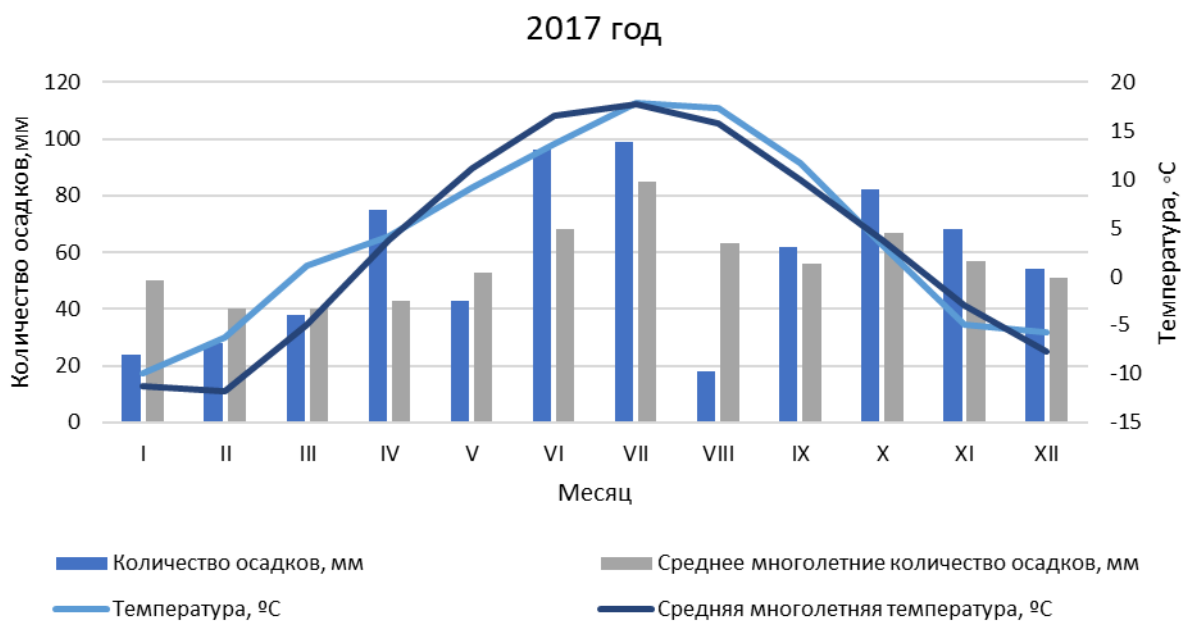


Рисунок 2.3 – Динамика температуры и осадков в 2017 году по сравнению нормативными средними многолетними значениями

В мае непродолжительные теплые периоды чередовались с холодами и даже с заморозками. В июне, июле обильные и продолжительные дожди препятствовали своевременной обработке, внесению удобрений и средств защиты растений, а также уборке трав, в частности на сено. Недостаток тепла замедлило созревание озимых и яровых зерновых (рисунок 2.3). Гидротермический коэффициент находился в пределах средних многолетних значений и составил в 2017 году 1,5-1,6 [129, 130].

Сельскохозяйственный сезон 2017/2018 характеризовался теплой и продолжительной осенью, многоснежной зимой (теплой в первой половине и холодной во второй), в большей степени весна и лето были теплыми. Благоприятные условия на уровне средних многолетних значений были в ходе всей посевной компании. В целом за вегетационный период создавались благоприятные условия для формирования урожая однолетних трав.

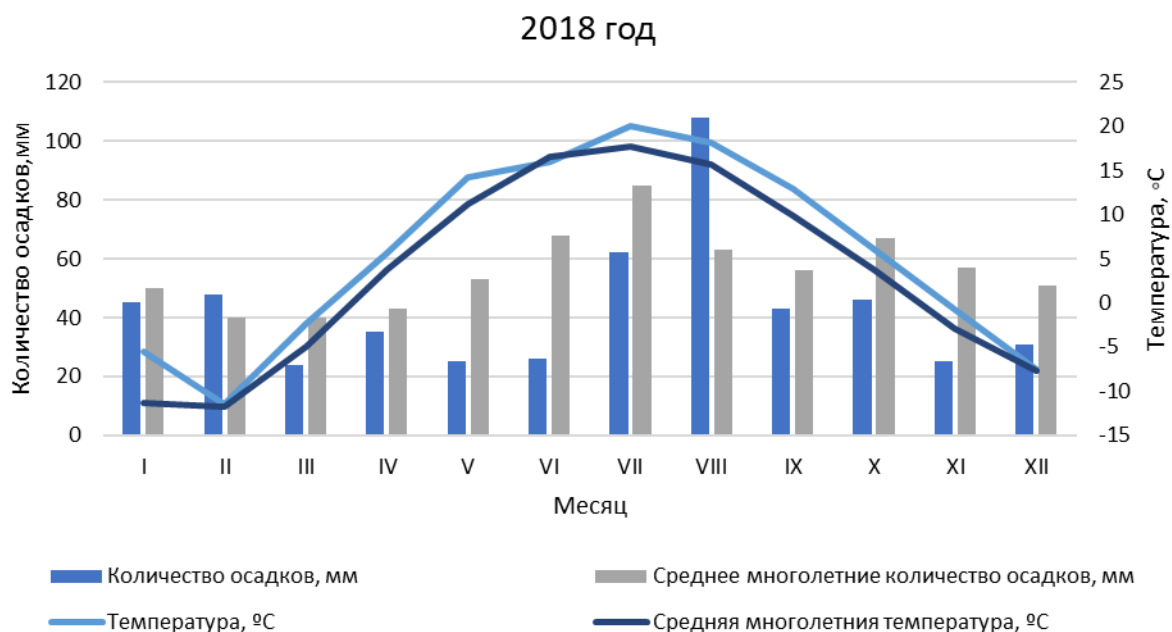


Рисунок 2.4 – Динамика температуры и осадков в 2018 году по сравнению нормативными средними многолетними значениями

В течение периода исследования 2015-2018 годы гидротермический коэффициент (ГТК) колебался в пределах 0,9-2,0 единиц. При возделывании яровой пшеницы (2017) отмечалось формирование наибольшего значения гидротермического коэффициента – 2,0 единицы. Наименьшие значения ГТК было при возделывании однолетних трав (2018) – 0,9 единиц [130].

2.3. Схема полевого стационарного трехфакторного опыта

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).

Опыт заложен методом расщеплённых делянок. Площадь делянок первого порядка (система основной обработки почвы) составляла 756 м², второго (система удобрений) – 126 м² и третьего (система гербицидов) – 63 м².

В течение исследований на опытном поле выращивались: ячмень (2015 г., сорт Эльф), однолетние травы (2016 г., вика посевная – сорт Ярославская-136 + овес – сорт Скакун), яровая пшеница (2017, сорт Дарья), однолетние травы (2018 г., вика посевная – сорт Ярославская-136 + овес – сорт Кречет).

Технологические приемы обработки почвы: вспашка на глубину 20–22 см – плугом ПОН-3-35; дискование – дисковой бороной БДН – 2,4х2Н; безотвальное рыхление – плугом ПБС-2 со сменными рыхлительными лапами; культивация – культиватором КБМ-4,2НУ; боронование – БЗСС-1.0. Система обработки почвы, применяемая в различных вариантах, представлена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Система обработки почвы во времени по вариантам опыта и полевым культурам

Культура, год			
ячмень, 2015 г.	однолетние травы, 2016 г.	яровая пшеница, 2017 г.	однолетние травы, 2018 г.
1. Отвальная обработка (MP»)			
Послеуборочное дискование на 6-8 см + вспашка на 20-22 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате	аналогично 2015 году	аналогично 2015 году	аналогично 2015 году
2. Поверхностная с рыхлением (STL)			
Послеуборочное дискование на 6-8 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате	аналогично 2015 году	Послеуборочное дискование на 6-8 см + рыхление на 25-27 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате	Послеуборочное дискование на 6-8 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате
3. Поверхностно-отвальная (SP)			
Послеуборочное дискование на 6-8 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате	аналогично 2015 году	Послеуборочное дискование на 6-8 см + вспашка на 20-22 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате	Послеуборочное дискование на 6-8 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате
4. Поверхностная (ST)			
Послеуборочное дискование на 6-8 см + предпосевная культивация на 5-6 см с прикатыванием в агрегате	аналогично 2015 году	аналогично 2015 году	аналогично 2015 году

Расчет норм минеральных удобрений проводился на планируемую прибавку урожайности (таблица. 2.4).

Таблица 2.4 – Система удобрений во времени по вариантам опыта (NPK, в кг д.в./га)

Удобрение	Культура, год			
	ячмень, 2015	однолетние травы, 2016	Яровая пшеница, 2017	однолетние травы, 2016
F0	0	0	0	0
N	N ₃₀	N ₃₀	N ₃₀	N ₃₀
S	0	Солома 3 т/га	0	Солома 3 т/га
SN	0	Солома 3 т/га + N ₃₀	0	Солома 3 т/га + N ₃₀
SNPK	N ₁₅₅ P ₇₅ K ₁₉₀	Солома 3 т/га + N ₈₀ P ₈₀ K ₁₅₀	N ₁₆₀ P ₇₀ K ₁₃₀	Солома 3 т/га + N ₈₀ P ₈₀ K ₁₅₀
NPK	N ₁₅₅ P ₇₅ K ₁₉₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₁₅₀	N ₁₆₀ P ₇₀ K ₁₃₀	N ₈₀ P ₈₀ K ₁₅₀

Планируемая прибавка урожайности ячменя и яровой пшеницы составляла 1,5 т/га (100%) при урожайности по фону без удобрений (F0) 15 ц/га; прибавка урожайности зеленой массы однолетних трав 90 ц/га (100%), при урожайности обеспеченной естественным плодородием почвы 90 ц/га.

На вариантах S, SN, SNPK после уборки ячменя в 2015 и яровой пшеницы в 2017 гг. вносилась их солома. На вариантах N, SN вносилась аммиачная селитра, на вариантах NPK, SNPK – азофоска, аммиачная селитра и хлористый калий.

2.4 Методика исследований

Повторность опыта четырехкратная по всем применяемым методам исследования.

2.4.1 Содержание органического вещества (гумуса) в почве определяли по методу И.В. Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Отбор образцов для анализа проводился со всех делянок опыта со слоёв почвы 0-10, 10-20 и 20-30 см, образцы доводились до воздушно-сухого состояния, из них отбирались примеси, образцы измельчались, просеивались через сито с диаметром отверстий 1 мм и навески по 100 г отправлялись на анализ в сертифицированную агрохимическую лабораторию [45].

2.4.2 Определение обменной кислотности потенциометрическим методом проводилась в соответствии с ГОСТ Р 58594-2019 «Почвы. Метод определения обменной кислотности». Сущность метода определения обменной кислотности заключается в извлечении обменных ионов водорода и алюминия из почвы раствором хлористого калия концентрации 1 моль/дм при соотношении почвы и раствора 1:2,5 и последующем потенциометрическом титровании фильтрата гидроокисью натрия до pH 8,2 [44].

2.4.3. Определение подвижных форм фосфора и калия в почвах по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО в соответствии с ГОСТ Р 54650-2011. Метод основан на извлечении подвижных соединений фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) из почвы раствором соляной кислоты (экстрагирующим раствором) молярной концентрацией 0,2 моль/дм³ и последующем количественном определении подвижных соединений фосфора (P_2O_5) на фотоэлектроколориметре и калия (K_2O) – на пламенном фотометре [46].

2.4.4. Образцы почвы для оценки плотности почвы отбирали с помощью предварительно взвешенных цилиндров диаметром 5 см и высотой 10 см из верхнего (0-10 см) и нижнего (10-20 см) слоев. Пробы отбирали на каждой делянке в 2 произвольно выбранных точках на каждом уровне. Далее цилиндры с почвой взвешивались, затем из них выделялись навески почвы для определения влажности. Для пересчета массы почвы в цилиндре на абсолютно сухую, навески высушились в термостате до постоянной массы ($t=105^{\circ}C$). Расчеты проводились согласно общепринятой методике [25].

2.4.5 Сопротивление пенетрации (твердость) почвы определяли при помощи твердомера Ю.Ю. Ревякина, по диагонали делянки в 12 точках на глубину до 25 см [25].

Образцы почвы для выполнения ряда запланированных исследований отбирались по общепринятой методике в 4-х произвольно выбранных точках на каждой делянке в верхнем и нижнем слоях, из которые составляли объединённую пробу массой около 2 кг для каждого уровня.

2.4.6 Структурно-агрегатный состав почвы определяли методом Н.И. Савинова при помощи просеивания (сухое) воздушно-сухого образца через комплект сит разного диаметра с последующим составлением средней навески для мокрого просеивания на приборе И.М. Бакшеева для определения водопропускности. Навеску для сухого просеивания (500г) отбирали крестообразным способом, а для определения водопропускности структуры брали среднюю навеску пропорционально от всех фракций общей массой 25 г.

2.4.7 Динамику изменения численности, сухой массы и видового состава сорных растений проводили по методике Б.А. Смирнова, В.И. Смирновой (1976). Для учета многолетних сорных растений использовались рамки 1 м² (1м × 1м), а для учета малолетних видов 1/16 м² (0,25 м × 0,25 м). Учеты численности сорных растений проводились отдельно по каждому виду в два срока: первый – в фазу полного кущения зерновых культур (перед применением гербицидов); второй – через месяц после первого (в период молочно-восковой спелости). Учетные площадки выделяли методом рандомизации.

Сухую массу сорных растений определяли одновременно с учетом численности сорных растений на этих же пробных площадках. После подсчета все сорные растения срезались. Срезанные растения с каждой делянки объединяли по двум биологическим группам – многолетние и малолетние виды, укладывали их в отдельные пакеты, а затем высушивали до постоянной массы в термостате при температуре 105°С и взвешивали с точностью до 0,1г.

2.4.8 Определение величины и качества урожая.

Урожайность полевых культур учитывали сплошным методом во всех повторениях опыта. Урожайность зерна ячменя и яровой пшеницы рассчитывали на 14% влажность и 100% чистоту, зеленой массы однолетних трав при фактической влажности.

2.4.9 Экономическая и биоэнергетическая оценка перспективных технологий производства продукции полевых культур дана на основании фактических технологических карт, действующих в хозяйствах области, норматив-

вов и в сопоставимых ценах на продукцию, материалы и энергию, а также действующих методик [137, 141, 205].

2.4.10 Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с помощью программ «Microsoft Excel», «Disant» «Statistica 12».

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

3.1 Динамика коэффициента структурности почвы

Для характеристики структурно-агрегатного состава почвы был рассчитан коэффициент структурности, определяемый соотношением фракции размером 0,25...10 мм (агрономически ценная) к сумме фракций <0,25 мм (пылеватая) и >10 мм (глыбистая). В зависимости от коэффициента структурности можно характеризовать состояние структуры почвы: менее 0,67 – неудовлетворительное; 0,67...1,5 – хорошее; более 1,5 – отличное [196].

Значение коэффициента структурности за период исследования изменялось в зависимости от возделываемой культуры (рисунок 3.1 и таблица 3.1).

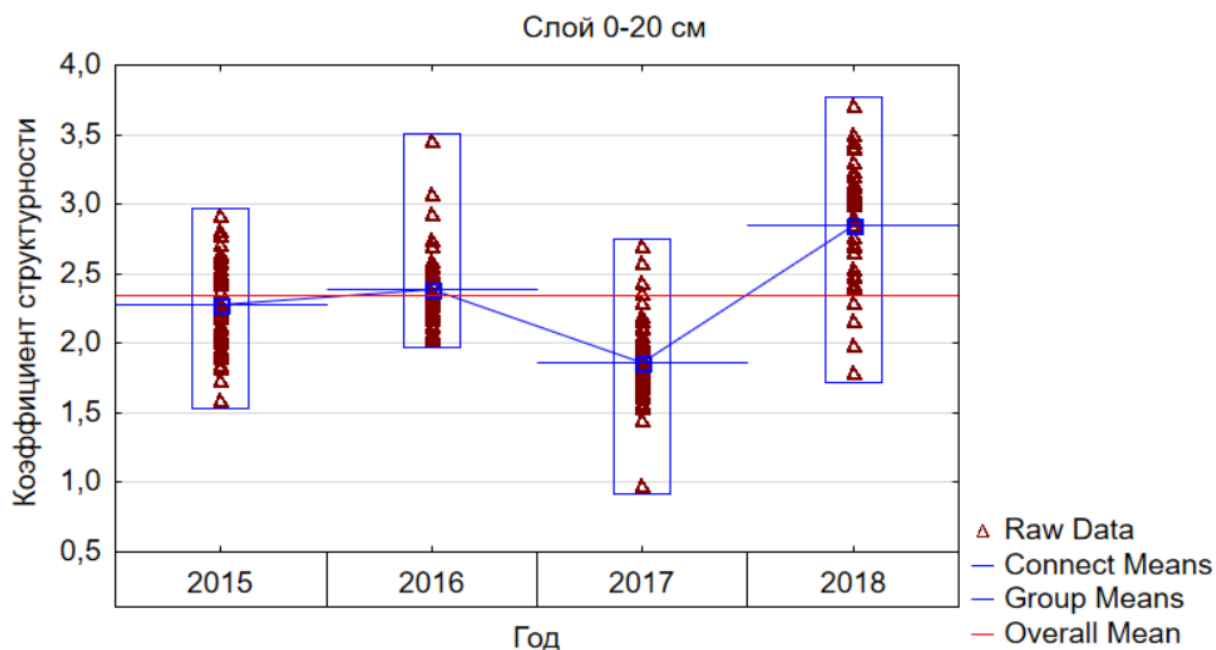


Рисунок 3.1 Динамика коэффициента структурности почвы

Динамика варьирования коэффициента структурности в посевах ячменя (2015) находилась в пределах 1,59-2,91, однолетних трав (2016) – 2,03-3,45, яровой пшеницы – 0,97-2,73 и однолетних трав (2018) – 1,78-3,71. Это

свидетельствует о хорошем и отличном структурном состоянии почвы в течение всего периода исследований. При этом в посевах яровой пшеницы (2017) наблюдалось снижение, а однолетних трав (2018) – повышение изучаемого показателя относительно средних значений.

С целью обобщения полученных результатов и установления закономерностей динамики изучаемых показателей мы сочли целесообразным представить в таблицах средние значения по группам культур: яровые зерновые (2015 – ячмень и 2017 – яровая пшеница) и однолетние травы (2016 и 2018).

За период исследований с 2015 по 2018 годы по изучаемым группам культур: яровые зерновые (ячмень – 2015 и яровая пшеница – 2017), применяемые системы обработки почвы и средств защиты растений на изменение данного показателя существенного влияния не оказали (таблица 3.1).

Можно лишь отметить, что применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) по фону без удобрений (F0) как без гербицидов (G0), так и с гербицидами (WG) в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) сопровождалось некоторым увеличением коэффициента структурности почвы пахотного слоя (0-20 см) относительно системы отвальной обработки (MP) на 0,07-0,62 (3,37-43,06%). Аналогичные тенденции наблюдались и в посевах однолетних трав (2016, 2018). Применение системы поверхностной обработки (ST) по фону без удобрений (F0) и без гербицидов (G0) вело к увеличению изучаемого показателя на 0,75 единиц (33,19%) в слое 10-20 см по сравнению с отвальной обработкой (MP), что связано сохранением структурных агрегатов почвы при отсутствии механического воздействия на данной глубине.

Применение системы поверхностной обработки (ST) по фону внесения соломы (S) с гербицидами (WG) способствовало снижению коэффициента структурности нижнего слоя почвы в течение всего периода исследований на (2015-2018) на 0,87-0,91 (68,48-76,36%) по сравнению с системой отвальной обработки (MP) (рисунок 3.2). Аналогичные тенденции отмечались по систе-

ме поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной с рыхлением (SPL) обработки.

В данном случае вспашка обеспечивала заделку растительных остатков на глубину пахотного слоя, где складываются более благоприятные условия их трансформации и агрегатообразования.

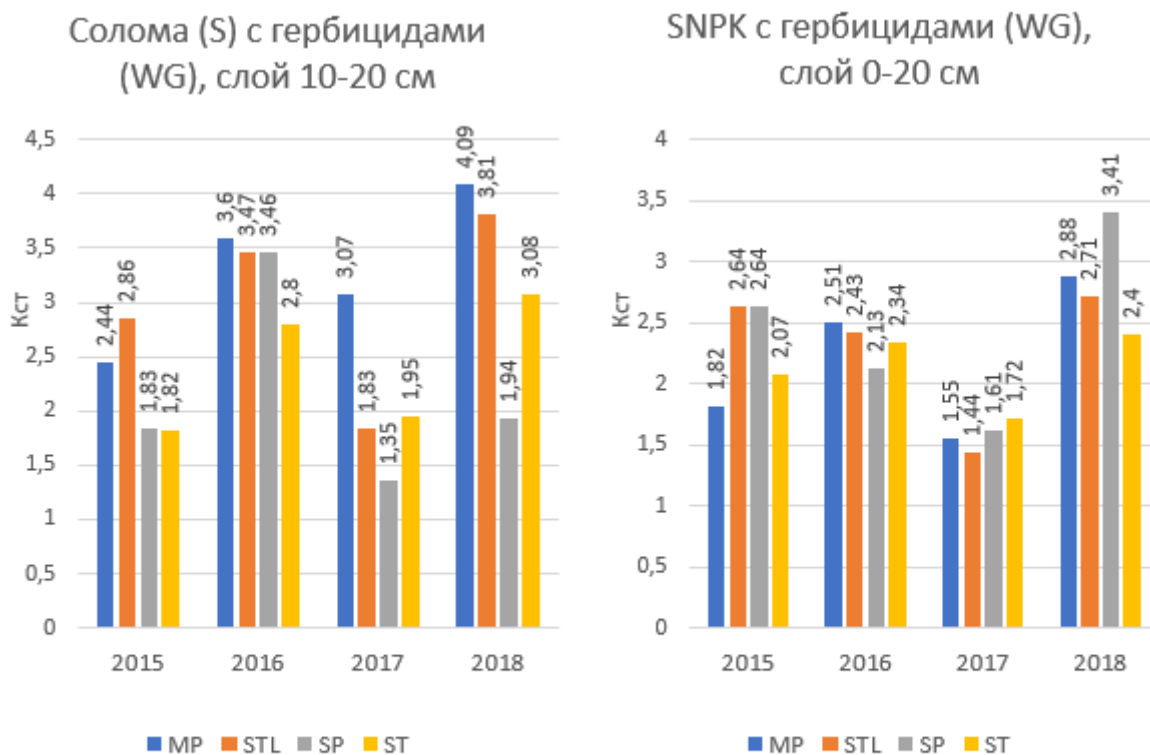


Рисунок 3.2 – Динамика коэффициента структурности почвы по годам исследования в зависимости от системы обработки

Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону соломы с полным минеральным удобрением (SNPK) с гербицидами (WG) способствовало увеличению коэффициента структурности почвы (слой 0-20 см) в посевах ячменя (2015), яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2016, 2018) на 0,18-0,24 (6,67-14,20%) соответственно (рисунок 3.2)

Таблица 3.1 – Коэффициент структурности почвы в среднем по группам культур

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		без гербицидов			с гербицидами			без гербицидов			с гербицидами		
обработка	удобрение	G0		WG		G0		WG		G0		WG	
		слой почвы											
		0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Отвальная MP	F0	1,90	2,25	2,08	1,32	1,56	1,44	2,19	2,26	2,23	1,90	2,17	2,04
	N	1,93	2,05	1,99	1,89	2,06	1,98	2,61	2,95	2,80	2,64	2,74	2,69
	S	2,39	2,54	2,41	2,03	2,76	2,38	2,54	2,93	2,73	2,53	3,85	3,19
	SN	2,94	2,35	2,60	2,34	2,16	2,25	2,48	2,88	2,68	2,66	2,57	2,62
	SNPK	1,94	1,71	1,80	1,64	1,74	1,69	3,11	2,40	2,76	2,69	2,70	2,70
	NPK	2,00	2,42	2,19	2,30	1,99	2,14	2,55	2,81	2,68	2,19	2,70	2,44
Поверхностная с рыхлением STL	F0	2,24	2,25	2,24	2,14	2,30	2,01	2,38	2,38	2,38	2,47	1,96	2,22
	N	1,98	2,25	2,11	2,20	1,96	2,07	2,24	2,68	2,38	2,47	2,39	2,43
	S	1,97	2,05	2,00	2,35	2,35	2,35	2,57	3,13	3,06	2,67	3,64	3,15
	SN	2,07	2,23	2,14	2,58	2,28	2,43	2,66	2,69	2,85	3,15	2,34	2,74
	SNPK	2,16	2,16	2,14	2,06	2,04	2,04	2,58	2,59	2,58	2,37	2,78	2,57
	NPK	2,14	2,10	2,12	1,97	2,18	2,07	2,28	2,54	2,41	2,43	2,41	2,42
Поверхностно- отвальная SP	F0	2,37	2,22	2,29	2,13	1,94	2,04	2,43	2,47	2,45	2,90	2,85	2,87
	N	2,21	1,99	2,09	2,42	2,25	2,33	2,28	2,84	2,56	2,66	2,09	2,37
	S	1,96	2,09	2,02	1,96	1,59	1,78	2,43	2,77	2,70	2,91	2,70	2,81
	SN	1,97	1,76	1,86	2,24	2,10	2,17	2,64	2,57	2,61	2,75	3,09	2,92
	SNPK	2,12	2,21	2,16	2,01	1,84	1,93	2,81	2,97	2,89	2,74	3,02	2,88
	NPK	2,18	1,66	1,92	2,55	2,26	2,40	2,67	2,79	2,73	3,02	2,83	2,92
Поверхностная ST	F0	2,06	2,24	2,15	1,80	2,32	2,06	2,43	3,01	2,72	2,19	2,15	2,17
	N	2,28	2,00	2,13	1,85	2,39	2,09	2,44	3,23	2,84	2,13	3,12	2,63
	S	2,20	1,99	2,08	1,77	1,89	1,82	3,19	2,79	2,82	2,24	2,94	2,59
	SN	1,97	1,38	1,63	1,72	2,07	1,89	2,48	2,91	2,70	2,01	3,07	2,54
	SNPK	1,76	2,07	1,91	1,66	2,15	1,90	2,99	2,34	2,67	2,57	2,17	2,37
	NPK	2,17	2,25	2,21	1,93	1,68	1,80	2,26	2,57	2,41	2,34	2,13	2,23
НСР ₀₅ для делянок I порядка		Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	0,39	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	0,39	Fφ<F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок III порядка		Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅

Изучаемые системы удобрения в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) не оказали влияния ($F_{\phi} < F_{05}$) на изменение коэффициента структурности почвы пахотного слоя (0-20 см) (таблица 3.1). Вместе с тем внесение удобрений (N, S, SN, SNPK, NPK) по системе отвальной обработки (MP) с гербицидами (WG) способствует некоторому увеличению значений изучаемого показателя на 0,25-0,94 (17,36-65,28%). Аналогичная динамика прослеживалась и в посевах однолетних трав (2016, 2018) на делянках с отвальной (MP) и поверхностно-отвальной (SP) обработками по каждому фону защиты растений от сорняков (G0, WG).

Внесение соломы (S) на делянках отвальной (MP) и поверхностной с рыхлением (STL) обработках как по фону без гербицидов (G0), так и с гербицидами (WG) способствовало существенному увеличению коэффициента структурности почвы в слое 10-20 см на 0,67-1,68 (29,65-77,42%).

Применение азотных (N) и полных минеральных (NPK) удобрений по системам обработки отвальная (MP) и поверхностная (ST) по всем изучаемым вариантам защиты растений от сорняков (G0, WG) обуславливало достоверное увеличение изучаемого показателя в слое 10-20 см на 0,22-0,97 (7,31-45,12%). Аналогичная динамика наблюдалась при внесении SNPK и по системе отвальной обработки (MP) с гербицидами (WG).

Использование гербицида в 2015 году, а также его последствие в 2016, 2018 и 2018 гг. в среднем по группам культур не влияло на изменение коэффициента структурности почвы ($F_{\phi} < F_{05}$) (таблица 3.1).

Усредненные данные по изучаемым факторам свидетельствуют об отсутствии влияния изучаемых систем обработки на изменение коэффициента структурности почвы в среднем по группам яровые зерновые (2015, 2017) и однолетние травы (2016, 2018) (таблица 3.2).

Вместе с тем можно отметить незначительное снижение коэффициента структурности верхнего слоя почвы (0-10 см) при применении системы поверхностной обработки (ST) как в посевах яровых зерновых (2015, 2017) на 0,12 (5,85%), так и однолетних трав на 0,20 (3,98%). Это может быть связано

постоянным механическим воздействием на данный слой орудиями обработки [231, 314], а также влиянием физиологически кислых минеральных удобрений, вытесняющими кальций из почвенно-поглощающего комплекса [139].

Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) сопровождалось формированием коэффициента структурности в слое 0-20 см на уровне системы классической отвальной обработки (MP) в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) и некоторым увеличением значений на 0,09 (3,42%) в посевах однолетних трав (2016, 2018).

Осенью 2016 года под посев яровой пшеницы (2017) в системе поверхностно-отвальной обработки (SP) была проведена вспашка на глубину пахотного слоя, которая обеспечила дифференциацию пахотного горизонта на слои с увеличением значений в верхнем слое и снижением – в нижнем. В свою очередь на делянках с ежегодными отвальной (MP) и поверхностной (ST) обработками нижний слой (10-20 см) характеризовался более высокими структурными показателями по сравнению с верхним (0-10 см).

Таблица 3.2 – Коэффициент структурности почвы в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг.

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	слой почвы, см					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	2,05	2,13	2,08	2,51	2,74	2,63
STL	2,15	2,18	2,14	2,50	2,61	2,56
SP	2,18	1,99	2,08	2,70	2,75	2,72
ST	1,93	2,03	1,97	2,41	2,70	2,55
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	1,99	2,13	2,03	2,36	2,40	2,38
N	2,09	2,12	2,10	2,41	2,75	2,58
S	2,08	2,15	2,10	2,62	3,07	2,84
SN	2,23	2,04	2,12	2,60	2,76	2,68
SNPK	1,91	1,99	1,94	2,73	2,62	2,67
NPK	2,15	2,07	2,10	2,46	2,59	2,53
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	0,32	0,37	0,27
Фактор С. Система защиты растений						
G0	2,12	2,09	2,09	2,54	2,72	2,63
WG	2,03	2,08	2,04	2,52	2,68	2,60
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅

Механическое воздействие на почву, особенно, когда она не находится в физической спелости, провоцирует разрушение структурных агрегатов, что в большей степени заметно в верхнем, наиболее обрабатываемом, слое. Система поверхностно-отвальной обработки (SP), с одной стороны, менее интенсивно воздействует на почву, тем самым лучше сохраняет структуру верхнего слоя, по сравнению с отвальной обработкой (MP), с другой – создаёт лучшие условия для трансформации органического вещества, поступающего с удобрениями и растительными остатками в верхний слой, периодически его оборачивая (1 раз в 3-4 года) и перемещая их вниз. В связи с этим по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) в нижнем слое, необрабатываемом 3-4 года, формируется больше ценных с агрономической точки зрения агрегатов почвы. Последующая вспашка проведенная после 3-4 лет поверхностных обработок перемещает более оструктуренный слой наверх, что создает оптимальные условия прорастания и начального развития культурных растений.

Данная динамика хорошо была заметна в посевах яровой пшеницы (2017) по системе поверхностно-отвальной обработки (SP), где с осени 2016 г. проводилась вспашка после 3-х лет поверхностных обработок (рисунок 3.3). В посевах однолетних трав (2018) система поверхностно-отвальной обработки обеспечивала формирование гомогенного пахотного слоя с наибольшими значениями коэффициента структурности почвы в верхнем слое (2,99 единиц) по сравнению с остальными изучаемыми системами обработки.

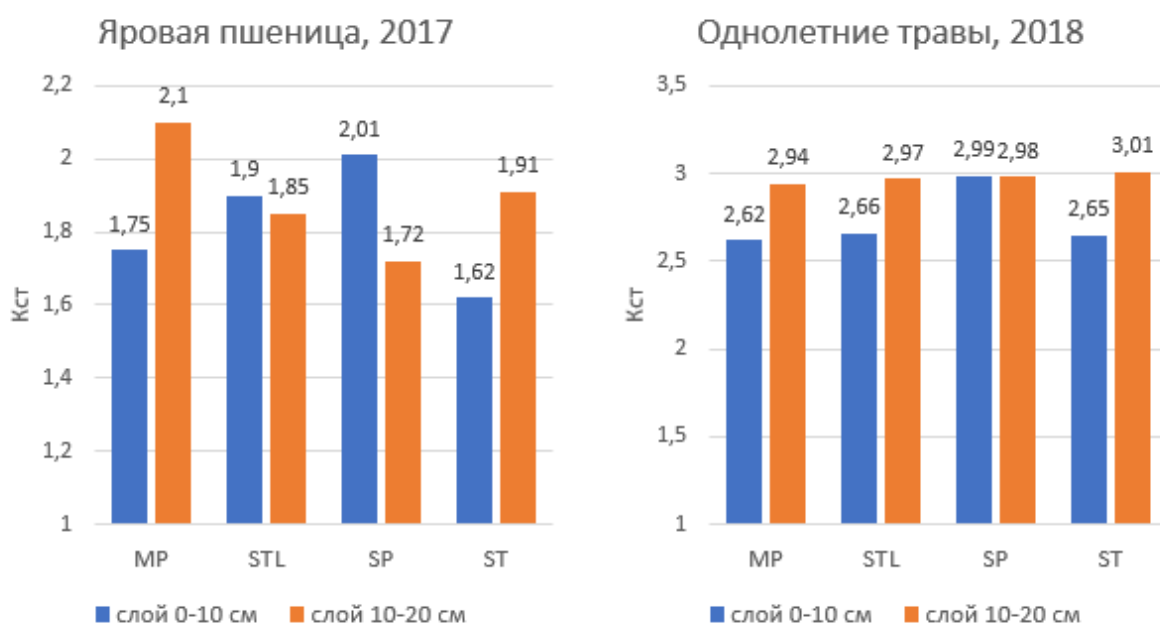


Рисунок 3.3 – Изменение коэффициента структурности почвы по слоям в зависимости от системы обработки

Применение удобрений (N, S, SN, NPK) в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) в среднем факторам обуславливало увеличение коэффициента структурности почвы на 0,17-0,19 единиц (3,44 – 4,43%) в пахотном слое. Внесение SNPK вело к незначительному снижению изучаемого показателя на 0,09 единиц (4,43%).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) все изучаемые системы удобрений способствовали увеличению коэффициента структурности почвы в слое 0-20 см на 0,15-0,46 единиц (6,30 – 19,33%). При этом в слое 10-20 см наибольшие значения ($K_{ct} = 3,07$) были получены при применении одной сломы (S), а в слое 0-10 см ($K_{ct} = 2,73$) – с полной нормой минеральных удобрений (SNPK).

Действие и последствие гербицидов в среднем по факторам не оказало существенного влияния на изменение коэффициента структурности почвы пахотного слоя.

3.2 Динамика водопрочности почвы

Водопрочность (водоустойчивость) почвенных агрегатов является важной качественной характеристикой, позволяющая сохранять почве структуру после обильных осадков и последующего легкого подсушивания [196]. Оценку структуры почвы в отношении её водопрочности осуществляют по количеству агрегатов более 0,25 мм получающихся после мокрого просеивания.

Динамика изучаемого показателя в среднем по пахотному слою (0-20 см) по годам исследования (2015-2018) представлены на рисунке 3.4.

Динамика варьирования водопрочности в среднем по пахотному слою (0-20 см) в посевах ячменя (2015) находилась в пределах 52,5-67,1%, однолетних трав (2016) – 47,4-60,1%, яровой пшеницы (2017) – 47,2-64,6% и однолетних трав (2018) – 64,6-77,5 (рисунок 3.4). Это свидетельствует о хорошем структурном состоянии почвы в течении всего периода исследований. В посевах однолетних трав (2016) и яровой пшеницы (2017) наблюдалось снижение доли водоустойчивых агрегатов почвы, а в посевах однолетних трав (2018) – увеличение.

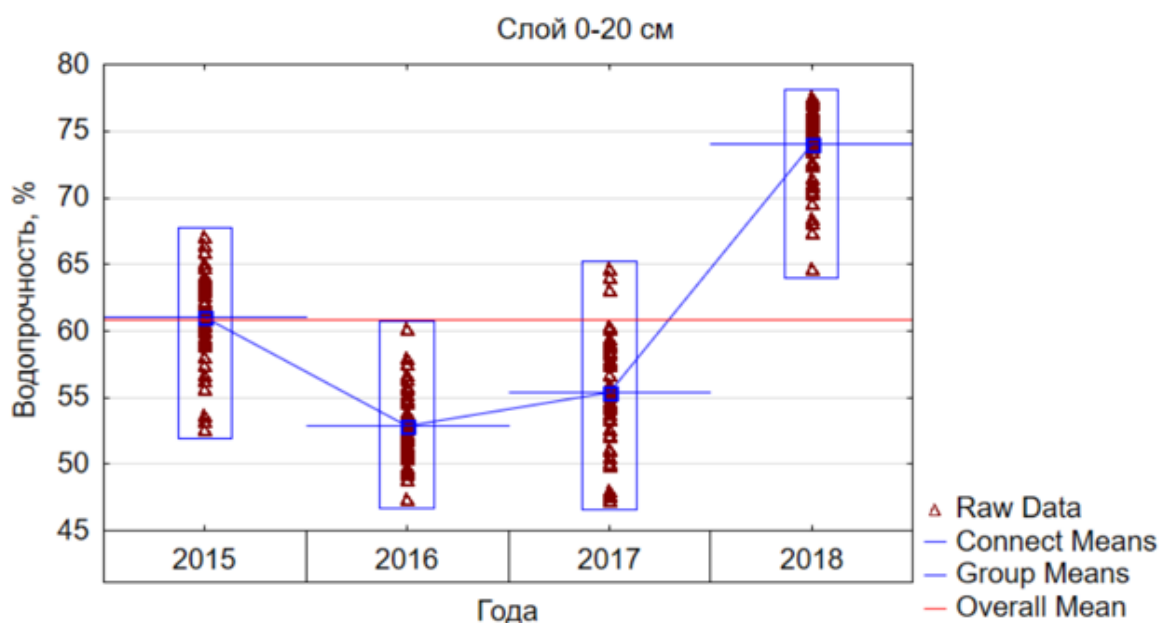


Рисунок 3.4 – Динамика водопрочности почвы (в среднем по слою 0-20 см) за период с 2015 по 2018 гг.

Распределение водопрочных агрегатов в среднем по группам культур яровые зерновые (2015, 2017) и однолетние травы (2016, 2017) по изучаемым вариантам обработки почвы, удобрений и гербицидов представлены в таблице 3.3.

Изучаемые системы обработки на оказали существенного влияния на изменение водопрочности почвы в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017). Вместе с тем можно отметить тенденцию к увеличению водопрочности почвы в слое 0-10 см при применении систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) по фону SNPK как на вариантах без гербицидов (G0), так и с гербицидами (WG) на 7,3-12,5 п.п., соответственно. При этом система отвальной обработки (MP) обуславливала дифференциацию пахотного горизонта с увеличением водопрочности в нижнем слое и снижением – в верхнем. Тогда как по системе поверхностной обработки (ST) наблюдалась обратная динамика, что вероятно, связано с условиями заделки в почву поступающих растительных остатков и удобрений, а также с последующей их трансформацией. Система поверхностно-отвальной обработки (SP) способствовала формированию гомогенного пахотного слоя.

В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) по фонам с минеральными удобрениями (N, SN, SNPK, NPK) без гербицидов (G0) вело к незначительному увеличению доли водопрочных макроагрегатов в верхнем слое почвы на 1,9-13,8 п.п.

Достоверное увеличение водопрочности почвы ($HCP_{05}=4,6$) в посевах однолетних трав (2016, 2018) наблюдалось в нижнем слое (10-20 см) по системам: поверхностная с рыхлением (STL) по фонам SN, SNPK с гербицидами (WG) (на 5,7 – 6,9 п.п.); поверхностно-отвальная (SP) по фонам S, SN с гербицидами (WG) (на 5,7 – 9,2 п.п.) и фону S без гербицидов (G0) (на 4,9 п.п.); поверхностная (ST) по фону N без гербицидов (WG) (на 2,5 п.п.) и фону SN с гербицидами (WG) (на 1,9 п.п.).

Таблица 3.3 – Изменение водопрочности почвы в зависимости от системы обработки почвы, удобрений и гербицидов, %

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		без гербицидов G0			с гербицидами WG			без гербицидов G0			с гербицидами WG		
обработка	удобрение	слой почвы											
		0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Отвальная MP	F0	57,9	57,1	57,5	54,3	51,2	52,7	65,0	61,0	63,0	61,8	60,8	61,3
	N	55,9	55,8	55,9	53,7	61,9	57,8	58,4	59,6	59,0	62,2	63,4	62,8
	S	56,2	59,1	57,6	58,0	57,2	57,6	63,7	61,7	62,7	53,6	64,1	58,8
	SN	57,7	59,9	58,8	59,0	57,6	58,3	52,3	64,8	58,6	61,0	58,7	59,9
	SNPK	51,2	57,4	54,3	51,2	56,8	54,0	61,6	62,3	61,9	61,6	61,4	61,5
	NPK	49,4	54,8	52,1	62,2	58,4	60,3	60,9	65,0	63,0	60,9	60,9	60,9
Поверхностная с рыхлением STL	F0	56,3	60,4	58,4	61,0	59,4	60,2	64,0	62,1	63,1	65,1	61,7	63,4
	N	60,7	60,6	60,7	59,0	67,7	63,4	63,3	63,1	63,2	65,8	65,7	65,8
	S	59,5	61,1	60,3	63,6	63,4	63,5	65,2	63,9	64,6	63,2	63,8	63,5
	SN	55,7	56,6	56,1	54,7	54,8	54,7	63,4	63,2	63,3	62,5	65,7	64,1
	SNPK	59,1	60,4	59,8	58,7	56,6	57,6	63,5	66,0	64,7	66,1	67,1	66,6
	NPK	60,9	57,0	59,0	58,8	60,5	59,7	65,0	66,6	65,8	64,2	67,8	66,0
Поверхностно- отвальная SP	F0	49,1	61,6	55,3	58,0	55,5	56,7	59,3	62,1	60,7	62,1	63,0	62,6
	N	54,9	61,7	58,3	56,0	57,2	56,6	64,2	60,9	62,6	55,6	62,1	58,8
	S	58,6	58,9	58,7	53,1	57,0	55,0	65,2	66,6	65,9	62,3	73,3	67,8
	SN	55,7	59,7	57,7	57,6	58,7	58,1	63,3	63,5	63,4	62,8	64,4	63,6
	SNPK	60,8	60,5	60,7	61,2	61,3	61,2	65,9	64,2	65,1	67,9	60,2	64,0
	NPK	60,2	58,8	59,5	58,4	59,1	58,7	63,2	67,1	65,1	60,5	61,4	60,9
Поверхностная ST	F0	54,8	57,2	56,0	57,9	57,4	57,6	62,9	65,2	64,1	64,5	64,2	64,4
	N	57,9	57,2	57,6	57,7	59,8	58,7	66,7	64,9	65,8	64,9	65,9	65,4
	S	61,0	60,7	60,8	58,7	58,7	58,7	63,4	61,9	62,6	62,8	65,7	64,2
	SN	60,0	62,4	61,2	59,6	53,5	56,6	66,1	62,0	64,0	66,8	65,3	66,1
	SNPK	63,7	58,6	61,2	58,5	57,8	58,2	66,0	64,6	65,3	65,7	64,5	65,1
	NPK	61,2	60,1	60,6	67,6	54,7	61,1	64,9	67,1	66,0	65,4	63,0	64,2
НСР ₀₅ для делянок I порядка		Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	4,6	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	4,6	Fф<F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		10,8	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅	10,8	Fф<F ₀₅	7,2	6,9	Fф<F ₀₅	4,4	6,9	5,6	4,4
НСР ₀₅ для делянок III порядка		7,4	Fф<F ₀₅	5,0	7,4	Fф<F ₀₅	5,0	8,8	7,5	5,8	8,8	Fф<F ₀₅	Fф<F ₀₅

Наиболее заметное положительное влияние систем обработки STL, SP, ST по фону SNPК с гербицидами (WG) отмечалось в посевах ячменя (2015) (рисунок 3.5).

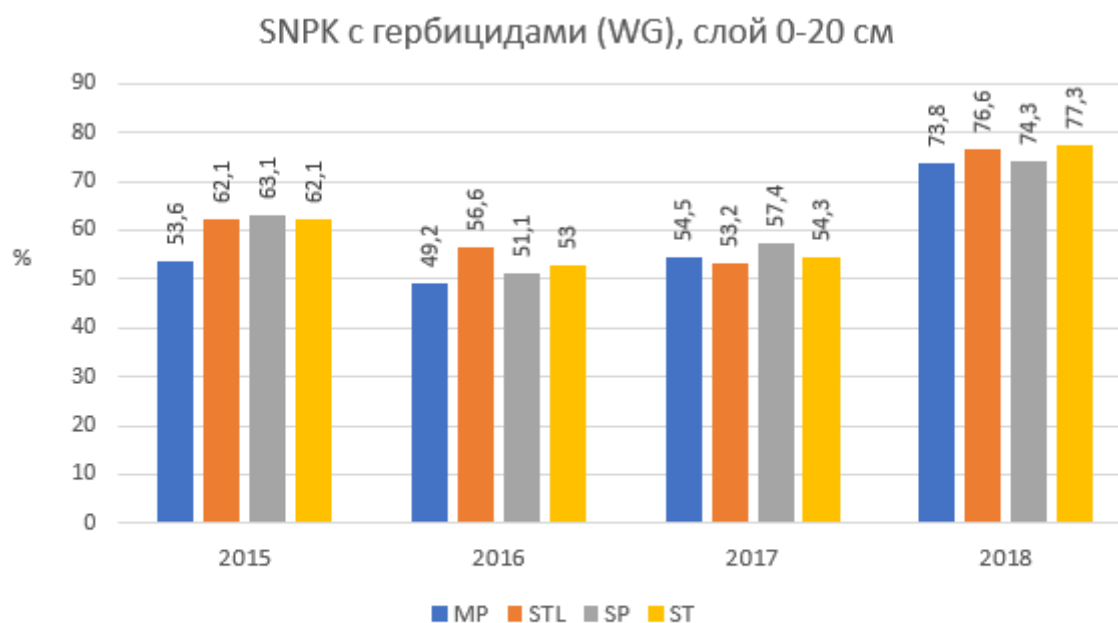


Рисунок 3.5 – Динамика водопрочности по годам исследования в зависимости от системы обработки

В посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) применение NPK на участках с отвальной обработкой (MP) по фону с гербицидами (WG) способствовало увеличению доли водопрочных макроагрегатов более 0,25 мм в пахотном слое почвы на 7,6 п.п. по сравнению с контролем (F0). Аналогичная тенденция наблюдалась и по остальным фоновым посевам.

Внесение NPK и SNPК по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) без гербицидов (G0) вело к существенному увеличению доли водоустойчивых макроагрегатов в слое 0-10 см на 11,1 и 11,7 п.п., соответственно. Данная тенденция была характерна для верхнего слоя почвы (0-10 см) и при внесении NPK и SNPК по системам безотвальной обработки (STL, ST) без гербицидов (G0).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) внесение соломы с азотными удобрениями (SN) по системе отвальной обработки (MP) без гербицидов (G0) способствовало существенному снижению водопрочности почвы на 12,7 п.п.

Применение удобрений (N, S, SN, SNPK, NPK) по поверхностной с рыхлением обработке (STL) по обеим системам защиты растений (G0, WG) способствовало увеличению водоустойчивости почвы при достоверных изменениях ($HCP_{05}=5,6$) на вариантах с внесением полной нормы минеральных удобрений (SNPK, NPK) с гербицидами (WG) в слое 10-20 см.

Внесение S, SNPK, NPK по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) без гербицидов (G0) способствовало увеличению водопрочности почвы на 4,4-5,2 п.п.

Действие и последствие гербицидов в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) проявлялось в увеличении водопрочности почвы верхнего слоя (0-10 см) на делянках отвальной (MP) и поверхностной (ST) обработки по фону NPK на 12,8 и 6,8 п.п. соответственно. А также на делянках поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностно-отвальной (SP) обработки по фону без удобрений (F0) на 4,7 и 8,9 п.п.

Последствие гербицидов в посевах однолетних трав (2016, 2018) на делянках с отвальной обработкой (MP) по фону использования соломы (S) сопровождалось снижением водопрочности почвы верхнего слоя на 10,1 п.п., а по фону соломы с азотными удобрениями (SN) – увеличением на 8,7 п.п.

Обобщенные результаты в среднем по факторам свидетельствуют, что изучаемые системы обработки почвы не оказали существенного влияния на содержание водоустойчивых макроагрегатов в почве пахотного слоя при возделывании яровых зерновых культур (2015, 2017) (таблица 3.4). Отмечалась лишь тенденция увеличения водопрочности почвы на 1,7-3,0 п.п. в пахотном слое при применении систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST).

Использование систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) в посевах однолетних трав (2016, 2018) способствовало достоверному увеличению доли водопрочных макроагрегатов на 2,1-2,7 п.п. в нижнем слое (10-

20 см) (таблица 3.4). Аналогичная тенденция наблюдалась и в верхнем слое почвы (0-10 см).

Таблица 3.4 – Водопрочность почвы в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг., %

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	Слой почвы, см					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	55,5	57,3	56,4	60,3	62,0	61,1
STL	59,0	59,9	59,4	64,3	64,7	64,5
SP	56,9	59,2	58,1	62,7	64,1	63,4
ST	59,9	58,2	59,0	65,0	64,5	64,8
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	1,3	F _ф <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	56,1	57,5	56,8	63,1	62,5	62,8
N	57,0	60,2	58,6	62,6	63,2	62,9
S	58,6	59,5	59,0	62,4	65,1	63,8
SN	57,5	57,9	57,7	62,3	63,5	62,9
SNPK	58,1	58,7	58,4	64,8	63,8	64,3
NPK	59,8	57,9	58,9	63,1	64,8	64,0
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	0,3	0,4	0,3
Фактор С. Система защиты растений						
G0	57,4	59,1	58,3	63,2	63,7	63,5
WG	58,3	58,2	58,2	62,9	63,9	63,4
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

В целом можно отметить, что системы ресурсосберегающей обработки способствовали увеличению количества водопрочных агрегатов на протяжении всего периода исследований (2015-2018) (рисунок 3.6).

Действие удобрений (S, SN, SNPK, NPK) в среднем по системам обработки и гербицидов в посевах яровых зерновых (2015, 2017) способствовало незначительному увеличению водопрочности почвы в слое 0-20 см на 0,9 – 2,2 п.п., что наиболее заметно было в посевах ячменя (2017).

Применение удобрений (S, SNPK, NPK) в посевах однолетних трав (2016, 2018) обуславливало достоверное (HCP₀₅=0,3) увеличение водопрочности почвы пахотного слоя (0-20 см) на 1-1,5 п.п. При этом внесение SNPK способствовала формированию наибольших значений для слоя 0-10 см.

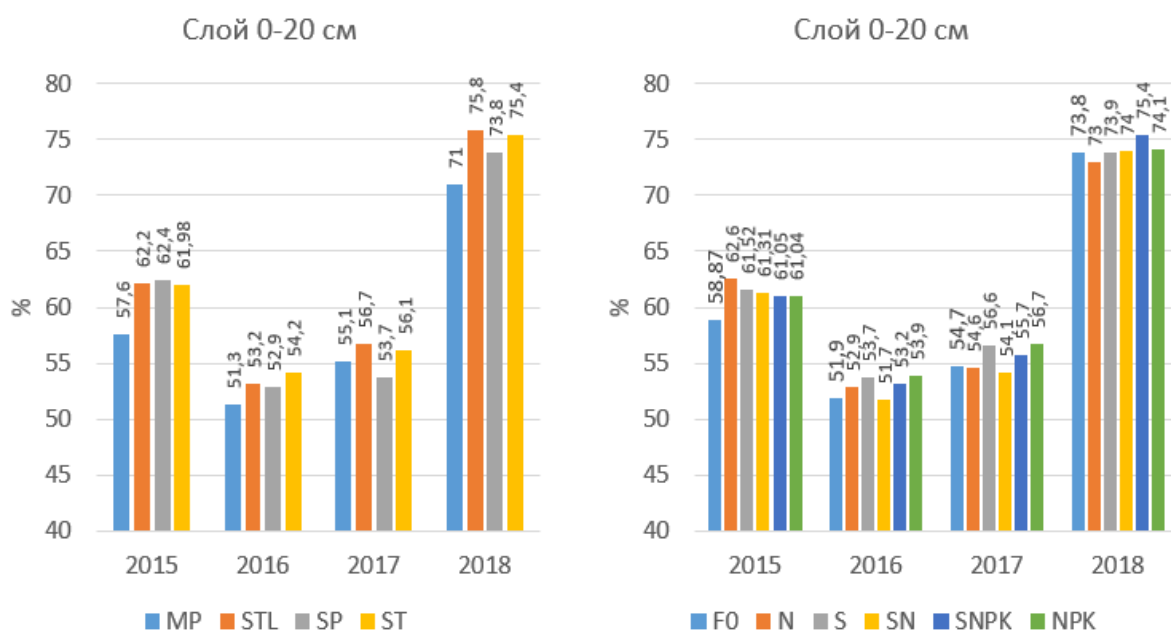


Рисунок 3.6 – Динамика водопрочности почвы в зависимости от системы обработки и удобрения (в среднем по факторам)

Системы защиты растений от сорняков не оказали существенного влияния на изменение водоустойчивости макроагрегатов почвы.

Таким образом, положительное влияние ресурсосберегающей обработки и удобрений на водопрочность макроагрегатов почвы прослеживалось в посевах однолетних трав (2016, 2018), т.е. на следующий год после заделки в почву растительных остатков и соломы яровых зерновых культур.

3.3 Динамика плотности почвы

Плотность сложения почвы за время исследований изменялась как по годам, так и в течение вегетации культурных растений. Наиболее высокие значения данного показателя, превышающие оптимальные (1,1-1,3 г/см³), наблюдались в посевах яровой пшеницы (2017) (рисунок 3.7).

Вместе с плотностью почвы определяли и её влажность. Проведенные исследования свидетельствуют о наличии обратной связи между влажностью и плотностью почвы (таблица 3.5). При этом в посевах яровых зерновых

(2015, 2017) связь была значима ($p < 0,05$) и характеризовалась как средняя отрицательная.

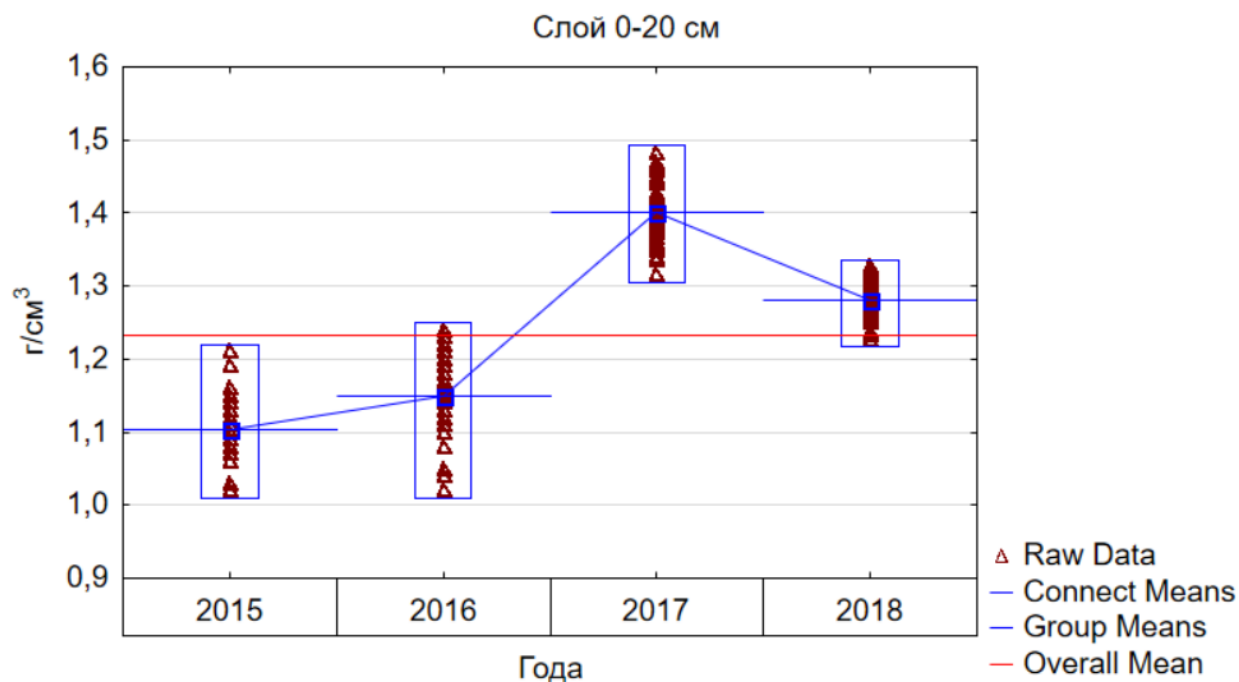


Рисунок 3.7 – Динамика плотности почвы в среднем по годам исследования

Таблица 3.5 – Связь влажности и плотности почвы

Культуры	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Ячмень, 2015 г.	$y = 1,4945 - 0,0138 * x$	-0,39*	0,1487	0,0068
Однолетние травы, 2016 г.	$y = 1,319 - 0,0086 * x$	-0,27	0,0704	0,0683
Яровая пшеница, 2017 г.	$y = 1,7802 - 0,016 * x$	-0,51*	0,2620	0,0002
Однолетние травы, 2018 г.	$y = 1,3892 - 0,0074 * x$	-0,26	0,0657	0,0786

Плотность и влажность почвы в среднем за весь период исследований (2015-2018) имели связь с другими изучаемыми показателями плодородия почвы (таблица 3.6). При этом показатели плотности сложения характеризовались отрицательной средней связью ($p < 0,05$) с содержанием в почве органического вещества, обменного калия и подвижного фосфора. Также можно отметить наличие средней отрицательной связи ($p < 0,05$) между плотностью и водопрочностью почвы в посевах однолетних трав (2016, 2018).

Таблица 3.6 – Корреляционные связи плотности и влажности почвы с изучаемыми показателями плодородия

Показатель	Среднее	Станд. откл.	Органическое вещество	Водопрочность	K ₂ O	P ₂ O ₅
В среднем за 2015-2018 гг.						
Плотность	1,28	0,03	-0,47*	-0,13	-0,47*	-0,51*
Влажность	14,64	0,96	0,41*	0,22	0,47*	0,60*
В среднем по яровым зерновым (2015, 2017)						
Плотность	1,25	0,03	-0,46*	-0,17	-0,44*	-0,24
Влажность	22,78	1,01	0,36*	0,35*	0,50*	0,26
В среднем по однолетним травам (2016, 2018)						
Плотность	1,22	0,03	-0,47*	-0,31*	-0,41*	-0,45*
Влажность	17,17	0,93	0,17	0,24	0,15	0,18

Примечание: * – значимы при $p < 0,05$

Влажность почвы в среднем за период исследований (2015-2018) характеризовалась средней положительной связью ($p < 0,05$) с содержанием органического вещества, обменного калия и подвижного фосфора. В посевах яровых зерновых (2015, 2017) наблюдалась средняя положительная корреляционная зависимость ($p < 0,05$) между влажностью и водопрочностью почвы.

Применение поверхностной обработки (ST) по фону внесения азотных удобрений (N) и соломы (S) без гербицидов (G0) способствовало существенному снижению плотности почвы нижнего слоя в посевах яровых зерновых (2015, 2017) на 0,08 и 0,12 г/см³ (5,97 и 8,96%), по сравнению с отвальной обработкой (таблица 3.7). Аналогичная динамика в нижнем слое наблюдалась и при применении поверхностной с рыхлением обработки (STL) по фону использования соломы (S) без гербицидов (G0).

Применение безотвальных обработок (STL, ST) по фону N с гербицидами (WG) обуславливало достоверное снижение плотности в слое 10-20 см на 0,08 и 0,11 г/см³ (3,82 и 8,40%).

Проведение ежегодной поверхностной (ST) обработки по SN с гербицидами (WG) способствовало снижению плотности почвы в слое 10-20 см на 0,17 г/см³ (12,78%).

Применение комбинированной поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPК с гербицидами (WG) вело к снижению плотности нижнего слоя пахотного горизонта на 0,11 г/см³.

Таблица 3.7 – Плотность почвы в среднем по группам культур, г/см³

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		без гербицидов G0			с гербицидами WG			без гербицидов G0			с гербицидами WG		
обработка	удобрение	слой почвы											
		0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Отвальная MP	F0	1,29	1,24	1,27	1,26	1,29	1,28	1,22	1,26	1,24	1,25	1,27	1,26
	N	1,32	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,26	1,21	1,23	1,23	1,24	1,24
	S	1,30	1,31	1,30	1,24	1,25	1,24	1,24	1,20	1,22	1,25	1,29	1,27
	SN	1,22	1,25	1,23	1,28	1,33	1,31	1,22	1,25	1,24	1,26	1,22	1,24
	SNPK	1,20	1,26	1,23	1,25	1,30	1,28	1,19	1,20	1,20	1,20	1,16	1,19
	NPK	1,28	1,22	1,25	1,26	1,24	1,26	1,23	1,24	1,24	1,17	1,25	1,21
Поверхностная с рыхлением STL	F0	1,26	1,26	1,26	1,28	1,27	1,27	1,21	1,25	1,23	1,25	1,19	1,22
	N	1,27	1,29	1,28	1,28	1,23	1,26	1,18	1,18	1,18	1,24	1,22	1,23
	S	1,22	1,18	1,20	1,26	1,27	1,27	1,17	1,19	1,18	1,21	1,17	1,19
	SN	1,25	1,23	1,24	1,24	1,27	1,26	1,22	1,19	1,20	1,16	1,15	1,16
	SNPK	1,22	1,27	1,25	1,25	1,29	1,27	1,19	1,17	1,18	1,19	1,18	1,19
	NPK	1,21	1,24	1,22	1,20	1,28	1,24	1,14	1,15	1,15	1,14	1,21	1,18
Поверхностно- отвальная SP	F0	1,23	1,31	1,27	1,29	1,33	1,31	1,22	1,19	1,21	1,24	1,23	1,24
	N	1,20	1,25	1,22	1,25	1,26	1,26	1,23	1,18	1,21	1,21	1,24	1,23
	S	1,19	1,26	1,23	1,25	1,24	1,25	1,17	1,22	1,20	1,23	1,21	1,22
	SN	1,28	1,25	1,27	1,24	1,26	1,25	1,20	1,26	1,23	1,18	1,22	1,20
	SNPK	1,24	1,25	1,24	1,25	1,19	1,22	1,19	1,20	1,20	1,20	1,18	1,19
	NPK	1,25	1,19	1,22	1,22	1,26	1,24	1,25	1,24	1,25	1,22	1,18	1,20
Поверхностная ST	F0	1,20	1,21	1,21	1,29	1,25	1,27	1,23	1,25	1,24	1,25	1,21	1,23
	N	1,29	1,26	1,28	1,29	1,20	1,25	1,24	1,25	1,25	1,25	1,27	1,26
	S	1,25	1,22	1,23	1,20	1,22	1,21	1,22	1,23	1,23	1,25	1,22	1,24
	SN	1,24	1,20	1,22	1,28	1,16	1,22	1,23	1,24	1,24	1,21	1,20	1,21
	SNPK	1,22	1,22	1,22	1,25	1,24	1,24	1,22	1,20	1,21	1,19	1,21	1,20
	NPK	1,29	1,22	1,26	1,20	1,21	1,20	1,26	1,19	1,23	1,21	1,16	1,18
НСР ₀₅ для делянок I порядка		F _φ <F ₀₅	0,08	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	0,08	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		F _φ <F ₀₅	0,09	0,06	F _φ <F ₀₅	0,09	0,06	0,07	0,09	0,08	0,07	0,09	0,08
НСР ₀₅ для делянок III порядка		F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅

В посевах однолетних трав (2016, 2018) изучаемые системы обработки почвы не оказали влияние ($F_{\phi} < F_{05}$) на плотность почвы пахотного слоя (таблица 3.7). Наблюдалось лишь незначительное снижение плотности почвы пахотного слоя на $0,09 \text{ г/см}^3$ (7,26%) при проведении поверхностной с рыхлением обработки (STL) по фону NPK без гербицидов (G0).

Внесение азотных удобрений (N) по системе отвальной (MP) и поверхностной (ST) обработки без гербицидов (G0) способствовало увеличению плотности почвы пахотного слоя в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на $0,06$ и $0,07 \text{ г/см}^3$ (4,72 и 5,79%), соответственно.

Действие соломы (S) на поверхностной с рыхлением обработке (STL) без гербицидов (G0) проявлялось в снижении плотности сложения почвы (0-20 см) в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на $0,06 \text{ г/см}^3$ (4,76%).

Применение удобрений по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) с гербицидами (WG) вело к снижению плотности пахотного слоя на $0,05-0,09 \text{ г/см}^3$ (3,82-6,87%). Особенно это было заметно по фону SNPК с гербицидами (WG), где снижение плотности почвы в нижнем слое составило $0,14 \text{ г/см}^3$.

Применение азотных (N) и полных минеральных удобрений (NPK) по системе поверхностной обработки (ST) с гербицидами (WG) обуславливало снижение объёмной массы почвы на $0,06$ и $0,07 \text{ г/см}^3$ (4,72 и 5,51%) соответственно.

В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение NPK на делянках поверхностной с рыхлением обработки (STL) без гербицидов (G0) способствовало снижению плотности сложения пахотного слоя (0-20 см) на $0,08 \text{ г/см}^3$ (6,50%). Аналогичная динамика наблюдалась при внесении соломы с азотом (SN) и полной нормы минеральных удобрений (NPK) по системе по поверхностной с рыхлением обработки (STL) с гербицидами (WG) в слое 0-10 см.

Внесение SNPК на делянках с отвальной обработкой (MP) по фону с гербицидами (WG) способствовало снижению её объёмной массы почвы в

слое 10-20 см на 0,09 г/см³ (8,66%). Аналогичная динамика наблюдалась и при внесении NPK по системе отвальной обработки (MP) с гербицидами (WG), где наблюдалось снижение плотности почвы верхнего слоя на 0,08 г/см³ (6,4%).

Изучаемые системы защиты растений от сорняков не оказали влияния на изменение плотности сложения почвы ($F_{\phi} < F_{05}$) в течение всего периода исследований (2015-2018).

В среднем по изучаемым факторам применение систем ресурсосберегающей обработки и почвы (STL, SP, ST) способствовало снижению плотности почвы как в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017), так и однолетних трав (2016, 2018) (таблица 3.8; рисунок 3.8). При этом достоверные снижение плотности нижнего слоя почвы (10-20 см) на 0,02-0,06 г/см³ (1,56 – 4,68%) наблюдались в посевах яровых зерновых (2015, 2017). Данная динамика в основном проявлялась в посевах ячменя (2015) (рисунок 3.8).

В целом в течение периода исследований (2015-2018) ресурсосберегающие обработки, и, особенно, в посевах яровых зерновых (2015, 2017) способствовали увеличению влажности почвы (рисунок 3.8), что вело к снижению плотности (таблица 3.8).

Следует отметить тот факт, что в посевах яровой пшеницы (2017) значения плотности почвы пахотного слоя (0-20 см) выходили за пределы оптимальных и находились в пределах 1,22-1,60 г/см³ (1 учет – начало вегетации), 1,11-1,53 г/см³ (2 учет – середина вегетации) и 1,32-1,48 г/см³ (3 учет – конец вегетации) (рисунок 3.9). Это связано с недостатком количества осадков в мае и августе, т.е. в начале и конце вегетации культуры, что вело к уменьшению влажности и увеличению плотности почвы. В 2017 году связь между данными показателями была наибольшей за весь период исследований ($y = 1,7802 - 0,016 * x$; $r = - 0,51$; $p < 0,05$).

Таблица 3.8 – Плотность почвы в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг., г/см³

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	СЛОЙ ПОЧВЫ, СМ					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	1,27	1,28	1,27	1,23	1,23	1,23
STL	1,24	1,26*	1,25	1,19	1,19	1,19
SP	1,24	1,25*	1,25	1,21	1,21	1,21
ST	1,25	1,22*	1,23	1,23	1,22	1,23
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	0,02	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	1,26	1,27	1,27	1,23	1,23	1,23
N	1,28	1,27	1,27	1,23	1,22	1,23
S	1,24	1,25	1,24	1,22	1,22	1,22
SN	1,25	1,25	1,25	1,21	1,22	1,21
SNPK	1,23	1,25	1,24	1,20	1,19	1,19
NPK	1,24	1,23	1,24	1,20	1,20	1,20
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	0,02	0,03	F _φ <F ₀₅	0,03
Фактор С. Система защиты растений						
G0	1,25	1,25	1,25	1,21	1,21	1,21
WG	1,26	1,26	1,26	1,22	1,21	1,22
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅

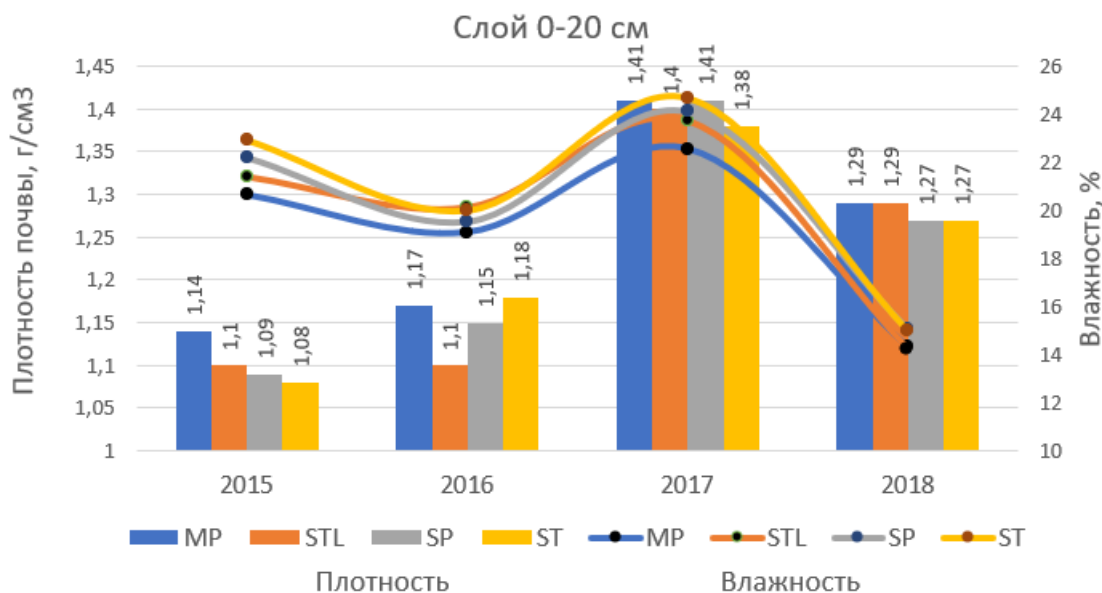


Рисунок 3.8 – Динамика плотности и влажность почвы в зависимости от системы обработки (в среднем по факторам)

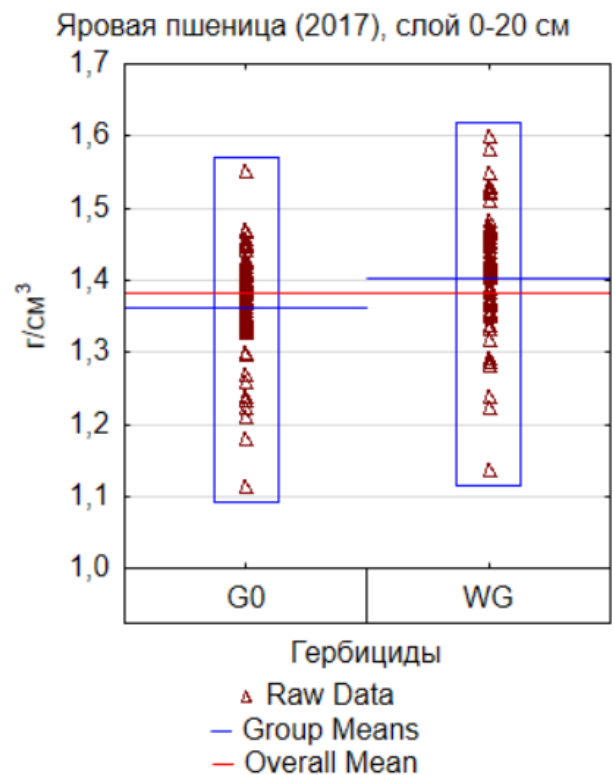
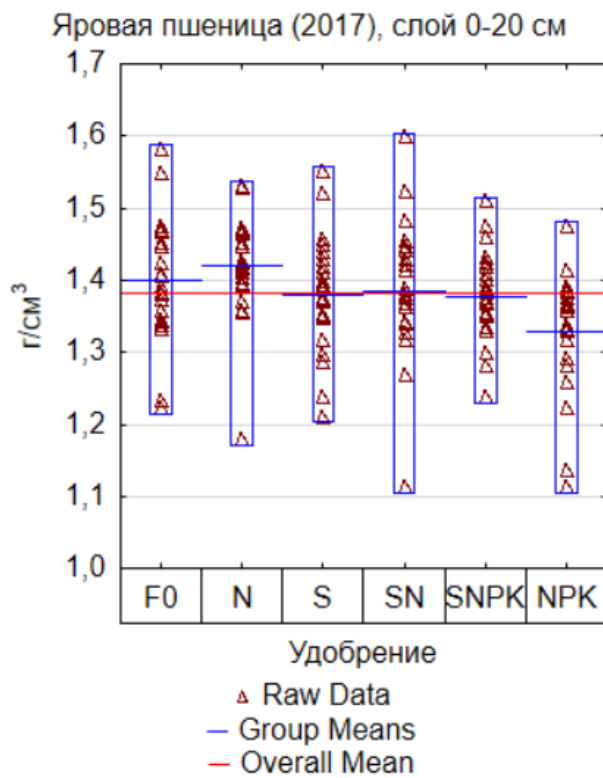
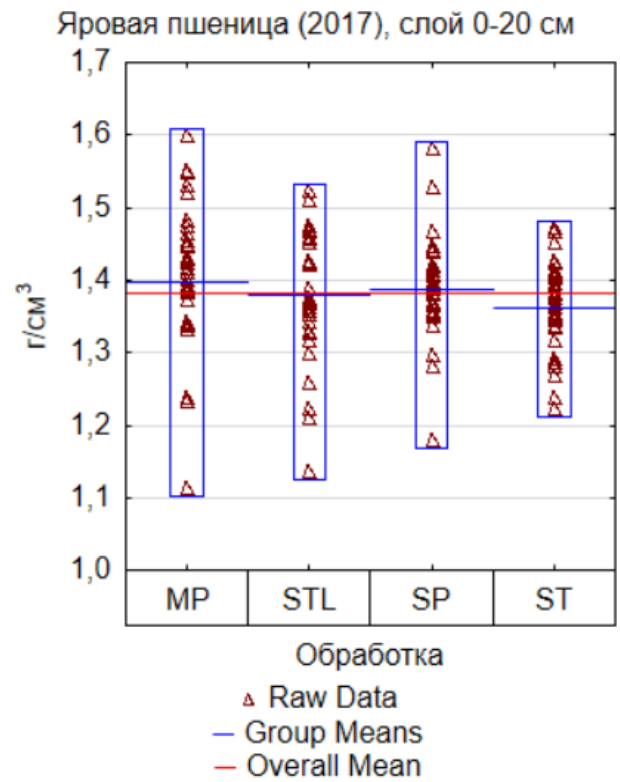
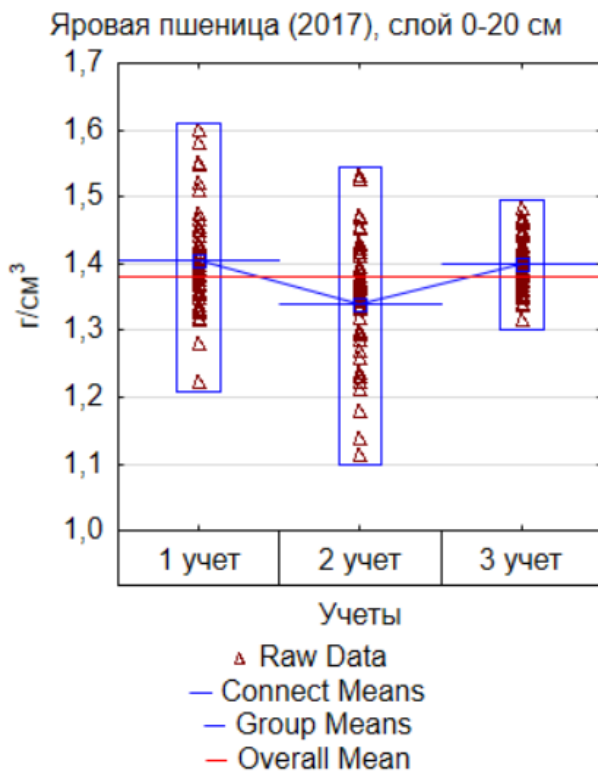


Рисунок 3.9 – Изменение плотности почвы в посевах яровой пшеницы (в среднем по учетам и в среднем по факторам)

Применение системы поверхностной обработки (ST) обеспечивало лучшие условия накопления и сохранения влаги в почве по сравнению с системами отвальной (MP), поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностно-отвальной (SP) обработки, под которые с осени 2016 г. проводились вспашка и рыхление.

Действие удобрений в среднем по факторам способствовало снижению объёмной массы почвы. В посевах яровых зерновых (2015, 2017) внесение S, SN, SNPK, NPK обусловило достоверное уменьшение плотности на 0,02-0,03 г/см³ (1,57-2,36%) по сравнению с контролем (F0) (таблица 3.8). В посевах однолетних трав (2016, 2018) существенное снижение плотности на 0,03-0,04 г/см³ (2,43-3,25%) наблюдалось при применении полных минеральных удобрений (SNPK, NPK).

Положительное действие полной нормы минеральных удобрений (SNPK, NPK) на увеличение влажности почвы наблюдалось в посевах яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018) (рисунок 3.10). В данном случае минеральные удобрения обуславливали лучшее развитие культурных растений и формированию ими биомассы, что способствовало меньшему испарению воды с поверхности почвы в августе при возделывании яровой пшеницы (2017). Аналогичная тенденция наблюдалась и в посевах однолетних трав (2018) на фоне общего недобора осадков за вегетационный период.

Изучаемые системы защиты растений в среднем по графам культур и в среднем по системам обработки и удобрений не оказали существенного влияния на плотность и влажность почвы пахотного слоя (таблица 3.8; рисунок 3.11).

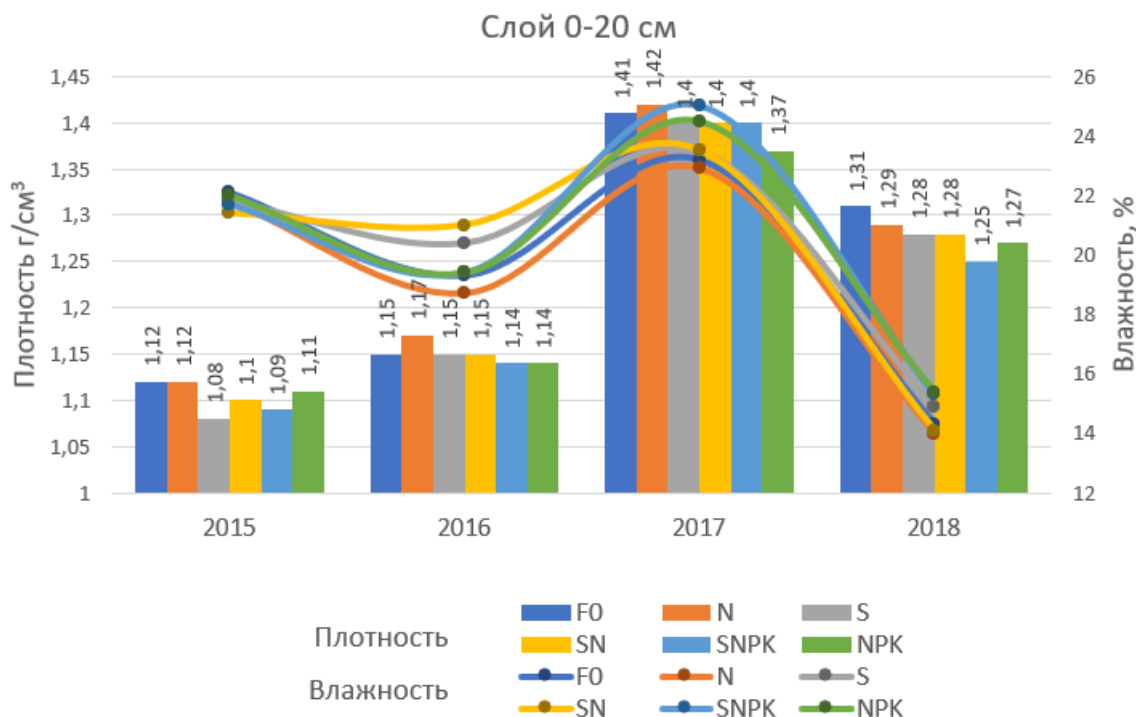


Рисунок 3.10 – Динамика плотности и влажности почвы в зависимости от системы удобрения (в среднем по факторам)

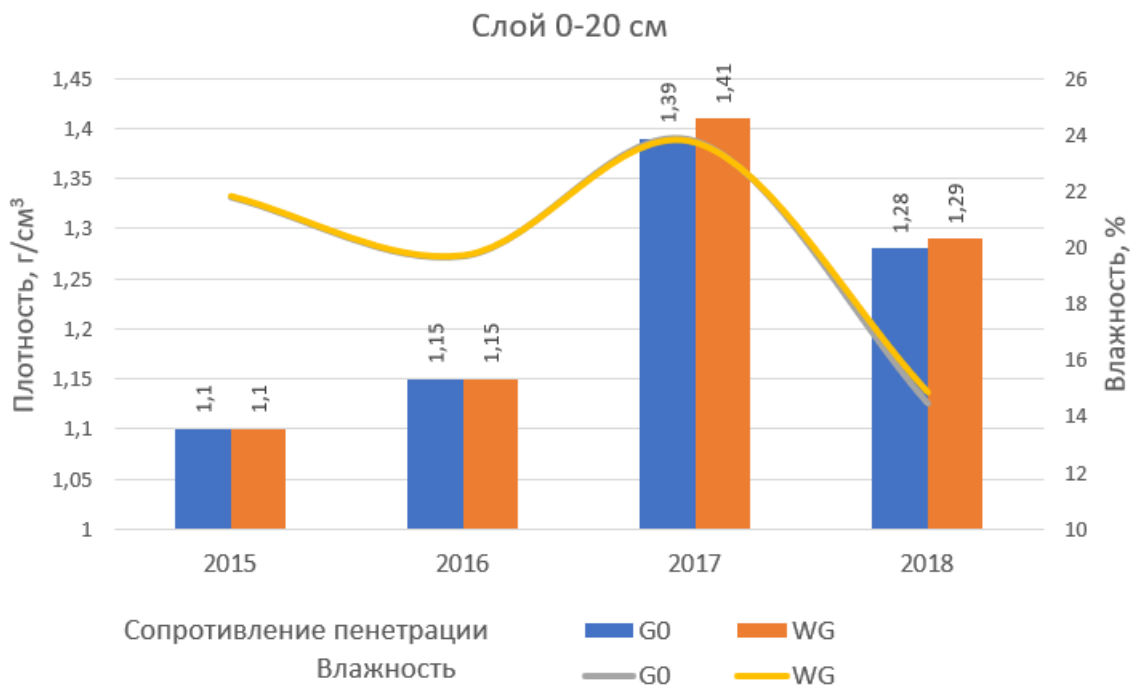


Рисунок 3.11 – Динамика плотности и влажности почвы в зависимости от системы защиты растений от сорняков (в среднем по факторам)

3.4 Динамика сопротивления пенетрации (твёрдости) почвы

Сопротивление пенетрации (твёрдость) почвы является важным физико-механическим свойством почвы и в отличие от плотности сложения, являющейся весовой, массовой характеристикой почвы, сопротивление пенетрации почвы - силовая, прочностная характеристика [107]. Сопротивление пенетрации почвы определяет, возможность и скорость роста корневой системы, а также с какими метаболическими затратами корни могут достичь водоносных слоев почвы [284; 254].

Динамика сопротивления пенетрации в значительной степени зависела от количества выпадающих осадков в течение вегетации культурных растений и, соответственно, влажности почвы (рисунок 3.12). Так, в посевах однолетних трав (2018) за май, июнь и июль соответственно выпало лишь 47, 38 и 73% осадков от нормы, что привело к резкому увеличению твёрдости почвы.

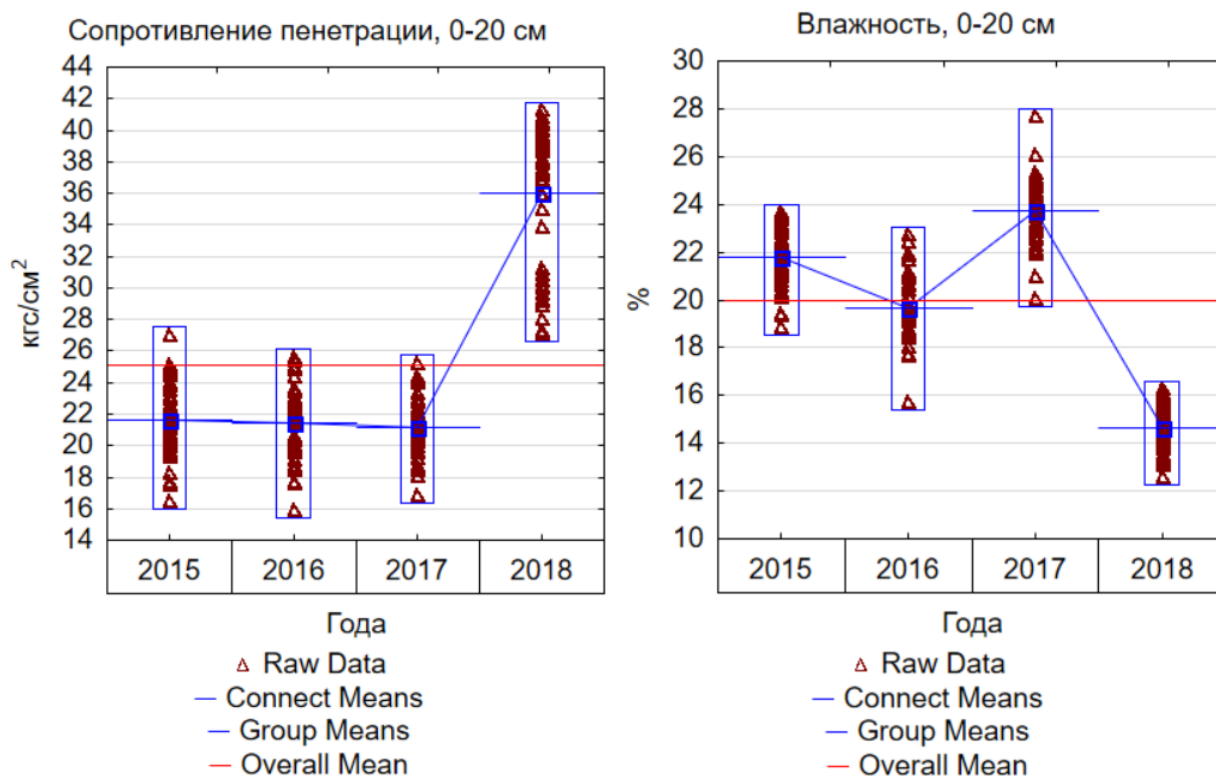


Рисунок 3.12 – Динамика сопротивления пенетрации и влажности почвы по годам исследования (в среднем по слою 0-20 см)

Во многих исследованиях указывается на связь между сопротивлением пенетрации и влажностью почвы, которая часто описывается экспоненциальной моделью [379, 297, 365]. Наши исследования свидетельствуют о наличии тесной связи между данными показателями, которая более адекватно описывается уравнением полинома ($y = 0,1839x^2 - 8,5433x + 119,96$; $r^2 = 0,7106$) (рисунок 3.13).

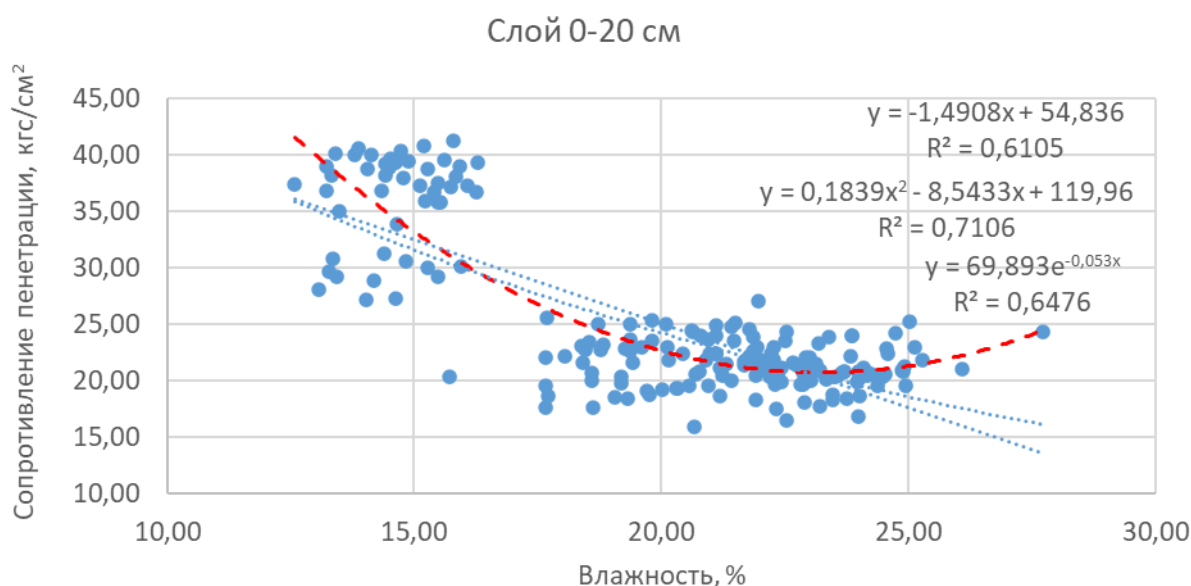


Рисунок 3.13 – Связь между влажностью и сопротивлением пенетрации

Увеличение сопротивления пенетрации при снижении влажности связано с уменьшением пластичности, что увеличивает трение между штоком твердомера и почвой. Кроме того, более высокая влажность способствует перегруппировке частиц почвы при сжатии и, таким образом, также облегчает проникновение штока твердомера и корней растений.

Твердость и влажность почвы в среднем за весь период исследований (2015-2018) имели связь с другими изучаемыми показателями плодородия почвы (таблица 3.9).

Установлена также обратная средняя связь сопротивления пенетрации с содержанием в почве органического вещества ($r = -0,35$, $p < 0,01$), прямая средняя с pH_{KCl} ($r = 0,57$, $p < 0,01$) и содержанием подвижного фосфора ($r = 0,33$, $p < 0,01$) (таблица 3.9).

Таблица 3.9 – Корреляционные связи сопротивления пенетрации почвы с изучаемыми показателями плодородия за период исследования с 2015 по 2018 гг.

Показатель	Среднее	Стандартное отклонение	Коэффициент корреляции с сопротивлением пенетрации
Органическое вещество	2,72	0,34	-0,35*
pH _{KCl}	5,62	0,12	0,57*
K ₂ O	80,2	24,6	0,20*
P ₂ O ₅	153,6	37,0	0,33*
Плотность	1,23	0,12	0,18*
Влажность	25,1	6,9	-0,78*

Примечание: * – значимы при $p < 0,05$

Динамика сопротивления пенетрации и влажности почвы наблюдалась не только по годам, но и по учетам (рисунок 3.14). Так в посевах яровой пшеницы (2017) наиболее высокие значения твёрдости почвы наблюдались в начале вегетации культуры. В середине вегетации произошло снижение, а в конце – увеличение значений сопротивления пенетрации, что связано с динамикой осадков.

В 2018 году размах варьирования сопротивления пенетрации почвы в зависимости от изучаемых вариантов увеличился к концу вегетации вико-овсяной смеси (2018) при общем снижении влажности почвы пахотного слоя (рисунок 3.14).

Изучаемые системы обработки почвы по-разному влияли на изменение твёрдости почвы в течение периода исследований (рисунок 3.15). При этом в посевах ячменя (2015) и яровой пшеницы (2017) системы ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP, ST) способствовали некоторому снижению твёрдости пахотного слоя (0-20 см) на 0,63-3,03 кгс/см² (2,77 - 12,95%). Тогда как применение систем ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP, ST) в посевах однолетних трав обуславливало увеличение значений изучаемого показателя на 2,88-10,15 кгс/см² (15,52 – 34,63%).

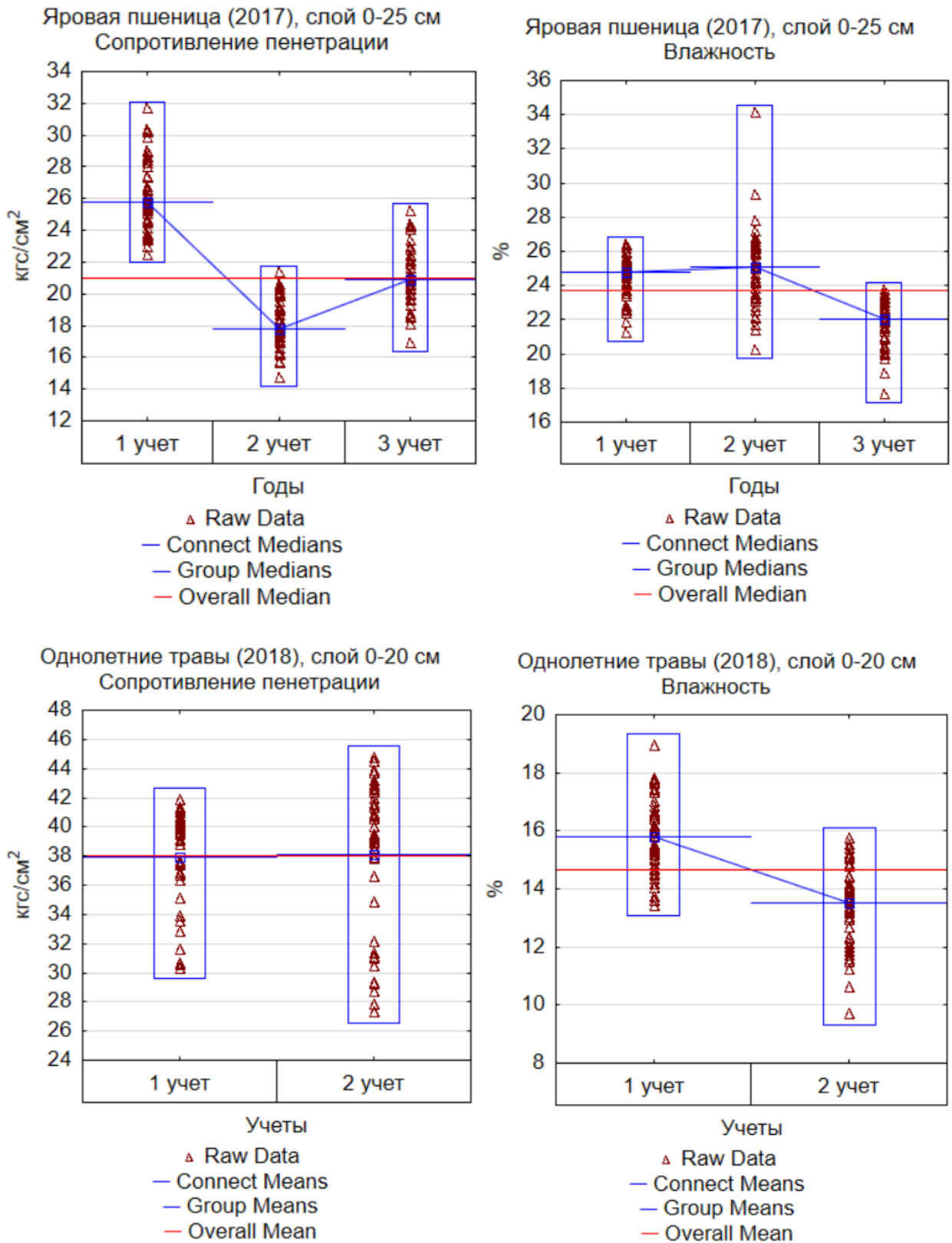


Рисунок 3.14 – Динамика сопротивление пенетрации и влажности почвы в посевах однолетних трав (2017) и яровой пшеницы (2018)

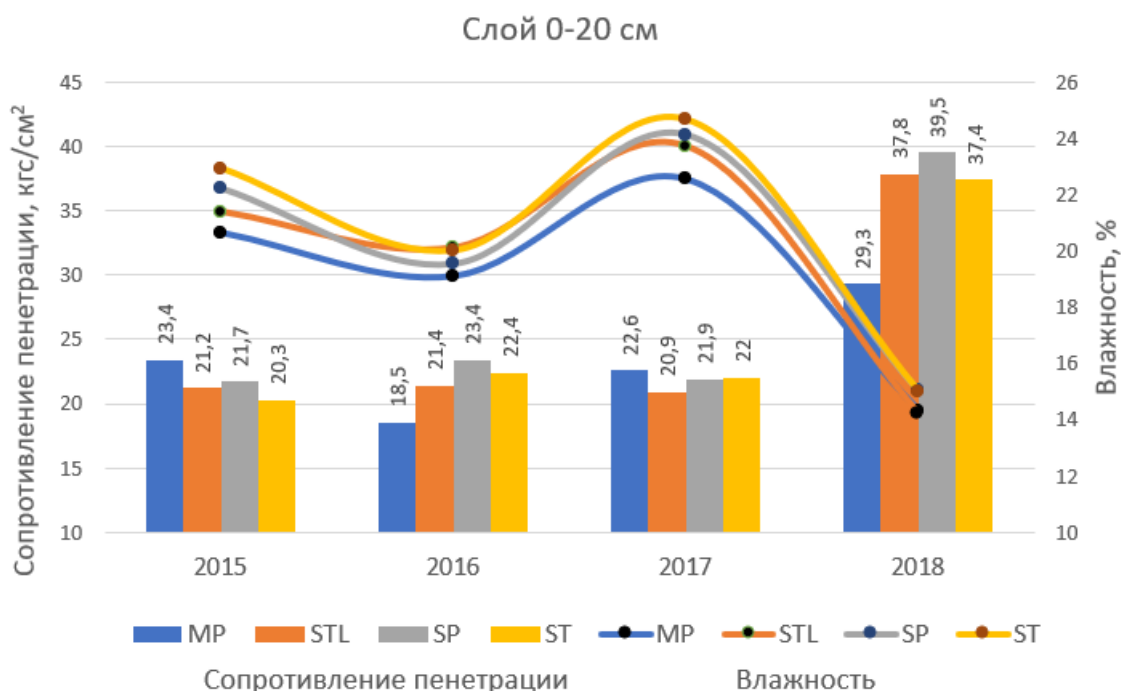


Рисунок 3.15 – Динамика сопротивления пенетрации и влажности почвы в зависимости от системы обработки (в среднем за вегетацию культур 2015-2018 гг.)

Следует отметить тот факт, что на протяжении всего периода исследований системы с ресурсосберегающей обработкой (STL, SP, ST) способствовали увеличению влажности почвы, что особенно было заметно в посевах ячменя (2015) и яровой пшеницы (2017). При этом наименее интенсивная поверхностная обработка (ST) характеризовалась наибольшей влажностью почвы 24,66%.

Сопротивления пенетрации почвы увеличивалось по мере увеличения глубины (рисунок 3.16). При этом в посевах яровых зерновых (2015, 2017) действие систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) в наибольшей степени обуславливало снижение твердости на глубине 5, 10 и 15 см на 0,4-3,4 кгс/см² (1,54-16,04%) соответственно.

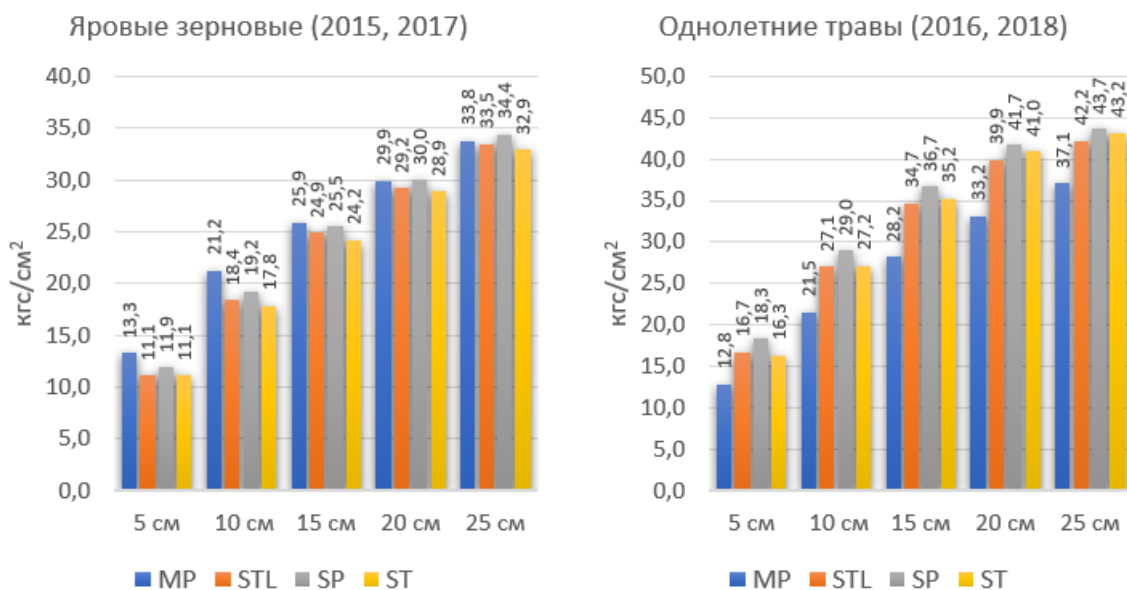


Рисунок 3.16 – Изменение сопротивления пенетрации почвы под действием систем обработки (в среднем по группам культур и по факторам)

В посевах однолетних трав (2016, 2018) наблюдается тенденция увеличения твердости почвы при применении ресурсосберегающей (STL, SP, ST) обработки почвы по сравнению с отвальной (MP). При этом максимальные значения отмечаются на поверхностно-отвальной системе обработки (SP) 18,3-43,7 кгс/см² по всем слоям 5-25 см, соответственно. Увеличение значений твердости почвы относительно отвальной обработки (MP) составило 5,5-8,5 кгс/см². Стоит отметить, что с увеличением глубины наблюдалось уменьшение разницы в значениях по системам отвальной (MP) и поверхностно-отвальной (SP) обработки.

Применяемые системы удобрений оказали неоднозначное влияние на сопротивление пенетрации почвы (рисунок 3.17).

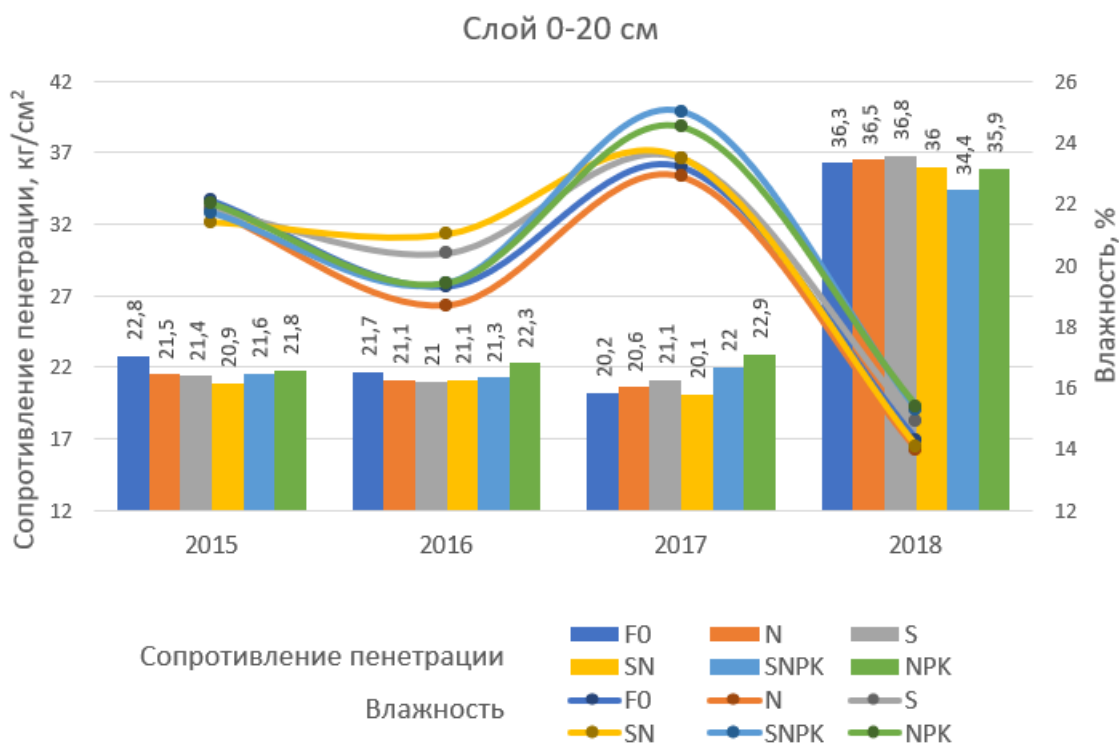


Рисунок 3.17 – Динамика сопротивления пенетрации и влажности почвы в зависимости от системы удобрения (в среднем за вегетацию культур 2015-2018 гг.)

Так в посевах ячменя (2015) все применяемые системы удобрений (N, S, SN, SNPK, NPK) способствовали снижению сопротивления пенетрации на 1,0-1,9 кгс/см² (4,39-8,33%), соответственно.

При возделывании однолетних трав (2016) сохраняется аналогичная тенденция. Исключение составил лишь фон NPK, на котором отмечалось незначительное увеличение сопротивления пенетрации относительно вариантов без удобрений (F0) на 0,6 кгс/см² (2,76%).

В посевах яровой пшеницы (2017) внесение соломы с азотом (SN) способствовало незначительному снижению твердости почвы по сравнению с фоном F0 на 0,10 кгс/см² (0,50%), на прочих вариантах, напротив, отмечено увеличение данного показателя. Применение NPK и SNPK обуславливало увеличение изучаемого показателя на 1,8 кгс/см² (8,91%) и 2,7 кгс/см² (13,37%) при наибольших значениях влажности почвы 25% и 24,5% соответственно.

В течение вегетации однолетних трав (2018) на фоне общего недобора осадков и снижения влажности почвы, системы с применением полной нормы минеральных удобрений (SNPK, NPK) в условиях засушливого лета, способствовали увеличению влажности и снижению сопротивления пенетрации почвы.

Применение удобрений (N, S, SN, SNPK, NPK) в посевах яровых зерновых (2015, 2017) в среднем по факторам и по группам культур способствовало снижению сопротивления пенетрации в подпахотном слое почвы на глубине 25 см на 0,7-2,4 кгс/см² (2,05-7,38%) (рисунок 3.18).

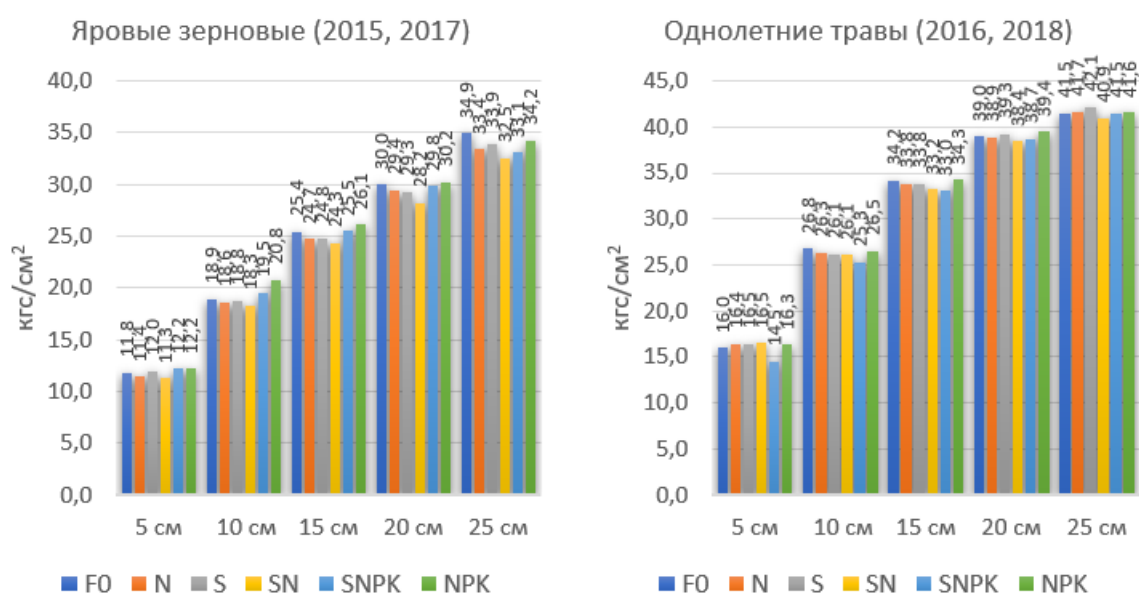


Рисунок 3.18 – Изменение сопротивления пенетрации почвы под действием систем удобрения (в среднем по группам культур и по факторам)

Применение SNPK, NPK обуславливало увеличение твердости почвы на глубине 10 см на 0,6-1,9 кгс/см² (3,17-10,05%).

Менее интенсивные фоны питания (N, S, SN) вели к незначительному снижению значений изучаемого показателя на глубине 15 и 20 см на 0,6-1,1 кгс/см² (2,36-4,52%) и 0,6-1,3 кгс/см² (2,04-4,53%) соответственно.

В посевах однолетних трав (2016, 2018) совместное внесение соломы с NPK (SNPK) способствовало снижению пенетрации почвы по всем слоям.

Внесение N, S и SN обуславливало снижение твердости почвы на глубине 10 и 15 см на 0,5-0,7 (1,90-2,68%) и 0,4-1,0 кгс/см² (1,18-3,01%) соответственно.

Применение гербицида Линтур в посевах ячменя (2015) способствовало снижению сопротивления пенетрации почвы на 1,3 кгс/см² (5,83%) (рисунок 3.19).

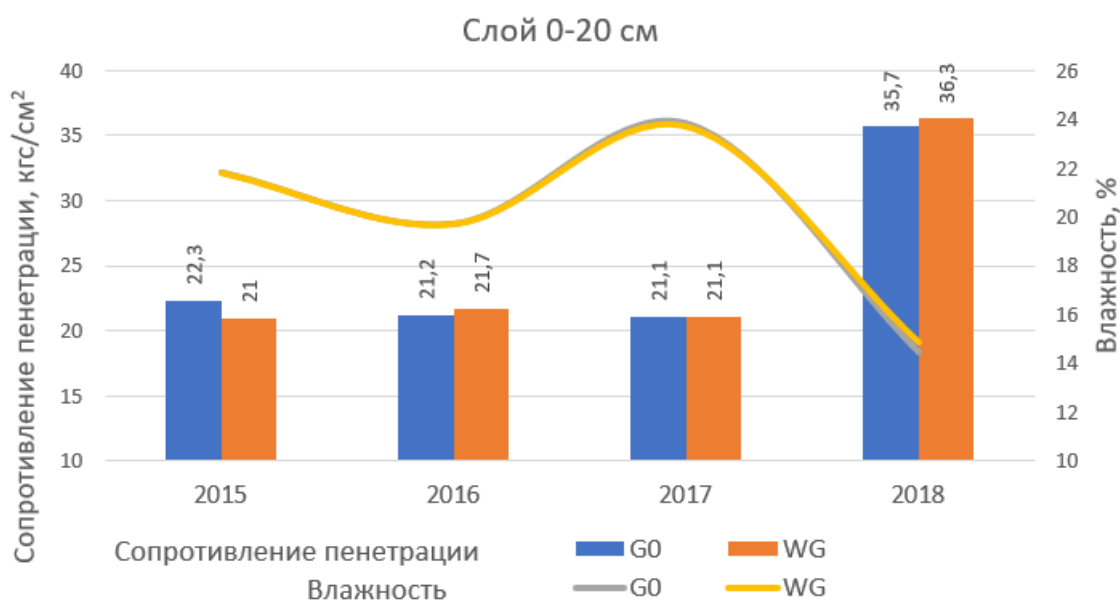


Рисунок 3.19 – Динамика сопротивления пенетрации и влажности почвы в зависимости от системы удобрения (в среднем за вегетацию культур 2015-2018 гг.)

Последствие гербицидов в посевах однолетних трав (2016) и яровой пшеницы (2017) незначительно влияло на динамику сопротивления пенетрации почвы. В посевах однолетних трав (2018) отмечалось незначительное увеличение значений изучаемого показателя на 0,6 кгс/см².

Действие гербицидов в среднем по факторам и по группам вело к незначительному снижению сопротивления проникновения штока пенетрометра в почву в посевах яровых зерновых (2015, 2017) по всем изучаемым глубинам пахотного и подпахотного слоёв на 0,3-0,9 кгс/см² (2,06-3,59%) (рисунок 3.20).

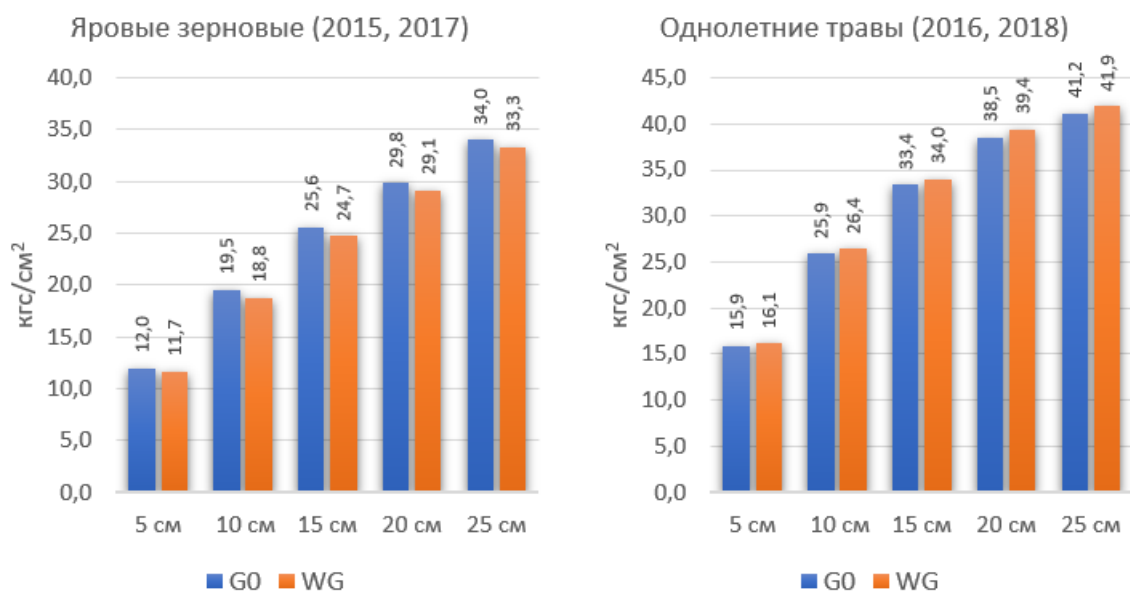


Рисунок 3.20 – Изменение сопротивления пенетрации почвы под действием систем защиты растений от сорняков

В посевах однолетних трав (2016, 2018) на фоне последствия гербицидов отмечалось незначительное увеличение сопротивление пенетрации почвы на 0,2-0,9 кгс/см² (1,26-2,34%).

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

4.1 Динамика содержания органического вещества в почве

Исследования содержания органического вещества в почве пахотного слоя свидетельствуют о разнонаправленной динамике изучаемого показателя в зависимости от выращиваемой культуры (рисунок 4.1).

Так, в посевах яровых зерновых культур (2015 – ячмень и 2017 – яровая пшеница) динамика варьирования содержания органического вещества по изучаемым вариантам была меньшей, чем в посевах однолетних трав (2016 и 2018). Это связано с количеством и последующей трансформацией поступающих растительных остатков в почву, т.к. после зерновых культур под однолетние травы на отдельных вариантах заделывалась солома в количестве 3 т/га.

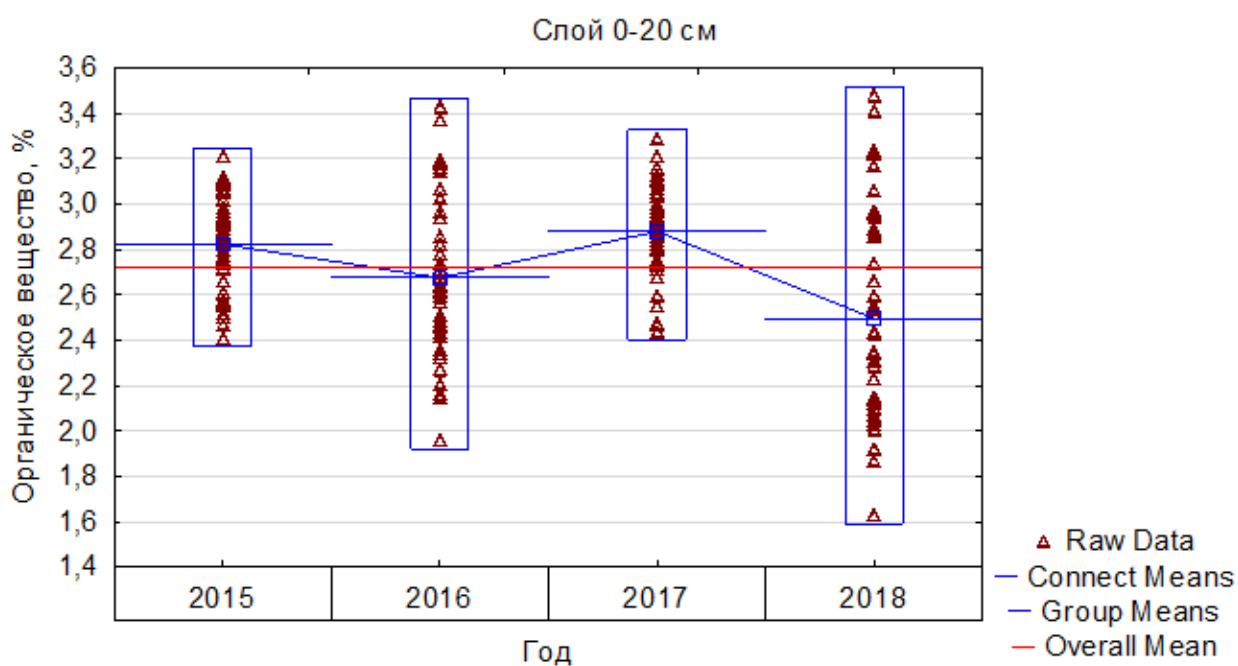


Рисунок 4.1 Динамика органического вещества

Результаты исследования свидетельствуют, что системы основной обработки не существенно влияли на изменение содержания органического вещества в почве пахотного слоя (таблица 4.1). При этом следует отметить, что применение систем поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) обработок по фону SNPК с гербицидами (WG) в посевах однолетних трав (2016, 2018) обуславливало увеличение содержания органического вещества на 0,11 и на 0,13 п.п. соответственно. Аналогичная динамика наблюдалась и в посевах яровых зерновых (2015, 2017), где применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) по фону SNPК с гербицидами (WG) обеспечивало увеличение значений изучаемого показателя на 0,05-0,15 п.п.

Действие изучаемых удобрений по-разному влияло на динамику органического вещества почвы в зависимости от групп возделываемых культур.

Внесение удобрений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) вело к увеличению содержания органического вещества по всем изучаемым системам обработки и защиты растений. При этом достоверное увеличение наблюдалось на вариантах с применением NPK и SNPК.

Следует также отметить перераспределение содержания органического вещества по слоям пахотного горизонта. Так на отвальной обработке (MP) внесение SNPК и NPK по безгербицидному фону (G0) обусловило формирование больших значений изучаемого показателя в нижнем слое (10-20 см), тогда как на менее интенсивных фонах питания наблюдалась обратная динамика, что вероятно объясняется большим поступлением органического вещества и лучшей его трансформации на глубине 10-20 см.

Внесение же удобрений по ежегодной поверхностной обработке (ST) без гербицидов (G0) сопровождалось большим накоплением органического вещества в верхнем слое (0-10 см) по сравнению с нижним (10-20 см). При этом разница между слоями при внесении SNPК и NPK составила 0,41 и 0,38 п.п. соответственно.

Таблица 4.1 – Содержание органического вещества почвы в среднем по группам культур, %

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		G0			WG			G0			WG		
обработка	удобрение	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
MP отвальная	F0	2,48	2,44	2,46	2,32	2,58	2,45	2,41	2,21	2,31	2,77	2,58	2,67
	N	2,60	2,56	2,58	2,59	2,66	2,63	2,09	2,23	2,16	2,15	2,45	2,30
	S	2,80	2,71	2,75	2,58	2,67	2,62	1,99	2,26	2,12	2,23	1,82	2,03
	SN	3,05	2,69	2,87	2,92	2,92	2,92	2,39	2,20	2,29	2,58	2,16	2,37
	SNPK	3,12	3,17	3,14	2,79	2,85	2,82	2,99	3,45	3,22	3,11	3,18	3,15
	NPK	2,99	3,04	3,01	3,10	2,94	3,02	2,85	2,79	2,82	3,09	2,82	2,96
STL Поверхностная с рыхлением	F0	2,62	2,74	2,68	2,62	2,52	2,57	2,41	2,56	2,48	1,99	2,67	2,33
	N	2,78	2,71	2,75	3,00	2,51	2,75	2,62	2,06	2,34	2,19	2,30	2,24
	S	3,00	2,95	2,97	3,00	2,72	2,85	2,50	2,22	2,36	2,50	2,29	2,39
	SN	2,87	2,82	2,84	3,02	2,74	2,88	2,41	2,65	2,53	2,54	2,62	2,58
	SNPK	3,13	2,98	3,05	3,02	2,76	2,89	3,11	2,88	2,99	2,95	3,00	2,97
	NPK	3,09	2,98	3,03	3,06	2,88	2,97	3,13	3,31	3,22	2,96	2,59	2,77
SP Поверхностно- отвальная	F0	2,81	2,77	2,78	2,77	2,71	2,74	2,56	2,59	2,58	2,40	2,71	2,55
	N	3,25	2,75	3,00	2,66	2,98	2,82	2,34	2,14	2,24	2,38	2,09	2,23
	S	3,00	2,97	2,98	2,83	2,77	2,80	2,67	2,38	2,52	2,41	2,42	2,41
	SN	2,99	3,01	3,00	3,04	2,85	2,94	2,54	2,19	2,37	2,03	2,21	2,12
	SNPK	3,29	3,14	3,21	3,07	2,85	2,96	3,31	3,04	3,18	3,57	2,94	3,26
	NPK	3,23	2,78	3,00	2,81	2,91	2,86	3,19	2,93	3,06	2,56	2,77	2,66
ST Поверхностная	F0	2,73	2,73	2,73	2,72	2,53	2,63	2,82	2,31	2,56	2,53	2,30	2,41
	N	2,90	2,60	2,75	2,83	2,71	2,76	2,42	2,35	2,38	2,37	2,27	2,32
	S	3,02	2,92	2,97	2,67	2,84	2,75	2,53	2,28	2,40	2,43	2,34	2,39
	SN	3,19	2,92	3,06	2,79	2,67	2,73	2,55	2,59	2,57	2,45	2,59	2,52
	SNPK	3,26	2,85	3,05	2,99	2,86	2,92	3,07	2,64	2,85	3,33	3,24	3,28
	NPK	3,27	2,89	3,08	3,12	2,80	2,95	2,98	2,78	2,88	2,96	2,75	2,86
НСР ₀₅ для делянок I порядка		F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		0,29	0,24	0,23	0,29	0,24	0,23	0,14	0,11	0,15	0,14	0,11	0,15
НСР ₀₅ для делянок III порядка		F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	0,07	F _φ <F ₀₅	0,07	0,07	F _φ <F ₀₅	0,07

В посевах однолетних трав (2016, 2018) внесение азотных удобрений (N) по всем изучаемым вариантам обработки и защиты растений способствовало существенному снижению содержания органического вещества в почве, что связано с его минерализацией за счет усиления микробиологической деятельности. Достоверные результаты были получены на делянках отвальной (MP), поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностно-отвальной (SP) обработки.

Внесение одной соломы (S) также сопровождалось снижением содержания органического вещества почвы по всем изучаемым системам обработки, что вероятно объясняется более усиленной минерализацией органики для высвобождения азота, который является необходимым элементом для трансформации поступающих свежих растительных остатков в виде соломы. Особенно заметны эти процессы были при применении системы отвальной обработки (MP) всем изучаемым вариантам защиты растений.

Обратная динамика наблюдалась при использовании полной нормы минеральных удобрений, внесение которых как отдельно (NPK), так и вместе с соломой (SNPK) вело к существенному увеличению содержания органического вещества в почве.

Из систем защиты культурных растений от сорняков в опыте применялся гербицид Линтур в посевах ячменя (2015). В остальные три года изучалось последствие ранее использованного гербицида.

Обобщенные данные по яровым зерновым (2015, 2017) не выявили существенных различий в динамике содержания органического вещества в почве. Вместе с тем при применении гербицида в посевах ячменя (2015) отмечалось снижение значений изучаемого показателя практически по всем изучаемым вариантам. При этом достоверное снижение содержания органического вещества в 2015 году наблюдалось при применении гербицида по системам поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностно-отвальной (SP) обработки по фону внесения соломы (S) на 0,32 и 0,34 п.п. соответственно (рисунок 4.2).

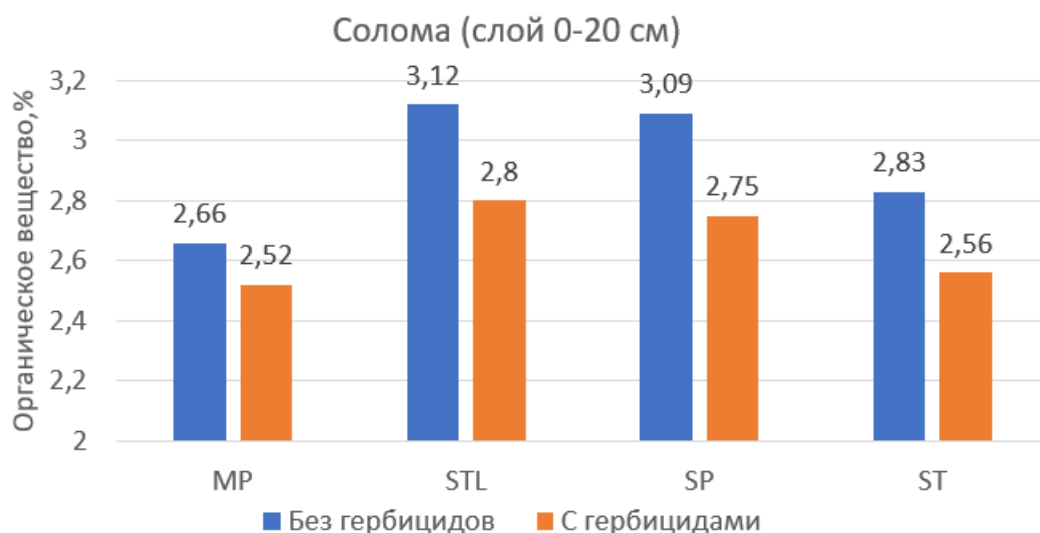


Рисунок 4.2 - Влияние гербицидов на содержание органического вещества в посевах ячменя (2015) по фону внесения одной соломы

Применение гербицидов (WG) по ежегодной поверхностной обработке (ST) по фону SN также вело к существенному снижению содержания органического вещества во всех слоях пахотного горизонта.

Последствие гербицида в посевах однолетних трав (2016, 2018) сопровождалось существенным увеличением содержанием органического вещества на делянках с отвальной обработкой (MP) без удобрений (F0). В тоже время последствие гербицидов на вариантах с ресурсосберегающей обработкой (STL, SP, ST) по фону без удобрений (F0) вело к снижению значений изучаемого показателя на 0,16-0,42 п.п.

В среднем по группам культур и по факторам изучаемые системы обработки не оказали существенного влияния на содержание органического вещества (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Содержание органического вещества почвы в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг., %

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	Слой почвы, см					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	2,78	2,77	2,77	2,55	2,51	2,53
STL	2,93	2,77	2,85	2,61	2,59	2,60
SP	2,98	2,87	2,92	2,66	2,53	2,60
ST	2,95	2,77	2,86	2,70	2,53	2,62
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	2,63	2,63	2,63	2,48	2,49	2,48
N	2,82	2,68	2,75	2,32	2,23	2,27
S	2,86	2,82	2,83	2,40	2,25	2,33
SN	2,98	2,82	2,90	2,43	2,40	2,42
SNPK	3,08	2,93	3,00	3,18	3,04	3,11
NPK	3,08	2,90	2,99	2,96	2,84	2,90
HCP ₀₅	0,23	0,29	0,24	0,15	0,14	0,11
Фактор С. Система защиты растений						
G0	2,98	2,84	2,90	2,66	2,54	2,60
WG	2,84	2,76	2,80	2,60	2,55	2,57
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

Вместе с тем, можно отметить, что применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) характеризовалось тенденцией увеличения 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). При этом наблюдалось перераспределению содержания органического вещества при минимизации обработки почвы с увеличением значений в верхнем и снижением – в нижнем слоях, что согласуется с данными Z. Du [265], Q. Gao [279].

Действия удобрений носило неоднозначный характер и зависело от вида удобрения, так и от исследуемой группы культур (рисунок 4.3). 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 и SNPK, так и косвенным на варианте NPK, где сбалансированный фон

питания обеспечил формирование более высокой урожайности ячменя и яровой пшеницы, а следовательно, и большой объём пожнивных и коневых остатков, поступающих в почву [39].

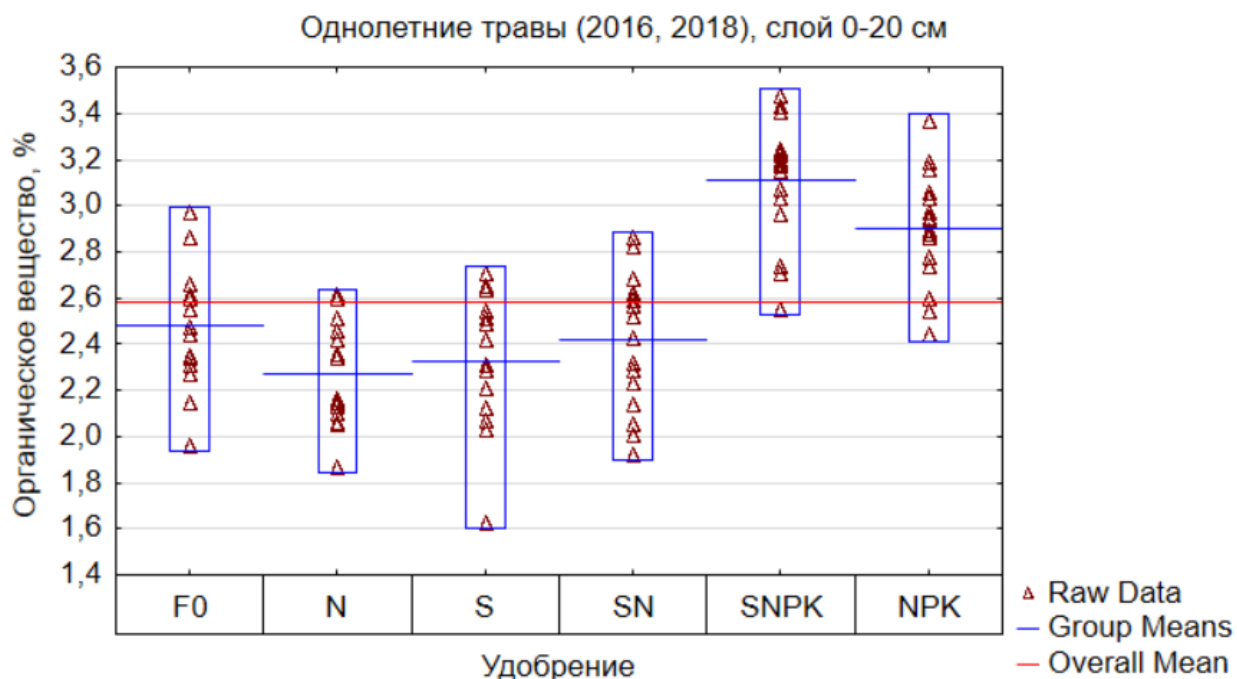


Рисунок 4.3 – Варьирование содержания органического вещества почвы в посевах однолетних трав (2016, 2018) в зависимости от системы удобрения

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. ($HCp_{05}=0,11$) соответственно (таблица 4.2; рисунок 4.3). Внесение отдельно азотных удобрений (N) вело к снижению значений изучаемого показателя на 0,21 п.п. ($HCp_{05}=0,11$), что связано с усилением микробиологической активности почвы [380]. Заделка соломы (S) также способствовала снижению содержания органического вещества 0,15 п.п. ($HCp_{05}=0,11$), что вероятно связано с иммобилизацией азота микроорганизмами [82]. По данным И. Г. Широких и др. [199] дефицит минерального азота может способствовать увеличению численности аммонифицирующей микрофлоры и скорости микробного разложения органического вещества. Солома, заделанная в почвы с азотными

удобрениями, снижала риск иммобилизации и, следовательно, минерализации органического вещества [249].

Следует отметить, что снижение содержания органического вещества почвы при внесении отдельно соломы (S) и азотных (N) удобрений носило временный характер и проявлялось 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 (таблица 4.2; рисунок 4.4). Последствие соломы (S) в посевах яровых зерновых (2015, 2017) обуславливало увеличение содержания органического вещества в почве.

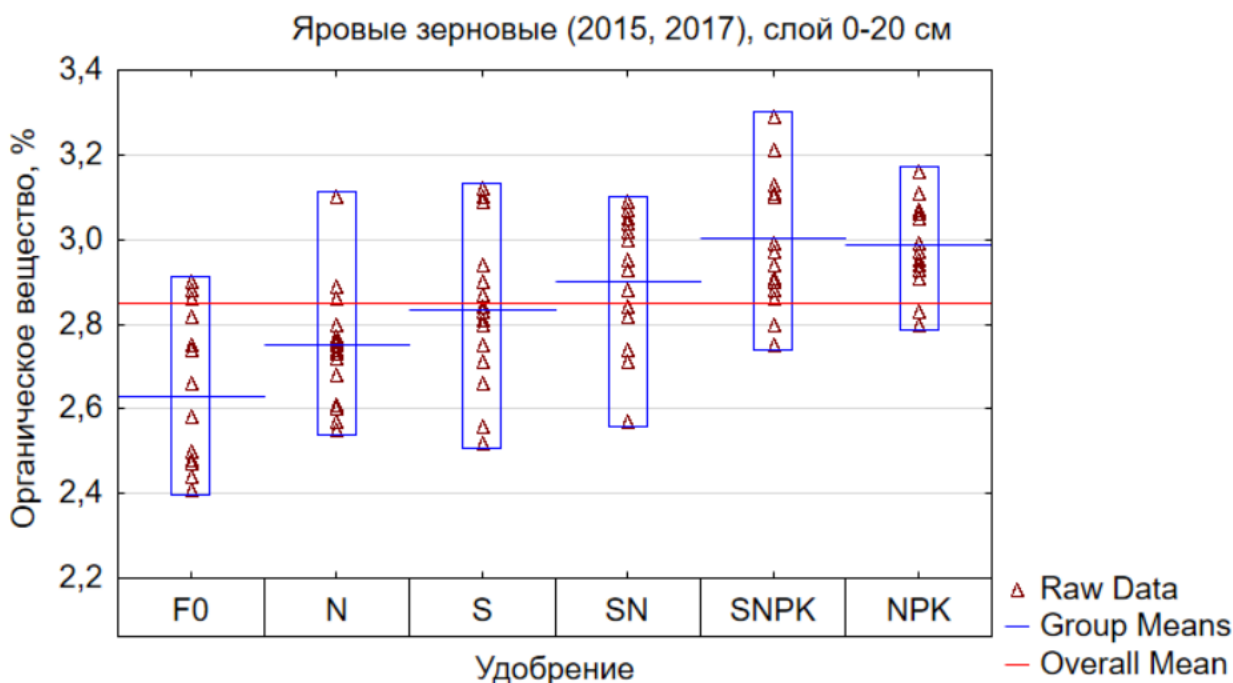


Рисунок 4.4 – Варьирование содержания органического вещества почвы в посевах яровых зерновых (2015, 2017) в зависимости от системы удобрения

Действие и последствие 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 (таблица 4.2). Вместе с тем, в посевах ячменя (2015) 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 ($НСР_{05}=0,06$) (рисунок 4.5). Как показывают наши исследования это было связано с изменением динамики однолетних сорных растений, заделываемых в почву при обработке, что свидетельствует об определенной экологической роли сорняков [208] и требует отдельного рассмотрения в разделе 5.

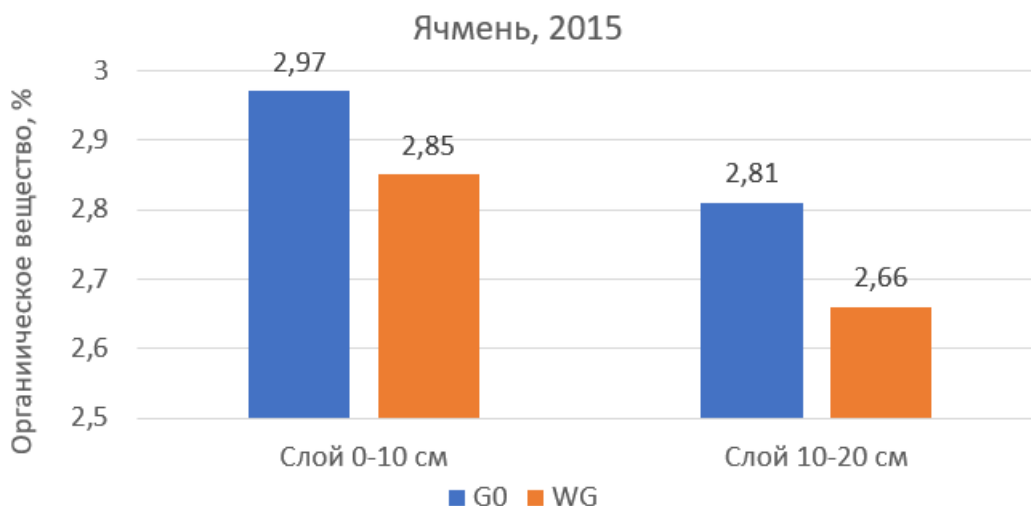


Рисунок 4.5 – Содержание органического вещества в зависимости от системы защиты растений

4.2 Динамика содержания подвижного фосфора в почве

За период исследований с 2015 по 2018 год отмечаются значительные колебания содержания подвижного фосфора в почве (рисунок 4.6). При этом отмечается тенденция к снижению изучаемого элемента питания в годы возделывания яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018), что способствовало формированию значений ниже средних. При этом в годы возделывания однолетних трав были отмечены максимальные (в 2016 г.) и минимальные (в 2018 г.) значения.

В ходе исследований установлено наличие средней положительной связи между содержанием органического вещества и подвижного фосфора в почве при возделывании однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017), а также сильная положительная при возделывании ячменя (2015) (таблица 4.3).

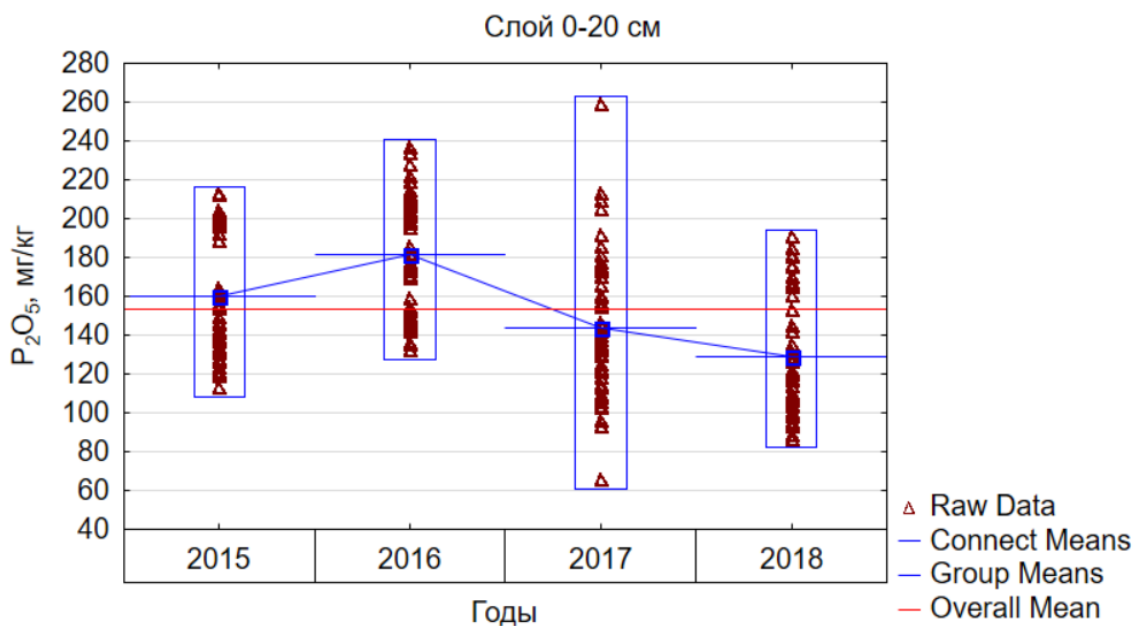


Рисунок 4.6 Динамика подвижного фосфора в почве

Таблица 4.3 – Связь органического вещества и подвижного фосфора в почве

Культуры	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Ячмень, 2015 г.	$y = -143,1597 + 107,3554 \cdot x$	0,70	0,49	<0,00001
Однолетние травы, 2016 г.	$y = 34,8911 + 54,687 \cdot x$	0,61	0,38	<0,00001
Яровая пшеница, 2017 г.	$y = -25,8806 + 59,0306 \cdot x$	0,31	0,10	0,0324
Однолетние травы, 2018 г.	$y = 30,3319 + 39,6217 \cdot x$	0,60	0,36	0,00001

В среднем за вегетацию яровых зерновых культур (2015, 2017) изучаемые системы обработки почвы не оказали существенного влияния на содержания P₂O₅ в почве пахотного слоя. Однако можно отметить, что применение системы поверхностной обработки почвы (ST) по низкоинтенсивным фонам питания (F0, N, S и SN) без гербицидов способствовало снижению накопления изучаемого элемента питания в слое 0-20 см.

Применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPK как с гербицидами (WG), так и без гербицидов (G0) способствовало увеличению содержания подвижного фосфора на 25,9 мг/кг (15,38%) и 22,0 мг/кг (12,89%) соответственно.

Таблица 4.4 – Содержание подвижного фосфора в почве в среднем по группам культур, мг/кг

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2015, 2018)					
		G0			WG			G0			WG		
обработка	удобрение	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
		MP отвальная	F0	130,2	123,7	126,9	106,5	117,1	111,8	108,9	114,4	111,6	117,6
N	151,9		124,2	138,0	113,2	114,0	113,6	154,6	132,0	143,3	133,0	113,8	123,4
S	210,9		193,7	202,3	144,1	130,1	137,1	184,6	155,5	170,1	145,9	127,5	136,7
SN	165,6		180,1	172,8	124,0	142,4	133,2	177,5	151,9	164,7	116,6	135,5	126,1
SNPK	164,2		171,3	167,8	164,1	177,2	170,7	189,0	179,8	184,4	178,1	173,0	175,6
NPK	171,0		183,4	177,2	205,3	158,8	182,0	196,0	192,8	194,4	212,9	185,3	199,1
STL Поверхностная с рыхлением	F0	120,4	103,3	111,8	90,4	94,2	92,3	132,5	110,1	121,3	131,8	130,9	131,3
	N	160,0	136,2	148,1	131,1	171,0	151,1	127,6	131,8	129,7	163,8	166,3	165,0
	S	139,5	149,5	144,5	136,3	141,2	138,7	146,3	128,5	137,4	174,9	148,0	161,4
	SN	168,6	124,3	146,5	138,6	132,6	135,6	127,1	124,6	125,9	145,9	150,9	148,4
	SNPK	209,8	166,3	188,0	172,0	162,9	167,4	167,5	171,4	169,4	197,1	174,5	185,8
	NPK	162,4	168,3	165,3	170,8	173,1	171,9	183,5	182,5	183,0	193,8	194,0	193,9
SP Поверхностно- отвальная	F0	113,5	111,0	112,2	137,1	112,6	124,8	150,5	152,9	151,7	157,8	158,3	158,0
	N	114,3	136,5	125,4	149,9	118,4	134,1	136,6	146,6	141,6	154,9	129,4	142,1
	S	136,2	144,4	140,3	155,4	119,4	137,4	145,3	143,4	144,3	157,8	175,0	166,4
	SN	152,9	153,6	153,2	147,2	123,8	135,5	143,4	146,1	144,6	133,4	134,8	134,1
	SNPK	212,1	175,0	193,6	214,0	171,4	192,7	187,3	196,6	191,9	211,5	197,5	204,5
	NPK	197,0	155,9	176,5	176,1	157,4	166,7	193,4	182,3	187,8	197,5	204,6	201,1
ST Поверхностная	F0	114,1	90,4	102,2	109,1	125,9	117,6	126,6	95,4	111,0	143,3	115,6	129,4
	N	113,4	86,2	99,8	140,3	119,8	130,0	114,9	139,6	127,3	111,5	149,9	130,7
	S	150,1	123,5	136,8	147,6	135,9	141,7	139,0	121,6	130,3	145,5	144,4	144,9
	SN	158,7	120,9	139,8	194,5	145,7	170,1	142,4	131,8	137,1	137,1	136,1	136,6
	SNPK	176,9	154,2	165,5	195,4	206,3	200,8	179,0	170,6	174,8	212,3	189,8	201,0
	NPK	197,0	165,6	181,3	200,9	173,8	187,4	165,3	172,4	168,8	212,4	174,8	193,6
НСР ₀₅ для делянок I порядка		F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	11,93	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	11,93	F _φ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		F _φ <F ₀₅	20,86	17,84	F _φ <F ₀₅	20,86	17,84	21,48	14,73	12,45	21,48	F _φ <F ₀₅	12,45
НСР ₀₅ для делянок III порядка		F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	5,57	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	5,57

Применение поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностно-отвальной (SP) систем обработки по фону внесения азотных удобрений (N) с гербицидами (WG) сопровождалось увеличением содержания P_2O_5 в слое 0-20 см на 37,5 мг/кг (35,15%) и 20,5 мг/кг (19,95%), соответственно.

Система поверхностной обработки почвы (ST) по фону SNPК с гербицидами (WG) способствовало существенному увеличению подвижного фосфора в слое 0-20 см на 30,1 мг/кг (17,63%). Следует также отметить, что проведение ежегодной поверхностной обработки (ST) по всем изучаемым фонам удобрений без гербицидов (G0) сопровождалось увеличением значений P_2O_5 в верхнем слое почвы (0-10 см) и снижением в нижнем (10-20 см).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение безотвальных систем обработки (STL и ST) по фонам азота (N), соломы (S) и соломы с азотом (SN) без гербицидов (G0) способствовало снижению содержания подвижного фосфора в почве пахотного слоя (0-20 см) на 13,6-39,8 мг/кг (10,5 – 30,5%). Применение же данных обработок и удобрений по гербицидному фону, напротив, сопровождалось увеличением содержания изучаемого элемента питания.

Применение систем ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP и ST) по фону SNPК с гербицидами (WG) обуславливало увеличение содержания P_2O_5 в почве пахотного слоя (0-20 см) на 10,2-28,9 мг/кг (5,8-16,5%). При этом на делянках поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPК наблюдалось существенное увеличение изучаемого элемента питания в слое 10-20 см на 16,8 мг/кг (9,3%) на варианте без гербицидов (G0) и на 24,5 мг/кг (14,2%) на варианте с гербицидами (WG).

В целом на протяжении всего периода исследований применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPК как с гербицидами, так и без их использования способствовало формированию более высоких значений изучаемого элемента питания в почве пахотного слоя (0-20 см) (рисунок 4.7).

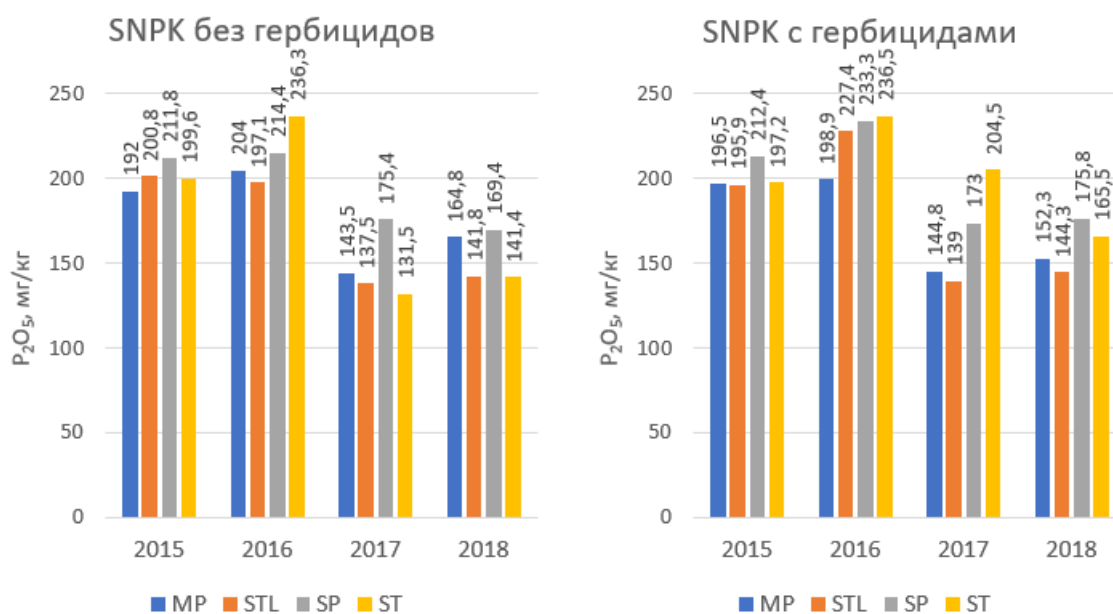


Рисунок 4.7 – Содержание в почве подвижного фосфора в зависимости от системы обработки по фону совместного внесения соломы с полным минеральным удобрением (слой 0-20 см)

В посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) применение полной нормы минеральных удобрений (NPK, SNPK) по всем изучаемым системам обработки и гербицидов обуславливало достоверное увеличение содержания подвижного фосфора в почве. При этом рост значений изучаемого показателя происходил по мере увеличения интенсивности фона питания. Аналогичная динамика наблюдались в посевах однолетних трав (2016, 2018).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) использование азотных (N) и соломы с азотными удобрениями (SN) по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) с гербицидами (WG) привело к достоверному снижению содержания P_2O_5 в пахотном слое почвы на 15,9 мг/кг (11,2%) и 23,9 мг/кг (15,1%), соответственно.

Действие и последствие гербицидов в среднем для яровых зерновых культур (2015, 2017) не оказали существенного влияния содержание P_2O_5 в почве паханого слоя (таблица 4.4).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) последствие гербицидов (WG) по системе отвальной обработки (MP) по фонам внесения азота (N), соломы (S) и соломы с азотом (SN) обуславливало существенное снижение со-

держания подвижного фосфора почве пахотного слоя на 16,8-38,6 мг/кг (9,3-23,4%). Аналогичная динамика была характерна и для делянок с гербицидами (WG) на поверхностной с рыхлением обработке (STL).

Применение же системы защиты (WG) на поверхностно-отвальной обработке (SP) по фонам S, SNPK, NPK сопровождалось существенным увеличением содержания изучаемого элемента питания в слое 0-20 см на 12,6-22,4 мг/кг (6,6-15,3%). Данная динамика была характерна как для 2016, так и 2018 гг. (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Содержание в почве подвижного фосфора в зависимости от системы защиты растений на поверхностно-отвальной обработке фону внесения соломы с полным минеральным удобрением (слой 0-20 см)

Изучаемые системы обработки в среднем по группам культур и по факторам не оказали существенного влияния на содержание подвижного фосфора в почве при выращивании яровых зерновых культур (2015, 2017) (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Содержание подвижного фосфора в почве в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг., мг/кг

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	Слой почвы, см					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	154,25	151,31	152,78	159,56	147,52	153,54
STL	149,98	143,55	146,77	157,64	151,11	154,38
SP	158,82	139,93	149,37	164,09	163,95	164,01
ST	158,17	137,33	147,76	152,43	145,16	148,79
HCP ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	11,93	F ϕ <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	115,16	109,77	112,47	133,61	123,31	128,46
N	134,28	125,77	130,02	137,11	138,66	137,88
S	152,50	142,18	147,34	154,89	142,98	148,94
SN	156,26	140,39	148,33	140,42	138,95	139,67
SNPK	188,55	173,06	180,81	190,22	181,64	185,92
NPK	185,08	167,02	176,05	194,33	186,06	190,20
HCP ₀₅	F ϕ <F ₀₅	20,86	17,84	21,48	14,73	12,45
Фактор С. Система защиты растений						
G0	157,95	143,37	150,66	154,94	148,93	151,93
WG	152,66	142,69	147,68	161,92	154,94	158,43
HCP ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	F ϕ <F ₀₅	5,57

Вместе с тем можно отметить, что в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) системы поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной обработки (ST) способствовали незначительному увеличению содержания подвижного фосфора в почве в верхнем слое (0-10 см) на 4,57 мг/кг (2,96%) и 3,92 мг/кг (2,54%), а также снижению в нижнем (10-20 см) на 11,38 мг/кг (7,52%) и 13,98 мг/кг (9,24%) соответственно.

В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение поверхностно-отвальной обработки (SP) способствовало существенному увеличению изучаемого показателя как в верхнем на 4,53 мг/кг (2,84%), так и, особенно, в нижнем слое 16,43 мг/кг (11,93%) по сравнению с системой отвальной обработки (MP). Отсутствие достоверных изменений в содержании P₂O₅ по системам обработки при выращивании яровых зерновых (2015, 2017) 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, что согласуется с данными О.А. Власенко [30]. При этом со-

четание поверхностных и отвальных обработок в системе SP определяло лучшие условия трансформации органических соединений в плане увеличения содержания подвижного фосфора в почве.

В течение исследований в 2015, 2017 и 2018 гг. наблюдалась дифференциация пахотного горизонта на слои по содержанию подвижного фосфора с увеличением значений в верхнем слое и снижением в нижнем (рисунок 4.9). Исключение составляет лишь 2016 год, по системам ресурсосберегающей обработки (SP и ST).

Применяемые системы удобрений в среднем по факторам достоверно способствовали росту содержания подвижного фосфора в почве при возделывании яровых зерновых (2015, 2017) в слое 10-20 см на 16,0-63,3 мг/кг (14,58-57,65%). Максимальные значения 173,06 мг/кг были получены на системе SNPK. Аналогичная динамика наблюдалась в посевах однолетних трав (2016, 2018).

Действие и последствие гербицидов в среднем по факторам в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) не оказали существенного влияния на накопление P_2O_5 в почве пахотного слоя. Тогда как в посевах однолетних трав (2016, 2018), наоборот, последствие гербицидов способствовало достоверному увеличению содержания подвижного фосфора на 6,50 мг/кг (4,28%), что, вероятно, связано с динамикой показателей обилия многолетних видов сорных растений, которые при общем снижении численности, характеризовались более высокой биомассой, что требует отдельного рассмотрения.

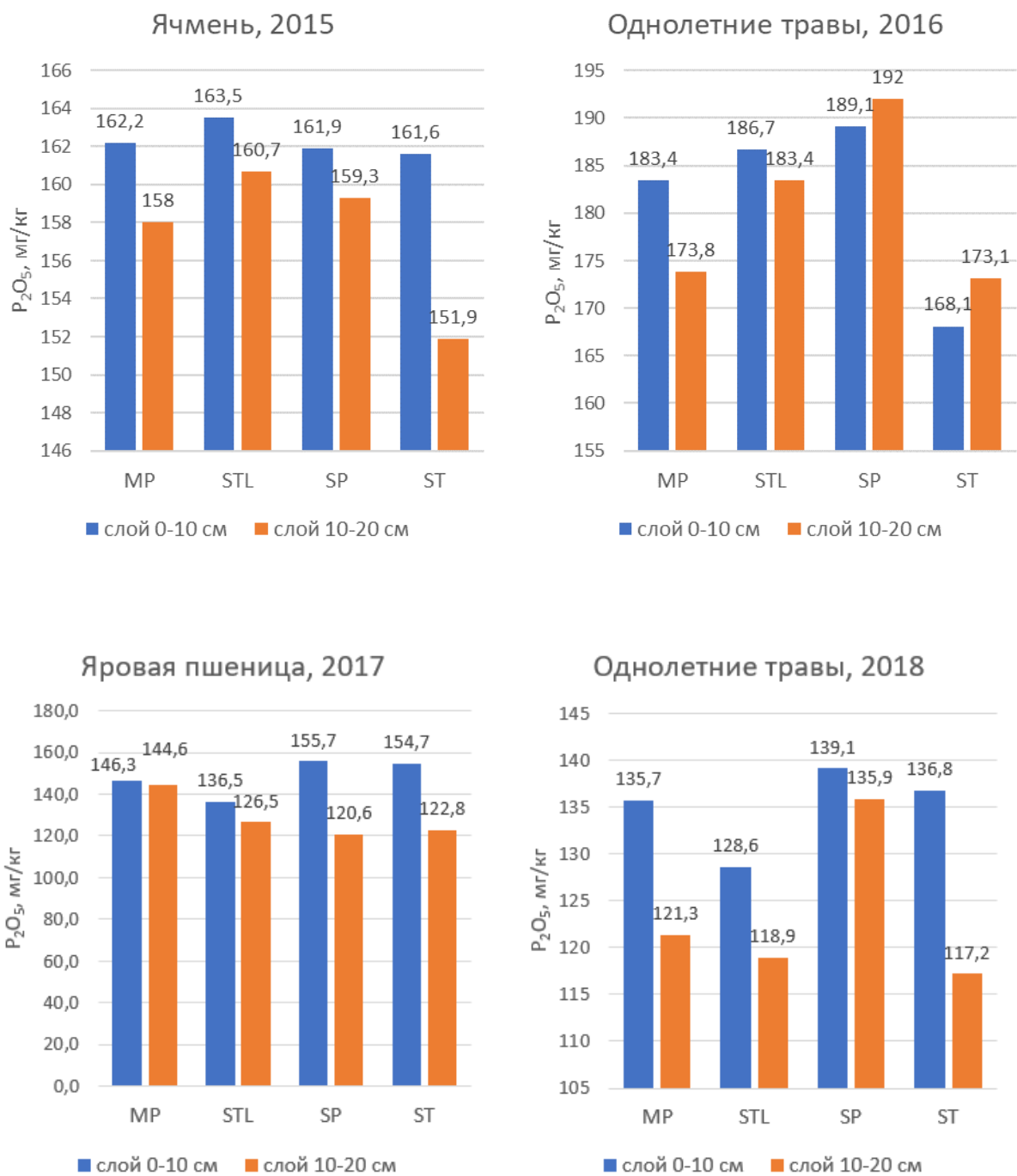


Рисунок 4.9 – Влияние обработки почвы на содержание в почве подвижного фосфора (в среднем по фонам удобрений и защиты растений от сорняков)

4.3 Динамика содержания обменного калия в почве

Динамика обменного калия в почве характеризовалась разным размахом варьирования изучаемого показателя по годам исследования в зависимости от исследуемых вариантов (рисунок 4.10). Так в посевах ячменя (2015) в среднем по слою 0-20 см содержание обменного калия изменялось в пределах 65,5-102,7 мг/кг, однолетних трав (2016) – 49,6-135,2 мг/кг, яровой пшеницы – 49,6-136,2 мг/кг, однолетних трав (2018) – 47,6-184,8 мг/кг.

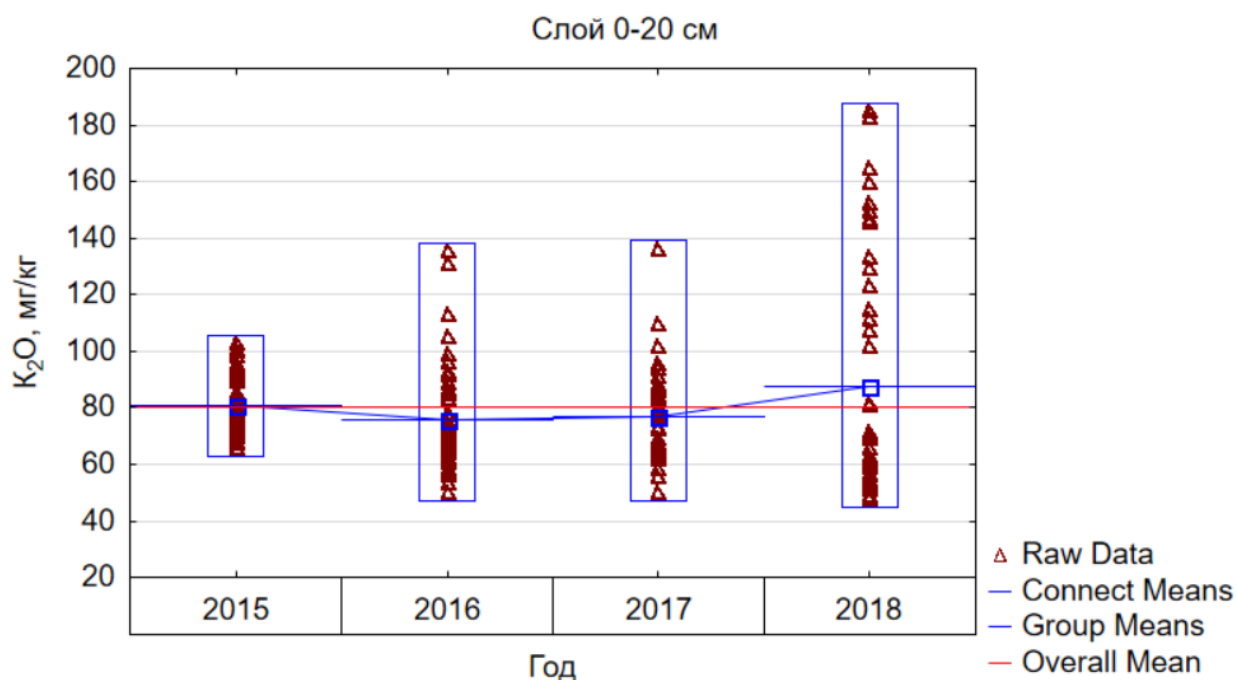


Рисунок 4.10 – Динамика обменного калия

Нами установлено наличие средней положительной связи между содержанием в почве органического вещества и обменного калия (таблица 4.6). При этом наиболее высокие значения коэффициента корреляции также, как и подвижного фосфора наблюдались в посевах ячменя (2015), яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018).

Таблица 4.6 – Связь органического вещества и обменного калия в почве

Культуры	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Ячмень, 2015 г.	$y = -16,79 + 34,52 \cdot x$	0,66	0,43	<0,0001
Однолетние травы, 2016 г.	$y = -14,67 + 33,82 \cdot x$	0,63	0,40	<0,0001
Яровая пшеница, 2017 г.	$y = -6,55 + 28,90 \cdot x$	0,35	0,12	0,0143
Однолетние травы, 2018 г.	$y = -67,34 + 62,13 \cdot x$	0,68	0,46	<0,0001

Таблица 4.7 – Содержание обменного калия в почве в среднем по группам культур, мг/кг

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		G0			WG			G0			WG		
обработка	удобрение	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
MP отвальная	F0	66,8	78,5	72,7	66,1	74,0	70,0	60,6	61,6	61,1	61,6	75,4	68,5
	N	64,0	64,6	64,3	67,6	60,7	64,2	54,6	62,2	58,4	72,4	63,2	67,8
	S	72,5	67,6	70,1	70,0	63,1	66,5	60,5	55,0	57,8	60,6	55,4	58,0
	SN	86,9	66,1	76,5	63,5	65,3	64,4	74,1	54,8	64,4	60,8	58,7	59,7
	SNPK	86,7	91,5	89,1	78,7	82,4	80,5	85,7	111,7	98,7	78,8	96,1	87,4
	NPK	88,0	87,3	87,7	93,2	89,7	91,4	102,7	90,6	96,6	107,2	108,0	107,6
STL Поверхностная с рыхлением	F0	66,9	58,0	62,5	65,8	59,2	62,5	68,6	66,4	67,5	63,1	54,2	58,6
	N	75,1	70,4	72,7	72,2	63,2	67,7	64,1	55,4	59,8	64,3	53,4	58,8
	S	76,7	66,1	71,4	64,1	70,7	67,4	72,0	56,5	64,2	64,0	67,0	65,5
	SN	71,5	72,8	72,2	71,9	66,3	69,1	65,5	60,2	62,9	69,8	56,8	63,3
	SNPK	92,2	86,2	89,2	96,2	83,1	89,7	101,6	97,9	99,7	136,3	95,8	116,0
	NPK	88,5	83,0	85,8	88,7	88,5	88,6	133,5	115,0	124,2	165,9	117,9	141,9
SP Поверхностно- отвальная	F0	83,0	89,9	86,5	71,5	63,7	67,5	65,8	61,6	63,7	62,3	60,8	61,6
	N	66,6	67,5	67,0	75,0	67,8	71,4	61,1	66,0	63,5	68,4	62,1	65,2
	S	78,5	63,1	70,8	72,9	65,1	69,0	72,3	73,1	72,7	70,9	56,4	63,7
	SN	79,2	70,7	75,0	78,1	71,4	74,8	68,8	59,1	64,0	66,8	60,9	63,8
	SNPK	105,4	106,0	105,7	120,7	118,1	119,4	141,7	135,3	138,5	154,7	127,2	141,0
	NPK	89,5	92,7	91,1	95,9	89,6	92,7	133,4	136,5	134,9	140,1	95,1	117,6
ST Поверхностная	F0	72,1	71,7	71,9	76,7	72,3	74,5	61,8	57,3	59,6	71,3	56,8	64,1
	N	67,8	67,3	67,5	76,3	64,3	70,3	68,5	60,2	64,3	63,0	58,0	60,5
	S	82,5	67,7	75,1	78,4	72,3	75,4	83,9	58,2	71,0	68,5	58,2	63,3
	SN	75,3	68,2	71,7	78,9	76,1	77,5	75,9	57,6	66,7	78,0	62,8	70,4
	SNPK	91,9	90,7	91,3	101,4	92,9	97,1	138,6	90,5	114,6	119,9	103,7	111,8
	NPK	94,6	91,4	93,0	92,3	89,1	90,7	144,0	130,1	137,0	114,2	127,7	121,0
НСП ₀₅ для участков I порядка		F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	17,0	21,1	23,3	39,8	41,2	36,3	39,8	41,2	36,3
НСП ₀₅ для участков II порядка		19,7	26,0	20,1	19,7	26,0	20,1	78,7	54,4	63,9	78,7	54,4	63,9
НСП ₀₅ для участков III порядка		16,4	16,2	12,4	16,4	16,2	12,4	35,8	23,9	18,51	35,8	23,9	18,51

В среднем по группе яровые зерновые (2015, 20,17) применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPК с гербицидами (WG) способствовало существенному увеличению содержания обменного калия в пахотном слое (0-20 см) на 38,9 мг/кг (48,3%) (таблица 4.7). Аналогичная тенденция наблюдалась и по фону SNPК без гербицидов (G0), где увеличение составило 16,6 мг/кг (18,6%).

В среднем по группе однолетние травы (2016, 20,18) применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP и ST) по фону NPK как без гербицидов (G0), так и с гербицидами (WG) обуславливало увеличение содержания K_2O в почве. При этом наиболее высокие значения в среднем по пахотному слою (0-20 см) были получены при применении системы поверхностной с рыхлением обработки (STL) по фону NPK с гербицидами (WG) – 141,9 мг/кг.

Система поверхностно-отвальной обработки почвы (SP) по фону SNPК как с гербицидами (WG), так и без их использования (G0) обеспечивала формирование максимальных значений изучаемого показателя на протяжении всего периода исследований 2015-2018 гг. (рисунок 4.11).

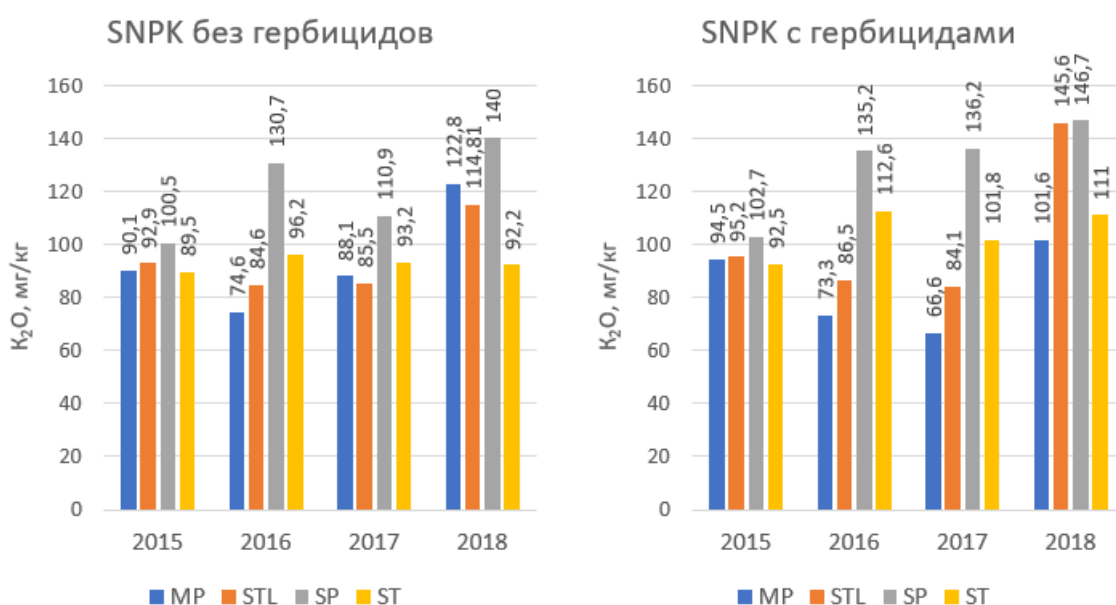


Рисунок 4.11 – Содержание в почве обменного калия в зависимости от системы обработки по фону совместного внесения соломы с полным минеральным удобрением (слой 0-20 см)

Применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST), в отличие от отвальной (MP), способствовало формированию тенденции накопления калия в верхнем слое (0-10 см) и снижением его значений в нижнем (10-20 см).

Внесение NPK и SNPК как в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017), так и однолетних трав (2016, 2018) по всем изучаемым фонам обработки и защиты растений от сорняков способствовало увеличению содержания K_2O в пахотном слое почвы. При этом наибольший рост изучаемого показателя на 51,9 мг/кг (76,9%) при возделывании яровых зерновых (2015, 2017) наблюдался при применении SNPК на делянках с поверхностно-отвальной обработкой (SP) по фону с гербицидами (WG). При выращивании однолетних трав (2016, 2018) наибольшее увеличение изучаемого показателя на 83,3 мг/кг (в 2,42 раза) наблюдалось на варианте NPK при применении поверхностной с рыхлением обработки (STL).

Использование гербицидов в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) характеризовалось разнонаправленной динамикой и в среднем по группе не влияло на содержание обменного калия в пахотном слое почвы (таблица 4.7). Вместе с тем можно отметить увеличение изучаемого показателя по фону применения гербицидов (WG) на делянках с ресурсосберегающей обработкой (STL, SP, ST) на варианте SNPК.

Применение гербицидов в посевах ячменя (2015) на делянках с поверхностной обработкой (ST) по фону SN сопровождалось достоверным увеличением содержания обменного калия на 10,3 мг/кг (14,3%) (рисунок 4.12). Аналогичная тенденция наблюдалась и на делянках с поверхностно-отвальной обработкой, тогда как на отвальной (MP) и поверхностной с рыхлением (STL) действие гербицидов вело к снижению значений K_2O на 5,2 мг/кг (6,2%) и 2,2 мг/кг (2,3%).

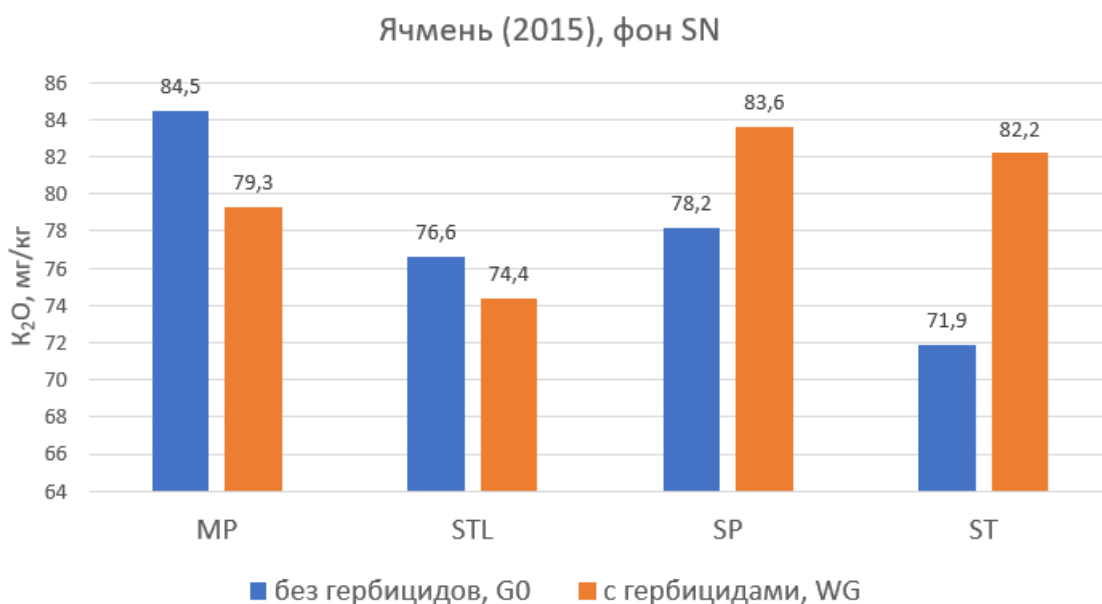


Рисунок 4.12 – Влияние гербицидов на содержание обменного калия по фону применения соломы с азотными удобрениями (слой 0-20 см)

Последствие гербицидов в посевах однолетних трав (2016, 2018) не оказало существенного влияния на изменение содержания K_2O в почве пахотного слоя (таблица 4.7). Вместе с тем можно отметить незначительную тенденцию снижения изучаемого показателя при применении гербицидов на участках с поверхностной обработкой (ST) по фону полного минерального удобрения (SNPK и NPK) в верхнем слое почвы (0-10 см) на 18,7-29,80 мг/кг (13,5-20,7%). Последствие же гербицидов на поверхностно-отвальной обработке (SP) по фонам SNPK и NPK обуславливали увеличение обменного калия в слое 0-10 см, на 13,0 мг/кг (9,2%).

Применение систем поверхностной (ST) и поверхностно-отвальной обработки (SP) в среднем по изучаемым факторам в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) способствовало существенному увеличению содержания обменного калия в верхнем слое почвы (0-10 см) на 7,0 мг/кг (9,3%) и 9,4 мг/кг (12,5%) соответственно (таблица 4.8). Аналогичные тенденции были характерны и для слоя 10-20 см.

Таблица 4.8 – Содержание обменного калия в почве в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг., мг/кг

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2017)		
	Слой почвы, см					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	75,3	74,2	74,8	73,3	74,4	73,8
STL	77,5	72,3	74,9	89,0	74,7	81,9
SP	84,7	80,5	82,6	92,2	82,9	87,5
ST	82,3	77,0	79,7	90,6	76,8	83,7
HCP ₀₅	4,9	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	11,5	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	71,1	70,9	71,0	64,4	61,8	63,1
N	70,6	65,7	68,1	64,5	60,1	62,3
S	74,5	67,0	70,7	69,1	60,0	64,5
SN	75,7	69,6	72,6	70,0	58,9	64,4
SNPK	96,6	93,9	95,3	119,7	107,3	113,5
NPK	91,3	88,9	90,1	130,1	115,1	122,6
HCP ₀₅	7,0	9,2	7,1	27,8	19,2	22,6
Фактор С. Система защиты растений						
G0	80,1	76,6	78,4	85,8	78,0	81,9
WG	79,8	75,4	77,6	86,8	76,3	81,5
HCP ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅

В посевах однолетних трав (2016, 2018) все 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 (21,4-25,8%) (таблица 4.8). При этом для системы поверхностно-отвальной обработки (SP) данная динамика была характерна и для нижнего слоя (10-20 см), что способствовало формированию наиболее высоких значений изучаемого показателя в среднем по пахотному горизонту (0-20 см).

Применение систем ресурсосберегающей обработки почвы (ST) обуславливало дифференциацию пахотного горизонта на слои с увеличением значений содержания обменного калия в верхнем слое и снижением – в нижнем (рисунок 4.13). Данная динамика прослеживалась в течение всего периода исследований с 2015 по 2018 гг. Ежегодная вспашка на участках с отвальной обработкой (MP) способствовала формированию гомогенного пахотного слоя.

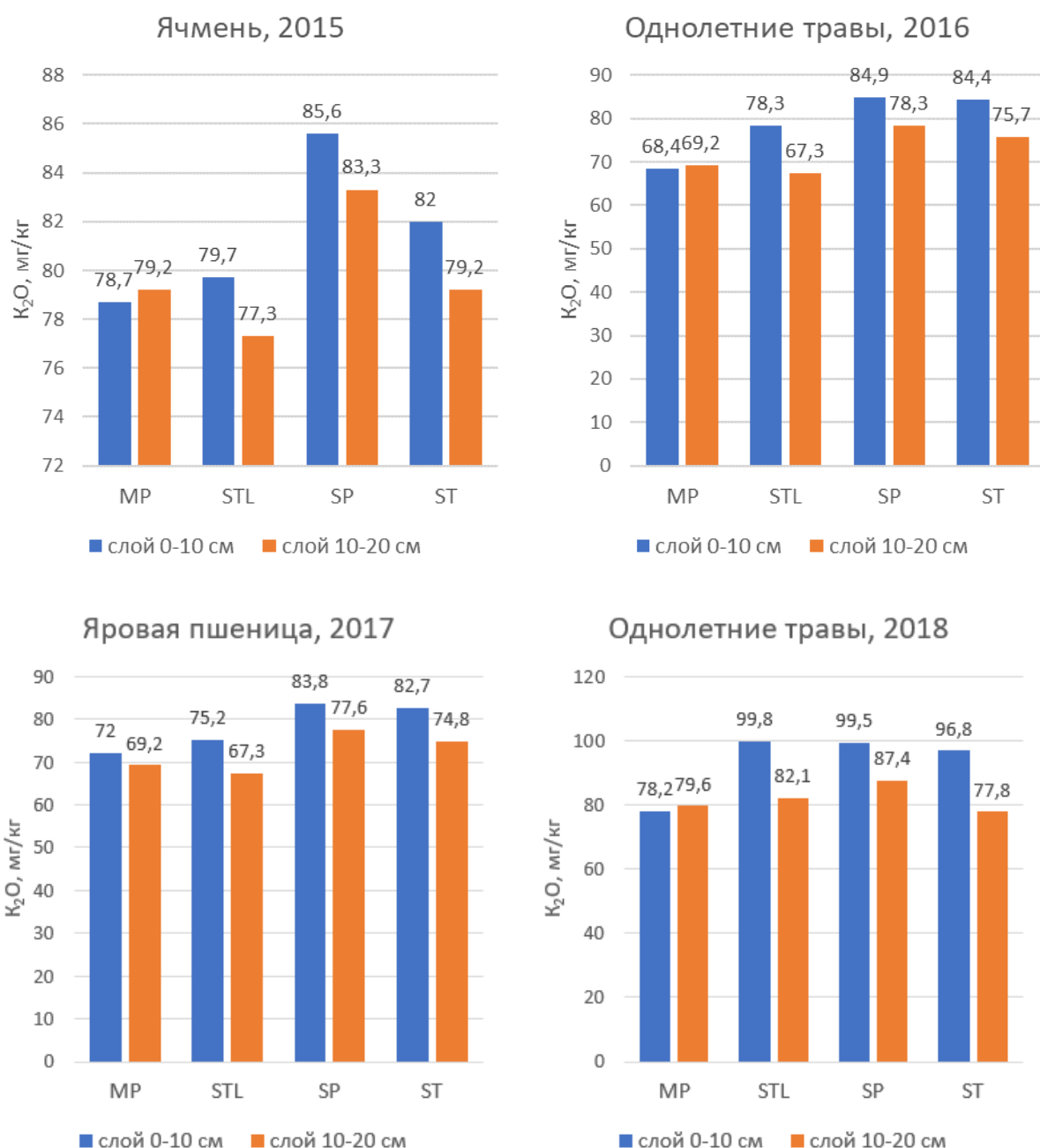


Рисунок 4.13 – Влияние обработки почвы на содержание в почве обменного калия (в среднем по фоновым удобрениям и защиты растений от сорняков)

Внесение NPK и SNPК в среднем по факторам способствовала достоверному увеличению содержания K_2O в пахотном слое почвы как в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 18,0-20,2 мг/кг (25,4-28,4%), так и однолетних трав на 53,3-65,7 мг/кг (86,2-102,0%).

Обобщенные данные по использованию гербицидов, а также их последствие в среднем по факторам в посевах яровых зерновых культур (2015,

2017) и однолетних трав (2016, 2018) свидетельствуют об отсутствии влияния на динамику содержания K_2O в почве.

4.4 Динамика обменной кислотности почвы

Динамика изменения в почве обменной кислотности (pH_{KCl}) по годам исследования (2015-2018 гг.) в слое 0-20 см представлена на рисунке 4.14. Наименьший размах варьирования pH_{KCl} отмечен в посевах ярового ячменя (2015) 5,54 - 5,75, по сравнению с остальными годами. Динамика изучаемого показателя в посевах однолетних трав (2016) составила 5,35-5,78, яровой пшеницы – 5,36-5,72, однолетних трав (2018) – 5,51-5,94.

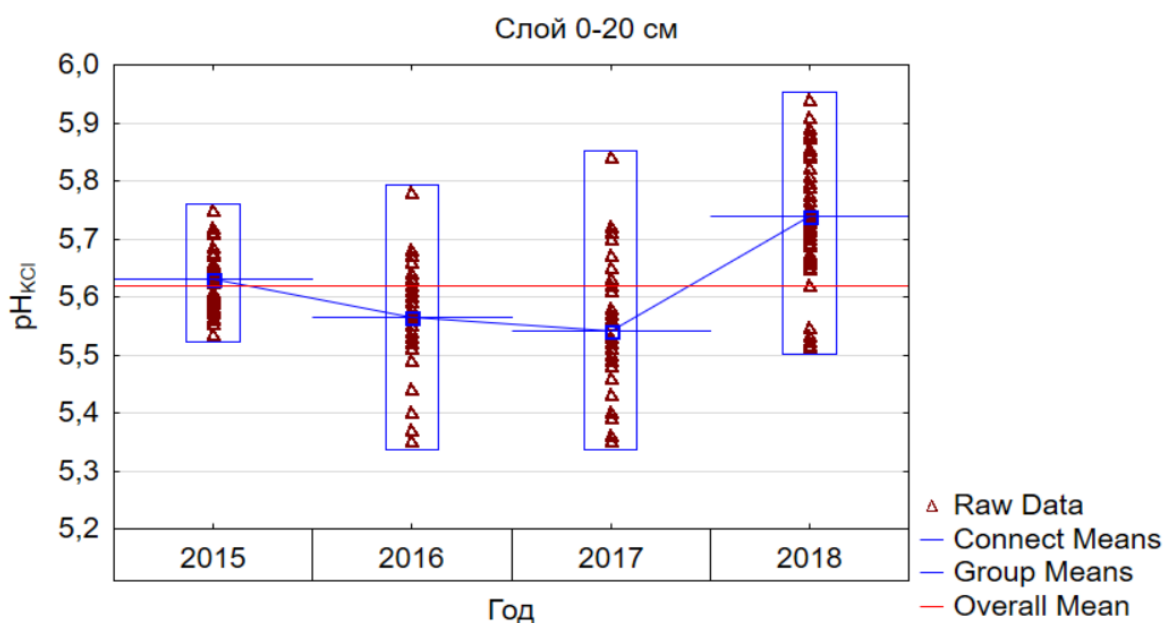


Рисунок 4.14 – Динамика обменной кислотности в среднем по годам исследования в слое 0-20 см

Исследованиями установлено наличие средней отрицательной связи между содержанием в почве органического вещества и pH_{KCl} в годы возделывания однолетних трав (2016, 2018), а также отсутствия данной связи посевах яровых зерновых (2015, 2017) (таблица 4.9). При этом наиболее высокие значения коэффициента корреляции наблюдались в посевах однолетних трав (2018).

Таблица 4.9 – Связь органического вещества и рН_{KCl} почвы

Культуры	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Ячмень, 2015 г.	$y = 2,07 + 0,1346 * x$	0,03	0,001	0,820
Однолетние травы, 2016 г.	$y = 11,31 - 1,5519 * x$	-0,37	0,139	0,009
Яровая пшеница, 2017 г.	$y = 2,438 + 0,0795 * x$	0,04	0,002	0,770
Однолетние травы, 2018 г.	$y = 17,9211 - 2,6875 * x$	-0,66	0,435	<0,00001

В среднем по группе яровые зерновые (2015, 2017) применение системы поверхностно-отвальной обработки (ST) по фону без удобрений (F0) без гербицидов (G0) способствовало существенному снижению обменной кислотности в слое 10-20 см на 0,08 единиц (3,2%) (таблица 4.10).

Применение безотвальных обработок почвы (STL и ST) по фонам SNPK и NPK без гербицидов (G0) вело к существенному увлечению кислотности верхнего слоя (0-10 см) почвы. Аналогичные результаты для слоя 0-10 см были получены при проведении поверхностной обработки (ST) по варианту азотных удобрений (N), где по фону без гербицидов наблюдалось уменьшение рН_{KCl} на 0,09 (1,61%), а по фону с гербицидами на 0,17 (2,97%) единиц. Данная динамика, вероятно связана с подкисляющим действием минеральных удобрений, заделываемых только в верхний слой. В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение систем ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP и ST) по фону NPK сопровождалось существенным снижением значений рН_{KCl} почвы в слое 0-20 см на 0,09-0,16 (1,60 - 2,46%) единиц на вариантах без гербицидов и на 0,11-0,12 (1,92 - 2,09%) единиц на вариантах с гербицидами (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Показатели обменной кислотности в почве в среднем по группам культур

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		G0			WG			G0			WG		
обработка	удобрение	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
		MP отвальная	F0	5,63	5,66	5,65	5,60	5,64	5,62	5,55	5,68	5,61	5,54
N	5,52		5,58	5,55	5,69	5,43	5,56	5,74	5,66	5,70	5,60	5,70	5,65
S	5,66		5,64	5,65	5,58	5,58	5,58	5,76	5,81	5,79	5,74	5,71	5,72
SN	5,59		5,55	5,57	5,70	5,59	5,64	5,63	5,66	5,65	5,74	5,66	5,70
SNPK	5,71		5,72	5,72	5,61	5,82	5,71	5,61	5,53	5,57	5,59	5,49	5,54
NPK	5,58		5,65	5,62	5,57	5,56	5,57	5,71	5,70	5,70	5,70	5,76	5,73
STL Поверхностная с рыхлением	F0	5,53	5,68	5,60	5,66	5,62	5,64	5,74	5,51	5,62	5,75	5,72	5,73
	N	5,53	5,50	5,52	5,60	5,34	5,47	5,60	5,59	5,60	5,63	5,69	5,66
	S	5,61	5,54	5,57	5,64	5,68	5,65	5,71	5,73	5,72	5,79	5,72	5,76
	SN	5,62	5,58	5,60	5,58	5,68	5,63	5,64	5,63	5,64	5,74	5,82	5,78
	SNPK	5,60	5,63	5,62	5,53	5,60	5,57	5,62	5,62	5,62	5,52	5,58	5,54
	NPK	5,48	5,65	5,56	5,54	5,59	5,57	5,57	5,65	5,61	5,54	5,71	5,62
SP Поверхностно- отвальная	F0	5,81	5,58	5,69	5,61	5,59	5,60	5,57	5,73	5,65	5,62	5,71	5,66
	N	5,55	5,61	5,58	5,58	5,56	5,57	5,67	5,72	5,69	5,62	5,66	5,64
	S	5,59	5,67	5,63	5,59	5,63	5,61	5,74	5,64	5,69	5,69	5,66	5,68
	SN	5,62	5,59	5,61	5,61	5,54	5,58	5,67	5,78	5,72	5,65	5,82	5,73
	SNPK	5,55	5,59	5,57	5,55	5,61	5,58	5,51	5,55	5,53	5,54	5,72	5,63
	NPK	5,69	5,58	5,64	5,52	5,52	5,52	5,51	5,59	5,54	5,56	5,67	5,62
ST Поверхностная	F0	5,59	5,64	5,61	5,49	5,57	5,53	5,60	5,58	5,59	5,78	5,67	5,72
	N	5,43	5,52	5,48	5,52	5,57	5,55	5,54	5,66	5,60	5,60	5,59	5,59
	S	5,65	5,56	5,60	5,57	5,65	5,61	5,90	5,82	5,86	5,66	5,80	5,73
	SN	5,57	5,61	5,59	5,61	5,58	5,60	5,59	5,71	5,65	5,63	5,69	5,66
	SNPK	5,49	5,54	5,51	5,50	5,66	5,58	5,63	5,56	5,59	5,44	5,52	5,48
	NPK	5,47	5,45	5,46	5,54	5,61	5,57	5,53	5,70	5,61	5,52	5,71	5,61
НСР ₀₅ для делянок I порядка		0,05	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	0,05	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		F _φ <F ₀₅	0,07	0,04	F _φ <F ₀₅	0,07	0,04	0,07	0,09	0,07	0,07	0,09	0,07
НСР ₀₅ для делянок III порядка		F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅	F _φ <F ₀₅

В целом за весь период исследований (2015-2018) применение поверхностной обработки почвы (ST) по фону NPK как без гербицидов (G0), так и с гербицидами (WG) обуславливало увеличение кислотности почвы в слое 0-10 см (рисунок 4.15).

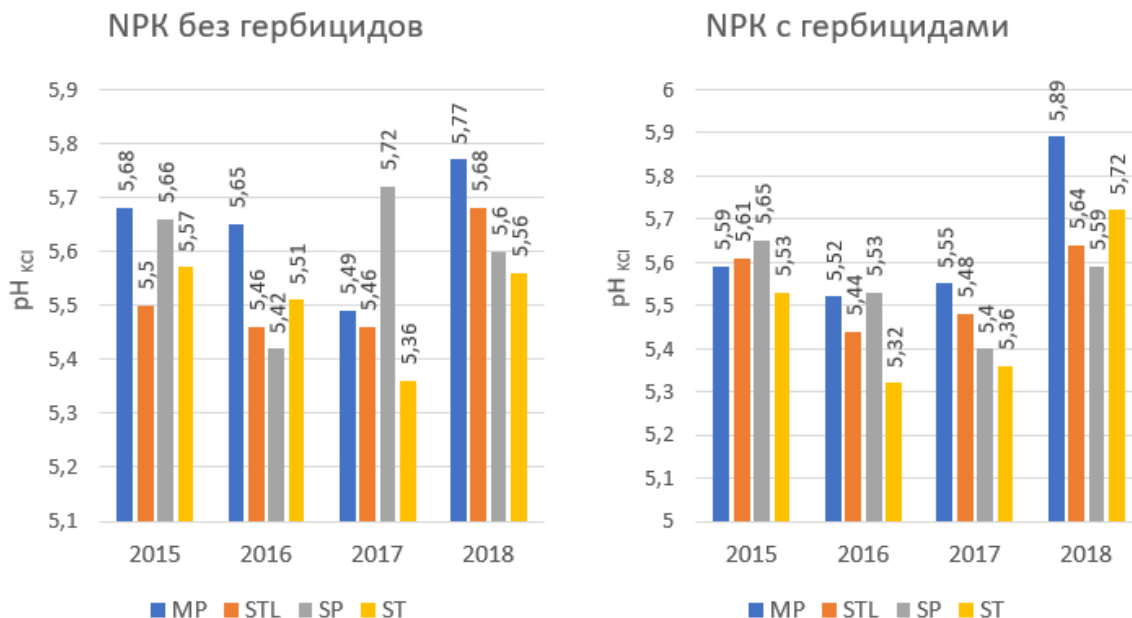


Рисунок 4.15 – Кислотность почвы в зависимости от системы обработки по фону полного минерального удобрения (слой 0-10 см)

В тоже время системы ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP и ST) по фону без удобрений (F0) с гербицидами способствовали снижению кислотности почвы пахотного слоя на 0,11-0,18 единиц (1,98-3,24%) в посевах однолетних трав (2016, 2018).

Изучаемые системы удобрений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на делянках с поверхностной обработкой почвы (ST) без гербицидов (G0) способствовали снижению рН_{KCl} в слое 0-20 см на 0,01-0,15 единиц (0,18-2,67%). Тогда как по фону с гербицидами (WG), напротив отмечалось увеличение рН_{KCl} на 0,02-0,08 единиц (0,36-1,44%).

Внесение SNPК по системе отвальной обработки (MP) обуславливало достоверное увеличение значений рН_{KCl} почвы пахотного слоя на 0,07 единиц (1,24%) по фону без гербицидов (G0) и на 0,09 единиц (1,60%) по фону с гербицидами (WG).

Внесение азотных удобрений (N) по всем изучаемым системам обработки без гербицидов (G0) способствовало существенному увеличению кислотности почвы пахотного слоя на 0,01-0,28 единиц (0,17-4,99%). Аналогичная динамика наблюдалась и при внесении одних азотных удобрений (N) по системам MP и STL с гербицидами (WG).

В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение азотных (N), соломы (S), соломы с азотными (SN) и соломы с полной нормой минеральных удобрений (SNPK) на делянках с отвальной обработкой (MP) способствовало увеличению pH_{KCl} почвы в пахотном слое на 0,04-0,18 единиц (0,71-3,21%) по фону без гербицидов (G0) и на 0,10-0,18 единиц (1,80-3,78%) по фону с гербицидами (WG).

Внесение соломы (S) и соломы с азотными удобрениями (SN) по системе поверхностной обработке почвы (ST) с гербицидами (WG) обуславливало существенное снижение pH_{KCl} почвы в слое 0-10 см.

Применение SNPK по системам поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностной (ST) обработки с гербицидами (WG) сопровождалось существенным увеличением кислотности почвы пахотного слоя на 0,19 (3,32%) и 0,24 (4,19%) единиц соответственно.

Внесение гербицида Линтур в 2015 г. и его последствие в 2016, 2017 и 2018 гг. не влияло на динамику обменной кислотности почвы (таблица 4.11).

Обобщенные результаты в среднем по факторам и группам культур свидетельствуют, что поверхностная обработка (ST) в годы возделывания яровых зерновых (2015, 2017) способствовала существенному снижению pH_{KCl} почвы на 0,08 (1,42%) единиц в слое 0-10 см. Это объясняется повышенной концентрацией органического вещества и его разложением с выделением ионов водорода, которые были связаны органическими анионами, что и вело к подкислению почвы [312, 317]. Чередование поверхностных обработок с глубоким рыхлением в системе STL и с отвальной обработкой в систе-

ме SP обеспечило формирование реакции почвенной среды на уровне системы МР.

Таблица 4.11 – Обменная кислотность почвы в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 гг.

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	Слой почвы, см					
	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Фактор А. Система основной обработки почвы						
МР	5,62	5,62	5,62	5,66	5,66	5,66
STL	5,58	5,59	5,58	5,65	5,66	5,66
SP	5,61	5,59	5,60	5,61	5,69	5,65
ST	5,54	5,58	5,56	5,62	5,67	5,64
HCP ₀₅	0,05	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	5,61	5,62	5,62	5,64	5,64	5,64
N	5,55	5,51	5,53	5,62	5,66	5,64
S	5,61	5,62	5,61	5,75	5,74	5,74
SN	5,61	5,59	5,60	5,66	5,72	5,69
SNPK	5,57	5,64	5,61	5,55	5,57	5,56
NPK	5,55	5,58	5,56	5,58	5,68	5,63
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	0,07	0,04	0,07	0,09	0,07
Фактор С. Система защиты растений						
G0	5,59	5,60	5,59	5,64	5,66	5,65
WG	5,58	5,59	5,59	5,63	5,68	5,66
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

В течение вегетации однолетних трав (2016, 2018) изучаемые системы обработки не влияли на динамику обменной кислотности почвы.

Применение азотных (N) и полной нормы минеральных (NPK) удобрений способствовало существенному увеличению кислотности почвы в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 0,09 (1,78%) и 0,06 (1,07%) единиц соответственно. Это может быть связано с увеличением подвижности кальция и вытеснению его из почвенно-поглощающего комплекса [138], а также отчуждение оснований кальция и магния с товарной частью получаемой продукции при увеличении урожайности [162]. Последнее можно было наблюдать при внесении NPK под яровые зерновые (2015, 2017) и SNPK под однолетние травы (2016, 2018), однако данные изменения носили временных 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. [99], которые отмечали нейтрализующее влияние данного удобрения за счет накопления карбонатов кальция и магния в минерализате соломы.

В целом, можно отметить, что за период исследований 2015-2018 гг., внесение одних минеральных удобрений (N и NPK) чаще вело подкислению почвенного раствора и снижению значений pH (рисунок 4.16). Добавление к азотным удобрениям соломы (SN и SNPК), а также внесение её отдельно (S) нивелировало данную разницу между исследуемым и контрольным вариантами без удобрений (F0). Следует также отметить, что внесение соломы (S) в посевах однолетних трав (2018) обуславливало наибольшее увеличение pH_{KCl} почвы на 0,16 (2,81%) единиц.

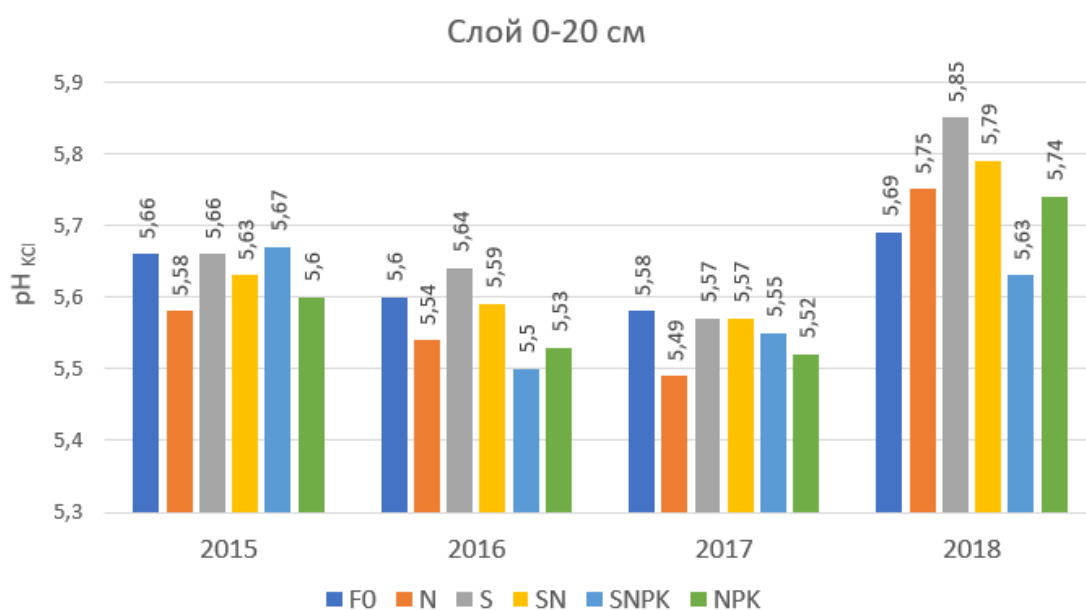


Рисунок 4.16 – Изменение обменной кислотности почвы в зависимости от изучаемых систем удобрений (в среднем по системам обработки и защиты растений от сорняков, слой 0-20 см)

Использование гербицидов в среднем по факторам и группам культур не оказало существенного влияния на динамику обменной кислотности почвы.

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

5.1 Динамика численности сорных растений

Сорные растения являются постоянными компонентами в агрофитоценоза. Их количественные характеристики являются критерием эффективности применения ресурсосберегающих технологий.

За период исследования с 2015 по 2018 гг. отмечались значительные колебания общей численности сорных растений (рисунок 5.1). При этом возделывание яровых зерновых (2015 – ячмень и 2017 – яровая пшеница) способствовало формированию наименьших значений по сравнению с однолетними травами (2016 и 2018).



Рисунок 5.1 – Численность сорных растений за период исследования 2015-2018гг.

Динамика многолетних сорных растений характеризовалось увеличением численности в посевах однолетних трав в 2016 г. относительно средних значений за период исследований 2015...2018 гг. При этом варьирование

значений в зависимости от изучаемых систем обработки, удобрений и защиты растений было наибольшим (рисунок 5.2)



Рисунок 5.2 – Численность многолетних сорных растений за период исследования 2015-2018 гг.

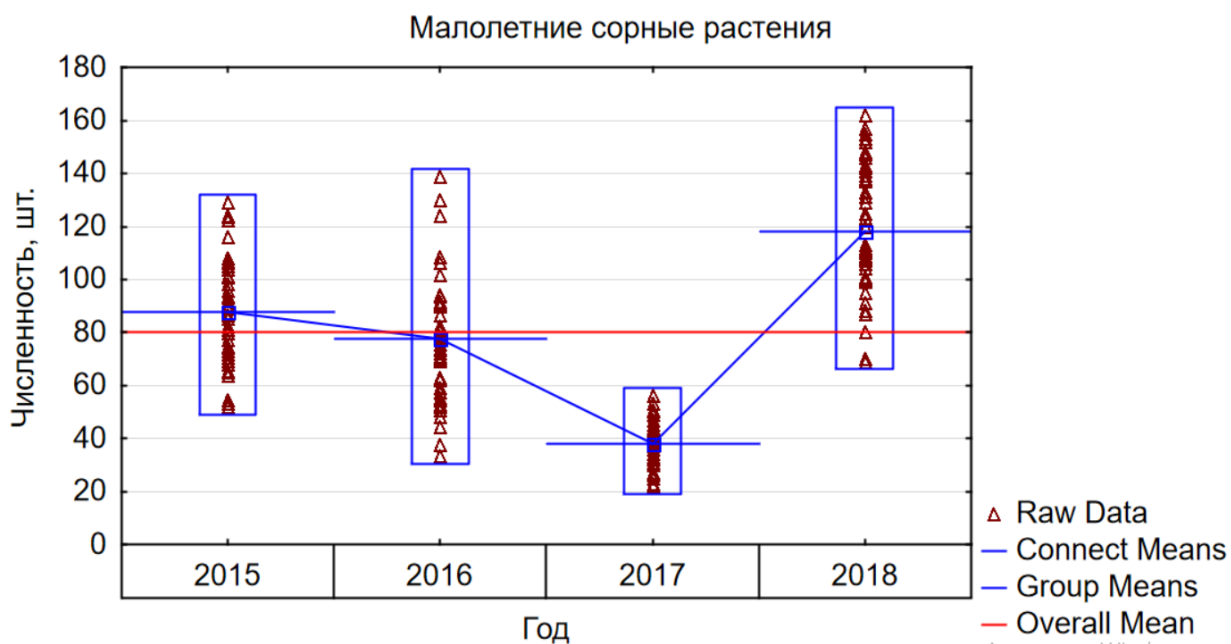


Рисунок 5.3 – Численность малолетних сорных растений за период исследования 2015-2018 гг.

Наименьшие значения по численности малолетних видов сорных растений, а также их варьированию в зависимости от изучаемых факторов были

получены в посевах яровой пшеницы (2017 г.) (рисунок 5.3). Возделывание однолетних трав в 2018 г. сопровождалось формированием наибольших значений малолетних сорных растений за весь период исследования.

В среднем по группам культур яровые зерновые (2015, 2017) и однолетние травы (2016, 2018) изучаемые системы обработки незначительно влияли на численность сорных растений (таблица 5.1).

Применение минеральных удобрений отдельно, так и совместно с соломой по системам ресурсосберегающей обработки (STL, SP и ST) как с гербицидами (WG), так и без гербицидов (G0) сопровождалось существенным снижением численности многолетних сорных растений как в посевах яровых зерновых (2015, 2017), так и однолетних трав (2016, 2018) (таблица 5.1). При этом наименьшая численность многолетних сорных растений наблюдалась при применении SNPK на вариантах отвальной (MP) и поверхностно-отвальной (ST) обработок как без использования гербицидов (G0) 1,38 и 2,75 шт./м², так и с гербицидами (WG) 1,65 и 1,85 шт./м² соответственно. Данная динамика прослеживалась в течение всего периода исследований 2015-2018 гг., наиболее ярко проявляясь в 2015, 2016 и 2017 гг. по системам безотвальной обработки: поверхностная с рыхлением (STL) и поверхностная (ST) (рисунок 5.4). Так, применение SNPK по системе поверхностной с рыхлением обработке (STL) без гербицидов (G0) в посевах ячменя (2015) вело к достоверному снижению численности многолетних сорных растений в 9,6 раза. Аналогичная динамика отмечалась в посевах однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017).

Применение системы защиты растений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на делянках с отвальной обработкой (MP) практически по всем вариантам удобрений за исключением SN сопровождалось уменьшением численности малолетних сорных растений на 9,0-26,4%.

Аналогичная динамика наблюдалась на поверхностной с рыхлением обработке (STL), по фону азотных удобрений (N), а также соломы с полным минеральным (SNPK), где снижение составило 30,0 и 24,5% соответственно.

Таблица 5.1 – Численность сорных растений в среднем по годам исследования 2015-2018 гг., шт./м²

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		G0			WG			G0			WG		
обработка	удобрение	Многолетние	Малолетние	всего	Многолетние	Малолетние	всего	Многолетние	Малолетние	всего	Многолетние	Малолетние	всего
MP отвальная	F0	2,83	58,20	61,03	6,63	43,55	50,18	18,41	109,33	127,74	28,17	91,33	119,5
	N	5,38	67,90	73,28	6,23	60,73	66,95	22,4	131,34	153,74	24,54	138	162,54
	S	7,45	60,03	67,48	5,90	51,58	57,48	30,29	115,67	145,96	31,14	114,33	145,47
	SN	4,00	49,63	53,63	3,88	57,70	61,58	24,82	96,33	121,15	18,42	105,17	123,59
	SNPK	1,38	60,90	62,28	1,65	48,40	50,05	8,39	100,67	109,06	9,42	99,84	109,26
	NPK	3,38	51,88	55,25	2,78	46,75	49,53	9,55	101,00	110,55	13,24	102,84	116,08
STL Поверхностная с рыхлением	F0	8,75	52,88	61,63	6,48	77,40	83,88	76,92	73,84	150,76	50,70	84,84	135,58
	N	12,98	78,40	91,38	8,70	67,08	75,78	35,97	89,00	124,97	32,70	90,50	123,2
	S	7,40	66,35	73,75	12,75	56,88	69,63	65,05	105,67	170,72	67,63	99,50	167,13
	SN	5,30	61,08	66,38	6,65	69,88	76,53	51,67	95,50	147,17	55,87	88,67	144,54
	SNPK	2,10	77,20	79,30	2,00	70,40	72,40	10,45	86,00	96,45	11,82	87,84	99,66
	NPK	3,40	56,70	60,10	3,25	64,73	67,98	24,37	114,16	138,53	28,36	101,17	129,53
SP Поверхностно-отвальная	F0	4,63	66,90	71,53	4,80	64,00	68,80	35,45	74,84	110,29	29,07	71,00	100,07
	N	6,25	83,05	89,30	5,10	69,55	74,65	27,34	99,34	126,68	21,59	92,67	114,26
	S	7,25	58,23	65,48	5,60	47,35	52,95	40,89	73,50	114,39	37,50	96,17	133,67
	SN	3,35	75,33	78,68	3,73	46,23	49,95	29,42	89,67	119,09	20,25	92,00	112,25
	SNPK	2,75	80,88	83,63	1,85	80,70	82,55	19,95	97,00	116,95	16,30	86,67	102,97
	NPK	2,73	67,50	70,23	2,25	62,18	64,43	20,79	113,5	134,29	14,29	82,17	96,46
ST Поверхностная	F0	7,85	52,55	60,40	5,75	39,08	44,83	58,20	68,84	127,04	35,24	75,5	110,74
	N	12,80	92,55	105,35	7,90	73,78	81,68	62,54	101,17	163,71	55,55	97,17	152,72
	S	9,68	51,58	61,25	7,70	57,08	64,78	100,54	95,84	196,38	52,00	140,33	192,33
	SN	7,28	73,68	80,95	5,05	57,83	62,88	72,17	80,50	152,67	25,50	118,5	144
	SNPK	3,05	58,25	61,30	3,00	60,03	63,03	24,70	93,17	117,87	33,20	102,83	136,03
	NPK	4,80	73,05	77,85	4,38	49,50	53,88	10,90	112,67	123,57	14,20	101,84	116,04
НСР ₀₅ для делянок I порядка		F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		1,95	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	1,95	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	16,97	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	16,97	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок III порядка		F ₀ <F ₀₅	5,98	5,78	F ₀ <F ₀₅	5,98	5,78	6,34	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	6,34	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅

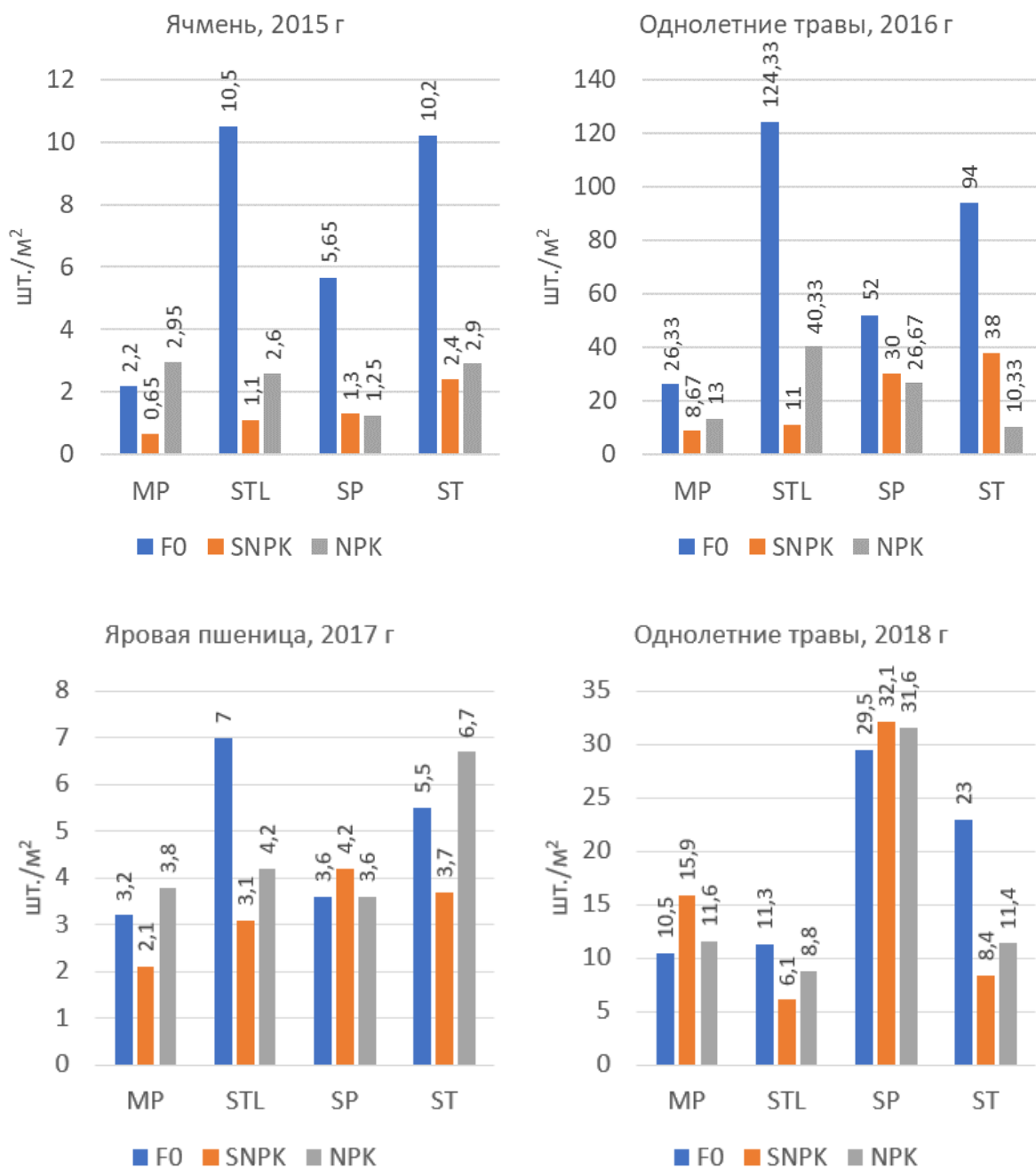


Рисунок 5.4 – Изменение численности многолетних сорных под действием полной нормы минеральных удобрений (фон без гербицидов, G0)

Действие гербицидов (WG) в посевах яровых зерновых (2015, 2017) на системе поверхностно-отвальной обработки (ST) сопровождалось снижением численности малолетних сорных растений по всем изучаемым вариантам удобрений на 0,2-18,6%.

Применение гербицидов (WG) по поверхностной обработке (ST) вело к снижению численности малолетних сорняков по фонам F0, N, SN и NPK на

25,6, 20,3, 21,5 и 32,2 % соответственно. Однако следует отметить, что по фону с одной соломой (S) наблюдалось увеличение изучаемой биогруппы сорных растений на 10%.

В посевах однолетних трав (2017, 2018) гербициды оказали достоверное влияние на накопление численности многолетних сорных растений. Так на безотвальных обработках (STL и ST) по фону без удобрений (F0) действие гербицидов (WG) сопровождалось снижением численности многолетних сорняков на 34,0-41,2%. Еще более заметное снижение численности многолетних сорных растений отмечалось при действии и последствии гербицидов на делянках поверхностной обработки (ST) по фонам S и SN.

Обобщенные данные в среднем по факторам и по группам культур свидетельствуют об отсутствии влияния изучаемых систем обработки почвы на численность сорных растений (таблица 5.2).

Можно лишь отметить тенденцию увеличения общего количества сорных растений по ресурсосберегающим обработкам (STL, SP, ST) при возделывании яровых зерновых на 9,1-14,1 шт./м² и однолетних трав 20,6-25,17 шт./м² соответственно. При этом безотвальные обработки (STL, ST) характеризовались наибольшими показателями по численности многолетних сорных растений. Поверхностно-отвальная обработка (SP) обеспечивала формирование численности наиболее злостных многолетних видов сорняков на уровне отвальной (MP). Также можно отметить, что ресурсосберегающие обработки (STL, SP, ST) при возделывании яровых зерновых культур вели к незначительному увеличению численности малолетних сорняков, а в посевах однолетних трав (2016, 2018), напротив, обуславливали незначительное снижение.

Увеличением общей численности сорных растений под действие удобрений происходило за счет малолетних видов. Однако данные изменения были не существенны ($F_{\phi} < F_{05}$).

Таблица 5.2 – Численность сорных растений в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 г., шт./м²

Вариант	Яровые зерновые (2015, 2017)			Однолетние травы (2016, 2018)		
	Многолетние	Малолетние	Всего	Многолетние	Малолетние	Всего
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	4,3	54,8	59,1	19,90	108,82	128,72
STL	6,6	66,6	73,2	42,63	93,06	135,69
SP	4,2	66,8	71,0	26,07	89,04	115,11
ST	6,6	61,6	68,2	41,42	98,86	140,28
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	6,0	56,8	62,8	41,53	81,19	122,72
N	8,2	74,1	82,3	35,33	104,90	140,23
S	8,0	56,1	64,1	53,13	105,13	158,26
SN	4,9	61,4	66,3	37,27	95,79	133,06
SNPK	2,2	67,1	69,3	16,78	94,25	111,03
NPK	3,4	59,0	62,4	16,96	103,67	120,63
HCP ₀₅	1,95	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅	16,9	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅
Фактор С. Система защиты растений						
G0	5,7	65,6	71,3	36,72	96,61	133,32
WG	5,2	59,3	64,4	30,28	98,37	128,65
HCP ₀₅	F _ф <F ₀₅	5,9	5,7	6,3	F _ф <F ₀₅	F _ф <F ₀₅

Что касается многолетних сорных растений, то внесение удобрений сопровождалось снижением их численности в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017). Аналогичная динамика наблюдалась и в посевах однолетних трав, за исключением варианта с внесением одной соломы (S). При этом применение NPK и SNPK способствовало достоверному уменьшению численности многолетних видов сорных растений в 1,8-2,3 раза в посевах яровых зерновых (2015, 2017) и в 2,5 раза в посевах однолетних трав (2016, 2018). В данном случае повышение фона питания обеспечивало лучшее развитие коневой системы культурных растений, что обуславливало конкурентные преимущества по отношению к многолетним видам сорных растений, распространение которых связано с вегетативными органами размножения, находящимися в почве.

За время проведения исследований гербицид применялся только один раз в 2015 г. в посевах ячменя. В 2016, 2017 и 2018 гг. изучалось его последствие (рисунок 5.5).

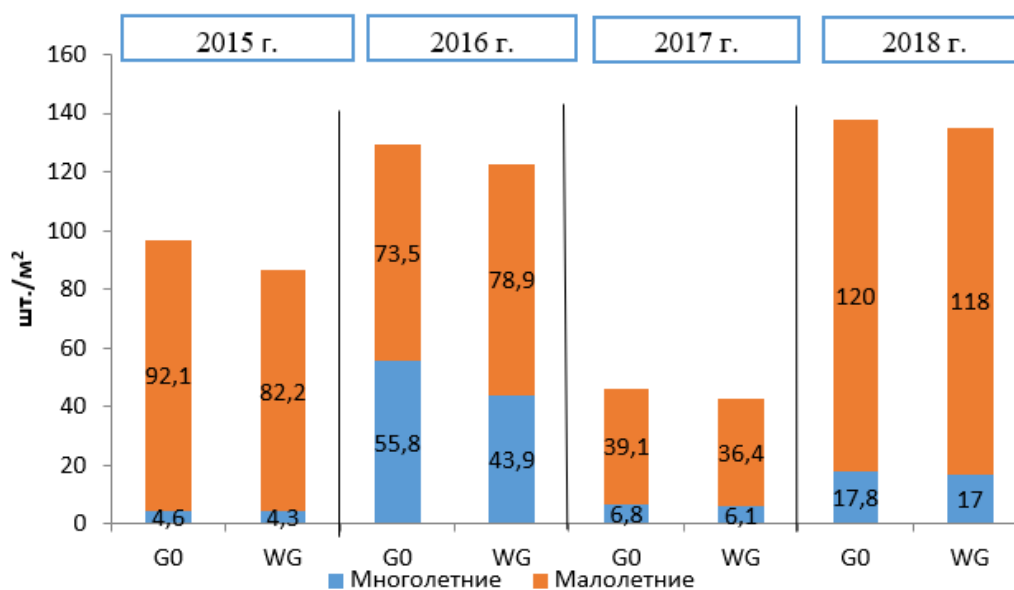


Рисунок 5.5 - Численность сорных растений в зависимости от системы защиты растений

Полученные данные по группам культур яровые зерновые (2015, 2017) – однолетние травы (2016, 2018) свидетельствует о существенном влиянии гербицида на снижение численности малолетних сорняков в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 11,9%. В тоже время в посевах однолетних трав (2016, 2018) наблюдалось достоверное снижение численности многолетних видов сорных растений на 17,5%, что особенно было заметно в 2016 году.

5.2 Динамика сухой массы сорных растений

Показатель воздушно-сухой массы сорных растений, позволяет оценить динамику их роста и является важным критерием, определяющим конкурентные взаимоотношения с культурой за факторы жизни.

В течение исследований установлена средняя положительная связь между общей численностью и сухой массой сорных растений (таблица 5.3).

При этом связь численности и сухой массы многолетних сорных растений в посевах ячменя (2015) и однолетних трав (2016) характеризовалась как сильная.

Таблица 5.3 – Связь численности и сухой массы сорных растений

Сорные растения	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Ячмень, 2015 г.				
Многолетние	$y = 0,65 + 0,24 * x$	0,87	0,76	0,00000
Малолетние	$y = 15,44 + 0,41 * x$	0,53	0,29	0,00009
Общая	$y = 15,73 + 0,41 * x$	0,56	0,31	0,00004
Однолетние травы, 2016 г.				
Многолетние	$y = 23,59 + 1,10 * x$	0,71	0,51	0,00000
Малолетние	$y = 17,99 + 0,02 * x$	0,04	0,001	0,8120
Общая	$y = 16,50 + 0,65 * x$	0,49	0,24	0,0004
Яровая пшеница, 2017 г.				
Многолетние	$y = 2,90 + 0,51 * x$	0,66	0,43	0,0000
Малолетние	$y = -18,30 + 1,28 * x$	0,52	0,27	0,0002
Общая	$y = 0,31 + 0,81 * x$	0,37	0,14	0,0092
Однолетние травы, 2018 г.				
Многолетние	$y = 5,84 + 0,34 * x$	0,49	0,25	0,0003
Малолетние	$y = -18,46 + 0,40 * x$	0,52	0,28	0,0001
Общая	$y = 3,04 + 0,28 * x$	0,34	0,11	0,0187

За период исследований с 2015 по 2018 годы отмечалось значительное увеличение общей сухой массы сорных растений при возделывании однолетних трав в 2016 году (рисунок 5.6), что в основном происходило за счет многолетних видов, которые доминировали в посевах (рисунок 5.7)



Рисунок 5.6 – Общая сухая масса сорных растений за период исследования 2015-2018 гг.

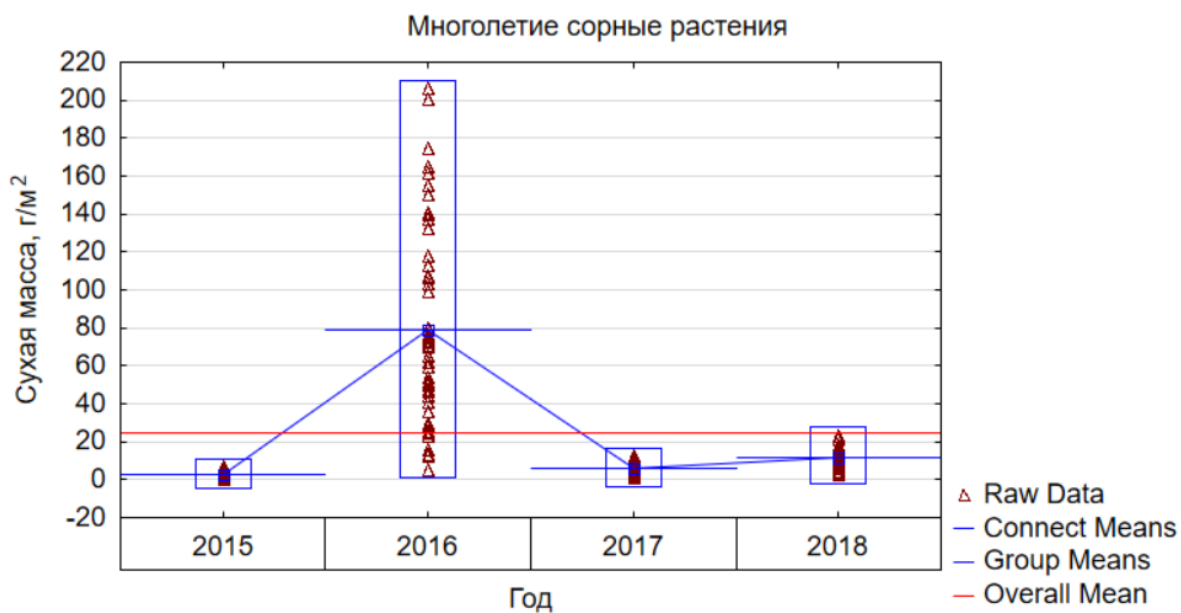


Рисунок 5.7 – Сухая масса многолетних сорных растений за период исследования 2015-2018 гг.

По малолетним сорным растениям наблюдается обратная тенденция. При возделывании однолетних трав в 2016 году отмечается наименьшая, а при выращивании ячменя в 2015 году – наибольшая биомасса малолетних сорных растений, при наименьшем варьировании их значений в зависимости от изучаемых факторов (рисунок 5.8).



Рисунок 5.8 – Сухая масса малолетних сорных растений за период исследования 2015-2018 гг.

Изучаемые системы обработки по группам культур яровые зерновые (2015, 2017) и однолетние травы (2016, 2018) незначительно влияли на накопление сухой массы сорных растений (таблица 5.4).

Вместе с тем можно отметить, что при возделывании ячменя в 2015 г. проведение поверхностной с рыхлением обработке почвы (STL) по фонам N и SN с гербицидами (WG) сопровождалось существенным увеличением сухой массы сорных растений на 53,7 и 44,9% соответственно (рисунок 5.9). Аналогичные тенденции наблюдались и по системе поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону без удобрений (F0) с гербицидами (WG).

В посевах яровой пшеницы (2017) вариант ежегодной поверхностной обработки почвы (ST) на фоне SNPK и последствия гербицида (WG) характеризовался достоверным увеличением сухой массы малолетних видов сорных растений на 36,14 г/м² в сравнении с системой отвальной обработки.

Применение NPK и SNPK по системам обработки MP, STL и ST без гербицидов (G0) обуславливало достоверное снижение сухой массы многолетних сорных растений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017). При этом по мере увеличения фона питания увеличивалась и биомасса малолетних видов сорняков. Аналогичные тенденции наблюдались в посевах однолетних трав (2016, 2018).

Применение гербицидов (WG) по всем изучаемым системам обработки в посевах яровых зерновых (2015, 2017) сопровождалось достоверным уменьшением биомассы малолетних сорняков только по фонам NPK и SNPK, что свидетельствует о положительном взаимодействии полной нормы минеральных удобрений и средств защиты от сорняков (рисунок 5.9).

Таблица 5.4 – Сухая масса сорных растений в среднем по группам культур 2015-2018 гг., г/м²

Вариант		Яровые зерновые (2015, 2017)						Однолетние травы (2016, 2018)					
		G0			WG			G0			WG		
обработка,	удобрение	Много	Мало	всего	Много	Мало	всего	Много	Мало	всего	Много	Мало	всего
		летние	летние		летние	летние		летние	летние		летние		
MP	F0	4,39	25,73	30,12	4,97	19,19	24,16	27,91	25,82	53,73	36,3	29,17	65,47
	N	5,81	24,56	30,36	3,60	22,60	26,20	24,39	25,08	49,47	31,02	30,94	61,96
	S	6,75	21,64	28,39	4,87	20,51	25,38	38,32	18,7	57,02	84,39	20,45	104,84
	SN	3,35	23,93	27,28	2,83	19,97	22,79	13,65	22,14	35,79	15,78	14,48	30,26
	SNPK	1,87	35,28	37,14	4,24	36,32	40,55	11,87	44,24	56,11	14,23	25,87	40,1
	NPK	3,92	56,91	60,82	3,75	29,92	33,67	24,1	41,04	65,14	10,86	45,64	56,5
STL	F0	4,10	29,56	33,65	5,88	21,13	27,01	84,25	9,79	94,04	92,61	12,99	105,6
	N	6,70	33,05	39,75	6,68	37,19	43,87	62,32	11,13	73,45	42,69	14,37	57,06
	S	5,45	23,34	28,78	7,50	22,49	29,98	43,91	20,32	64,23	77,64	8,69	86,33
	SN	2,91	30,16	33,06	3,84	34,40	38,23	55,76	11,36	67,12	84,19	34,67	118,86
	SNPK	1,48	47,78	49,26	0,67	39,63	40,30	22,17	39,24	61,41	25,42	28,99	54,41
	NPK	4,20	57,79	61,98	4,35	41,34	45,69	61,51	38,16	99,67	68,14	26,1	94,24
SP	F0	3,64	31,28	34,91	2,19	30,71	32,89	22,2	28,9	51,1	34,44	16,18	50,62
	N	4,73	33,18	37,91	2,69	26,25	28,94	17,32	24,14	41,46	17,11	27,44	44,55
	S	6,98	24,20	31,18	4,53	23,12	27,64	43,75	8,94	52,69	44,69	12,22	56,91
	SN	2,34	39,24	41,57	4,45	22,23	26,68	30,47	11,83	42,3	32,29	19,66	51,95
	SNPK	3,67	40,10	43,77	3,45	30,90	34,35	28,73	37,62	66,35	11,96	55,5	67,46
	NPK	4,22	50,79	55,01	3,53	48,81	52,34	11,16	24,45	35,61	108,31	23,42	131,73
ST	F0	5,15	28,28	33,43	3,17	16,71	19,88	64,04	37,09	101,13	45,67	8,72	54,39
	N	7,18	38,79	45,97	4,80	33,89	38,69	76,24	19,59	95,83	71,41	12,69	84,1
	S	6,25	22,45	28,70	5,24	22,61	27,84	106,2	7,27	113,47	94,07	15,4	109,47
	SN	5,40	27,36	32,76	2,74	23,16	25,90	76,57	12,07	88,64	27,17	15,3	42,47
	SNPK	2,89	51,65	54,54	2,32	66,99	69,31	34,3	23,33	57,63	57,12	35,88	93
	NPK	5,04	57,31	62,35	6,52	49,14	55,65	10,44	47,25	57,69	48,19	31,07	79,26
НСР ₀₅ для делянок I порядка		F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок II порядка		1,95	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	1,95	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	14,33	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	14,33	F ₀ <F ₀₅
НСР ₀₅ для делянок III порядка		F ₀ <F ₀₅	7,12	5,78	F ₀ <F ₀₅	7,12	5,78	6,34	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅	6,34	F ₀ <F ₀₅	F ₀ <F ₀₅

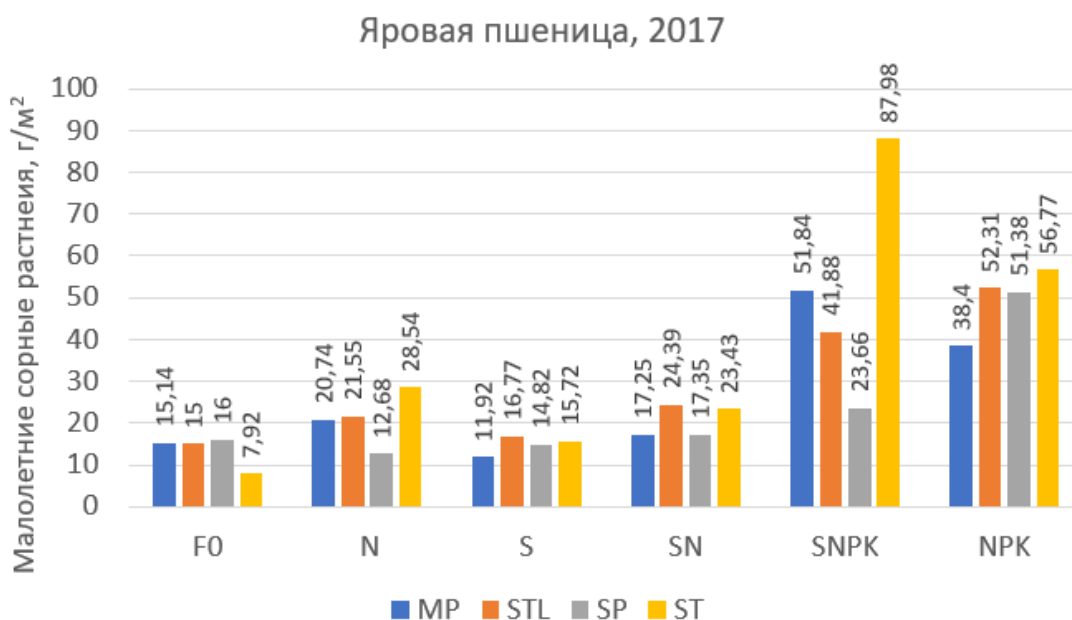
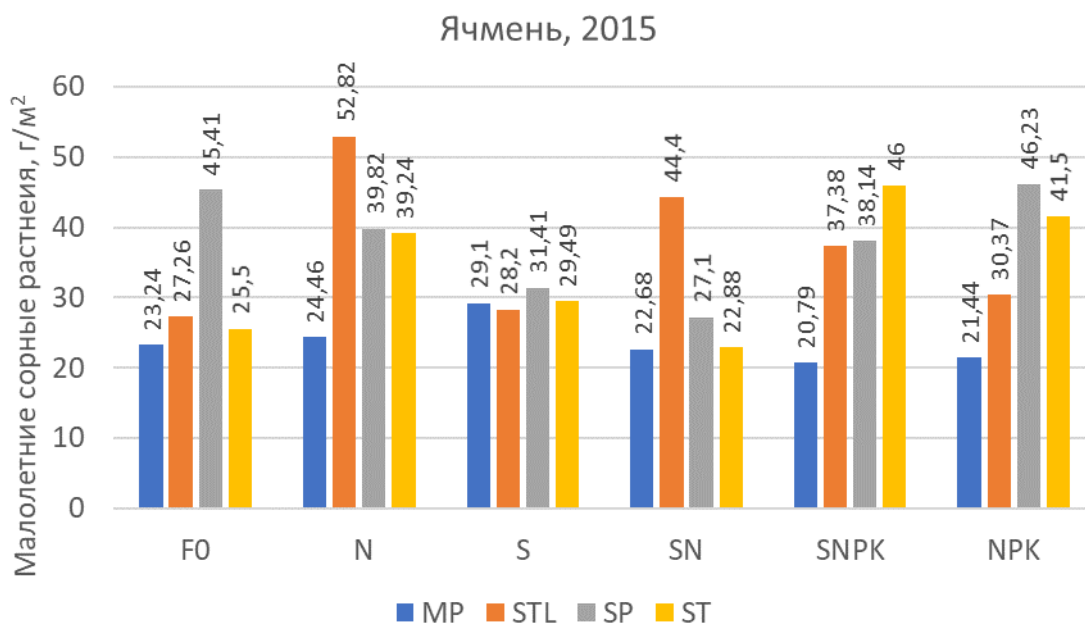


Рисунок 5.9 – Влияние систем обработки на сухую массу малолетних сорных растений в посевах ячменя и яровой пшеницы (фон с гербицидами, WG)

Последствие гербицидов в посевах однолетних трав (2016, 2018) сопровождалось увеличением сухой массы многолетних сорных растений на делянках поверхностной с рыхлением (STL) обработки по всем изучаемым фонам питания. Аналогичные тенденции наблюдались и на поверхностной (SP) обработке почвы по фонам применения полного минерального удобрения (NPK и SNPK).

Изучаемые системы обработки в среднем по группам культур и по факторам не оказали существенного влияния на накопление сухой массы сорными растениями (таблица 5.5) как в посевах яровых зерновых, так и однолетних трав. Вместе с тем можно отметить, что в посевах яровых зерновых минимальные системы обработки сопровождались увеличением сухой массы малолетних сорных растений на 19,29-30,36%. При этом система поверхностно-отвальной обработки (SP) вела к незначительному снижению 7,14% численности многолетних сорняков, а по малолетним видам характеризовалась наименьшим размахом варьирования по изучаемым фоновым удобрениям и защите растений (рисунок 5.10).

Таблица 5.5 – Сухая масса сорных растений в среднем по факторам и по группам культур за период 2015-2018 г., г/м²

Вариант	Яровые зерновые			Однолетние травы		
	Многолетние	Малолетние	Всего	Многолетние	Малолетние	Всего
Фактор А. Система основной обработки почвы						
MP	4,2	28,0	32,2	27,74	28,63	56,37
STL	4,5	34,8	39,3	60,05	21,32	81,37
SP	3,9	33,4	37,3	33,54	24,19	57,73
ST	4,7	36,5	41,2	59,35	22,40	81,74
НСР ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅
Фактор В. Система удобрений						
F0	4,2	25,3	29,5	50,93	21,08	72,01
N	5,3	31,2	36,5	42,81	20,67	63,49
S	5,9	22,5	28,5	66,62	14,00	80,62
SN	3,5	27,6	31,0	41,99	17,69	59,67
SNPK	2,6	43,6	46,2	25,73	36,33	62,06
NPK	4,4	49,0	53,4	42,84	34,64	77,48
НСР ₀₅	1,95	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	14,33	Fφ<F ₀₅
Фактор С. Система защиты растений						
G0	4,5	35,6	40,1	41,32	24,56	65,88
WG	4,1	30,8	34,9	48,99	23,58	72,56
НСР ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅	6,34	Fφ<F ₀₅	Fφ<F ₀₅

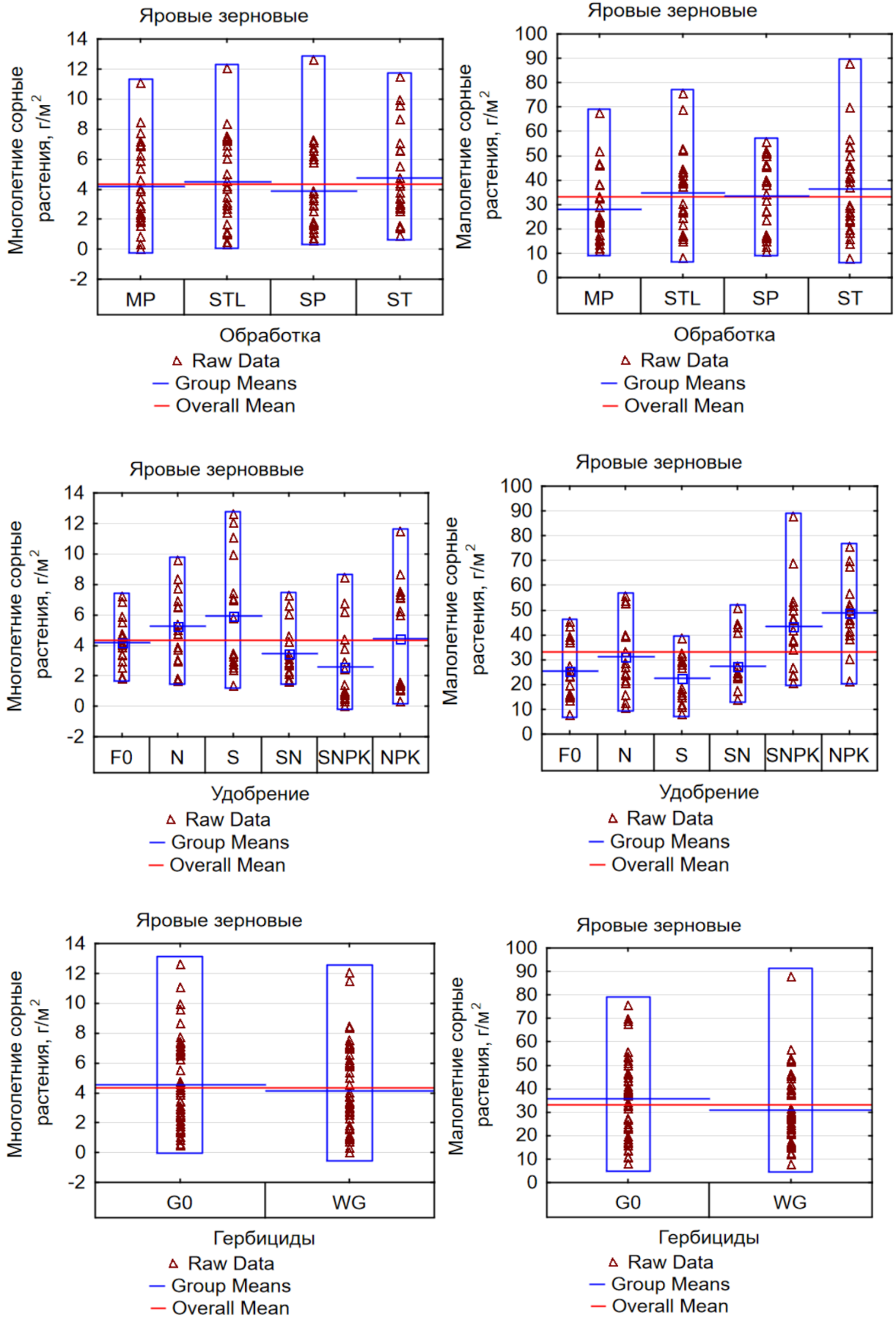


Рисунок 5.10 – Варьирование сухой массы сорных растений в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) в зависимости от изучаемых факторов

В посевах однолетних трав (2016, 2018) системы ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) вели к незначительному снижению биомассы малолетних и увеличению сухой массы многолетних сорняков, что наиболее ярко проявлялось по безотвальным технологиям (STL и ST). Система поверхностно-отвальной обработки (SP) обеспечивала формирование сухой массы многолетних сорняков на уровне отвальной (MP) (таблица 5.5, рисунок 5.11).

Действие соломы совместно с полной нормой минеральных удобрений (SNPK) в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) способствовало существенному снижению сухой массы многолетних сорных растений на 38,1%. Что же касается малолетних видов, то при применении SNPK и NPK происходило увеличение их биомассы на 72,33 и 93,67% соответственно.

Применение удобрений в посевах однолетних трав (2016, 2018) не оказало существенного влияния на накопление сухой массы многолетними сорняками. Однако можно констатировать рост биомассы малолетних видов при повышении фона минерального питания, что особенно было заметно на варианте SNPK (+72,34%). Применение же одной соломы (S) сопровождалось незначительным увеличением 30,81% биомассы многолетних сорных растений. Системы удобрений N, S, SN в посевах однолетних трав способствовали сокращению сухой массы малолетних видов сорняков на 1,94%, 36,59%, 16,08% соответственно. В свою очередь применение NPK как совместно с соломой, так и отдельно привело к достоверному увеличению сухой массы на 72,3% и 64,3%, соответственно.

Действие гербицидов на яровых зерновых (2015, 2017) проявлялось в незначительном снижении биомассы сорных растений. Накопление же сухой массы многолетними сорными растениями от последствий гербицидов в посевах однолетних трав (2016, 2018) происходило на фоне снижения их общей численности, что сначала привело к улучшению фосфатного режима почвы (таблица 3.5). Однако впоследствии более высокое содержание фосфора стимулировало активный рост и развитие оставшихся многолетних сорняков и формировании ими более высокой биомассы.

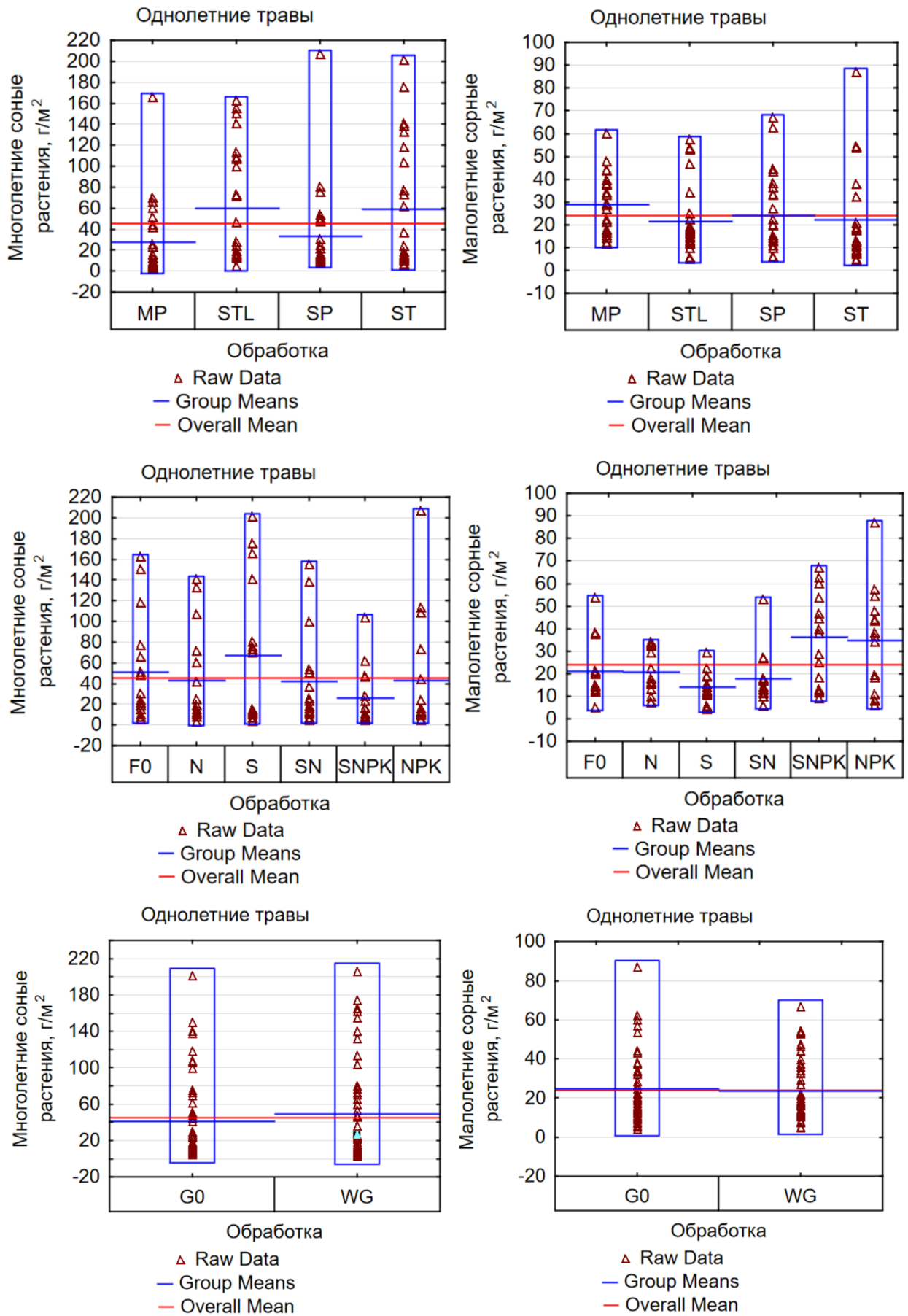


Рисунок 5.11 – Варьирование сухой массы сорных растений в посевах однолетних трав (2016, 2018) в зависимости от изучаемых факторов

При этом интересно отметить, что при применении гербицида Линтур в посевах ячменя (2015) и однолетних трав (2016) наблюдалось снижение связи между изучаемыми показателями обилия малолетних сорных растений, что косвенно подтверждает вывод о снижении численности и формировании в последующем оставшимися видами более высокой биомассы (рисунок 5.12).

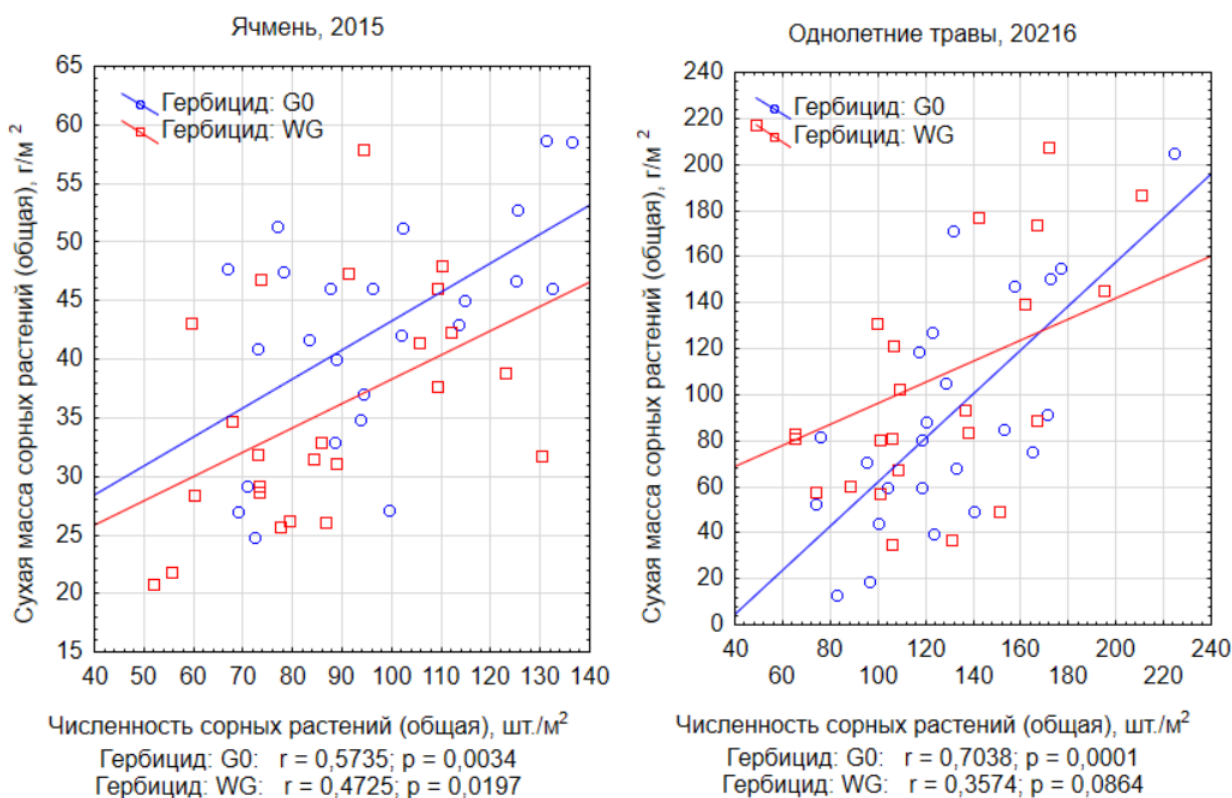


Рисунок 5.12 – Связь численности и сухой массы малолетними сорными растениями в зависимости от действия и последействия гербицидов

5.3 Динамика видового состава сорных растений

Динамика видового состава сорных растений очень сильно варьировала в течение всего периода исследований и зависела как от культуры и метеорологических условий года, так и от изучаемых факторов (рисунки 5.13-5.19).

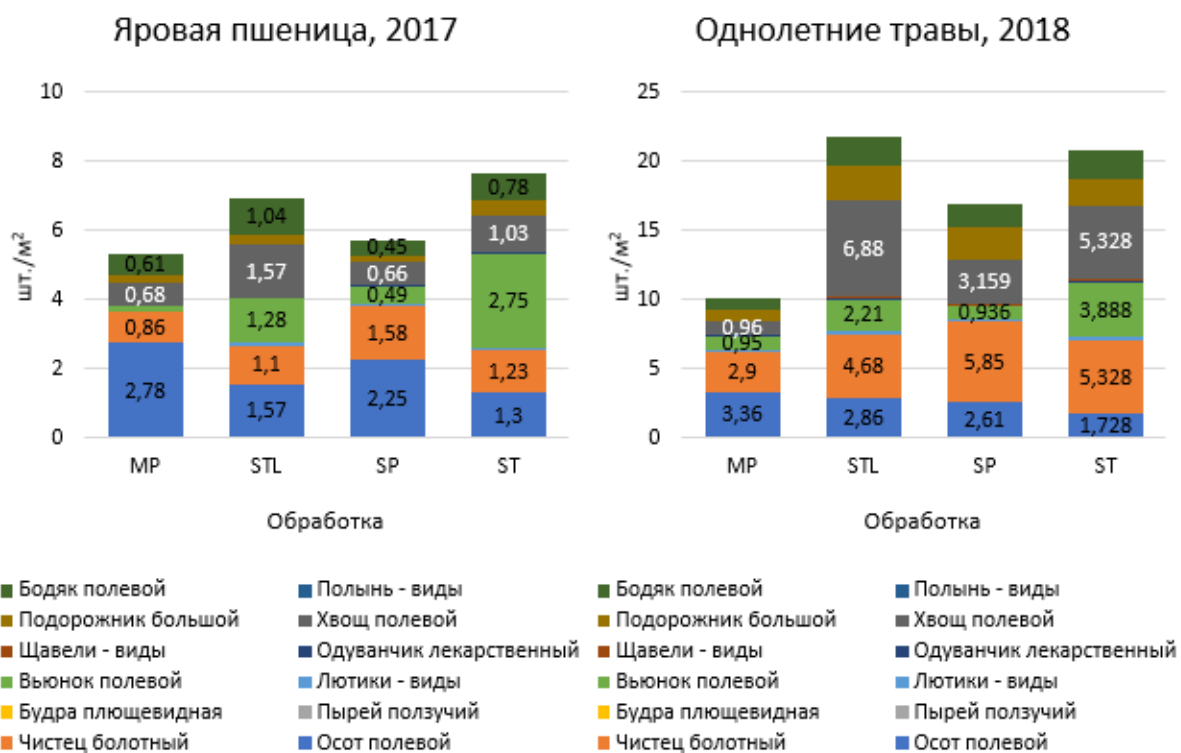
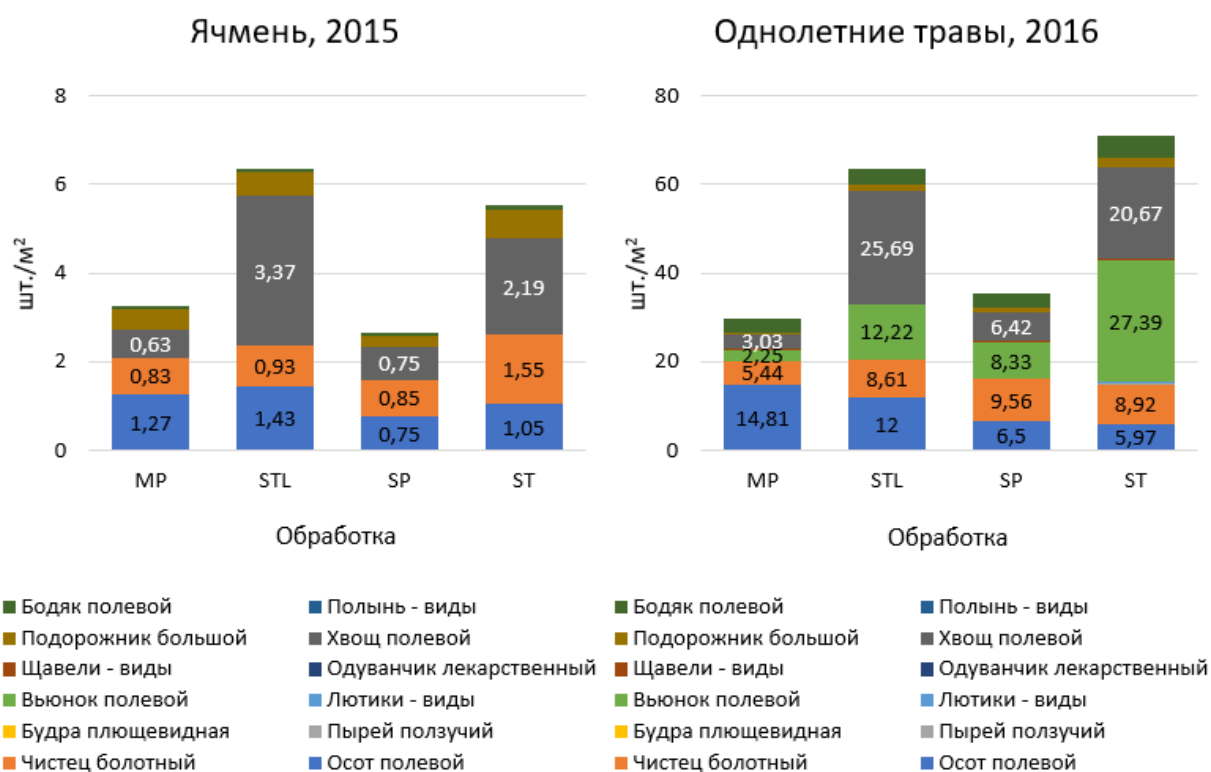


Рисунок 5.13 – Изменение видового состава многолетних сорных растений в зависимости от изучаемых систем обработки

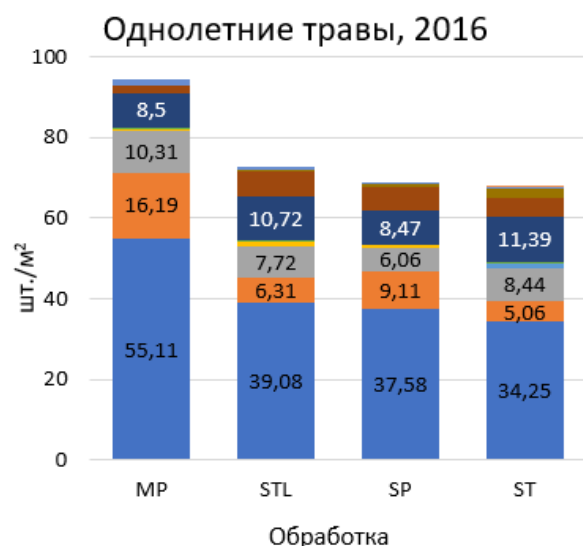
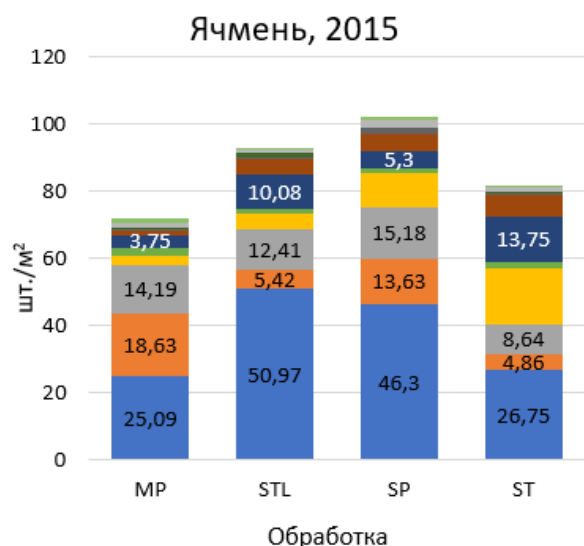
Применение безотвальных обработок (STL и ST) в течение всего периода исследований 2015-2018 гг. сопровождалось заметным увеличением численности хвоща полевого (рисунок 5.13). При этом система поверхностно-отвальной обработки (SP) при возделывании яровых зерновых 2015 и 2017 гг. обеспечивала формирование численности данного вида сорных растений на уровне системы отвальной обработки (MP).

Системы ресурсосберегающей обработки (STL, SP и ST) способствовали увеличению численности чистеца болотного, что наиболее заметно проявлялось в посевах однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017). Также можно отметить увеличение численности вьюнка полевого на вариантах с безотвальной обработки почвы (STL и ST). Система поверхностно-отвальной обработки (SP) в посевах яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018) не вела к увеличению численности данного вида. Увеличение наблюдалось лишь в посевах однолетних трав (2016) и характеризовалось значительно меньшими значениями, чем на безотвальных обработках. Вместе с тем, следует отметить, что системы ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP и ST), и, особенно поверхностная (ST) способствовали снижению численности осота полевого в течение всего периода исследований 2015-2018 гг.

Увеличение численности малолетних сорных растений в посевах ячменя (2015) при применении поверхностной с рыхлением и поверхностно-отвальной обработок происходило в основном за счет мари белой (рисунок 5.14).

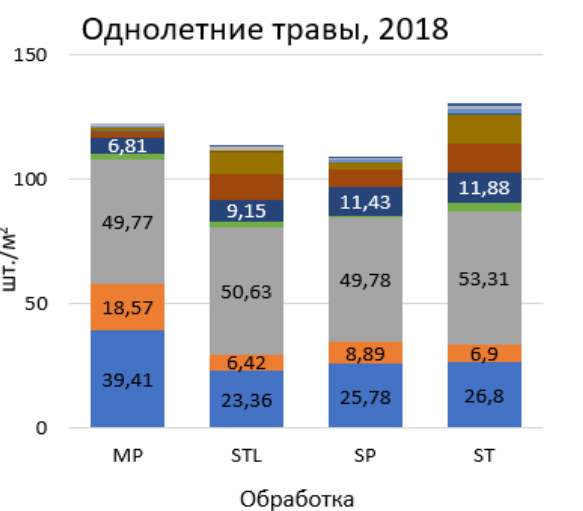
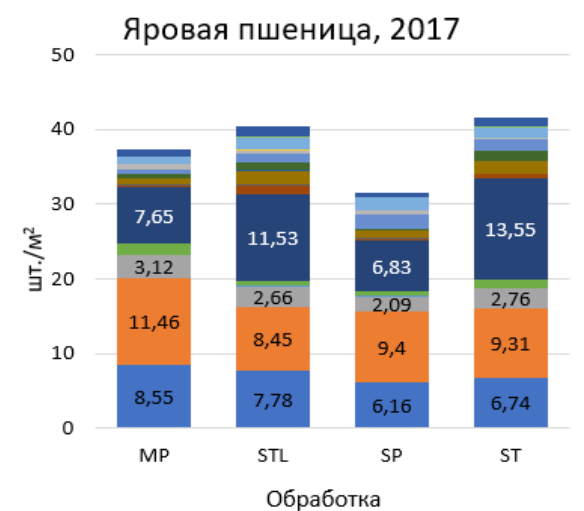
Применение ресурсосберегающих обработок (STL, SP и ST) также вело к увеличению горца шероховатого, ромашки непахучей и подмаренника цепкого. Вместе с этим можно отметить снижение численности горчицы полевой.

В посевах однолетних трав (2016) системы ресурсосберегающей обработки (STL, SP и ST) обуславливали снижение численности малолетних сорных растений за счет мари белой на 29,09%, 31,81%, 37,85% и горчицы полевой на 61,03%, 43,73%, 68,75%, соответственно. При этом отмечалось увеличение численности подмаренника цепкого, в 2,68, 2,49 и 1,68 раза, соответственно.



- Марь белая
- Горчица полевая
- Горец шер.
- Горец вьюнков.
- Горец птичий
- Пикульники - виды
- Ромашка непахучая
- Подмаренник цеп.
- Дымянка аптечная
- Звездчатка средняя
- Фиалка полевая
- Незабудка полевая
- Ярутка полевая
- Метлица обыкновенная
- Василёк синий
- Мятлик однолетний
- Пастушья сумка обыкн.
- Сушеница топяная
- Торица полевая

- Марь белая
- Горчица полевая
- Горец шер.
- Горец вьюнков.
- Горец птичий
- Пикульники - виды
- Ромашка непахучая
- Подмаренник цеп.
- Дымянка аптечная
- Звездчатка средняя
- Фиалка полевая
- Незабудка полевая
- Ярутка полевая
- Метлица обыкновенная
- Василёк синий
- Мятлик однолетний
- Пастушья сумка обыкн.
- Сушеница топяная
- Торица полевая



- Марь белая
- Горчица полевая
- Горец шер.
- Горец вьюнков.
- Горец птичий
- Пикульники - виды
- Ромашка непахучая
- Подмаренник цеп.
- Дымянка аптечная
- Звездчатка средняя
- Фиалка полевая
- Незабудка полевая
- Ярутка полевая
- Метлица обыкновенная
- Василёк синий
- Мятлик однолетний
- Пастушья сумка обыкн.
- Сушеница топяная
- Торица полевая

- Марь белая
- Горчица полевая
- Горец шер.
- Горец вьюнков.
- Горец птичий
- Пикульники - виды
- Ромашка непахучая
- Подмаренник цеп.
- Дымянка аптечная
- Звездчатка средняя
- Фиалка полевая
- Незабудка полевая
- Ярутка полевая
- Метлица обыкновенная
- Василёк синий
- Мятлик однолетний
- Пастушья сумка обыкн.
- Сушеница топяная
- Торица полевая

Рисунок 5.14 – Изменение видового состава малолетних сорных растений в зависимости от изучаемых систем обработки

В посевах яровой пшеницы (2017) наблюдалось сохранение тенденции снижения численности мари белой и горчицы полевой при применении минимальных обработок (STL, SP и ST), которая наблюдалась и в посевах однолетних трав (2016). Что же касается яровой пшеницы (2017) то безотвальные системы обработки (STL и ST) обеспечили увеличение суммарной численности малолетних видов за счет ромашки непахучей, звездчатки средней и незабудки полевой.

В посевах однолетних трав (2016) по всем изучаемым вариантам обработки наблюдалось увеличение численности горца шероховатого, который доминировал среди малолетних видов.

Применяемые системы удобрений оказали неоднозначное влияние на видовой состав как многолетних (рисунок 5.15), так и малолетних (рисунок 5.16) сорных растений.

Увеличение численности многолетних сорных растений происходило в основном за счет таких видов, как хвоща полевого, вьюнка полевого, чистеца болотного.

Так при выращивании ячменя (2015) все изучаемые системы удобрений способствовали снижению численности осота полевого на 34,47-93,19% и чистеца болотного на 20,93-76,74% по сравнению с вариантом без удобрений. Аналогичная тенденция отмечается и в 2016 году, за исключением варианта с внесением соломы (S), где наблюдался рост численности осота полевого на 13,94%, а чистеца болотного на 15,97%.

Так же использование одной соломы (S) в качестве удобрения способствовало росту численности хвоща полевого, чистеца болотного при возделывании яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018).

Внесение одних азотных удобрений (N) и одной соломы (S) сопровождалось увеличением численности вьюнка полевого в посевах однолетних трав (2016) на 25,9-66,2% и яровой пшеницы (2017) в 4,3 раза.

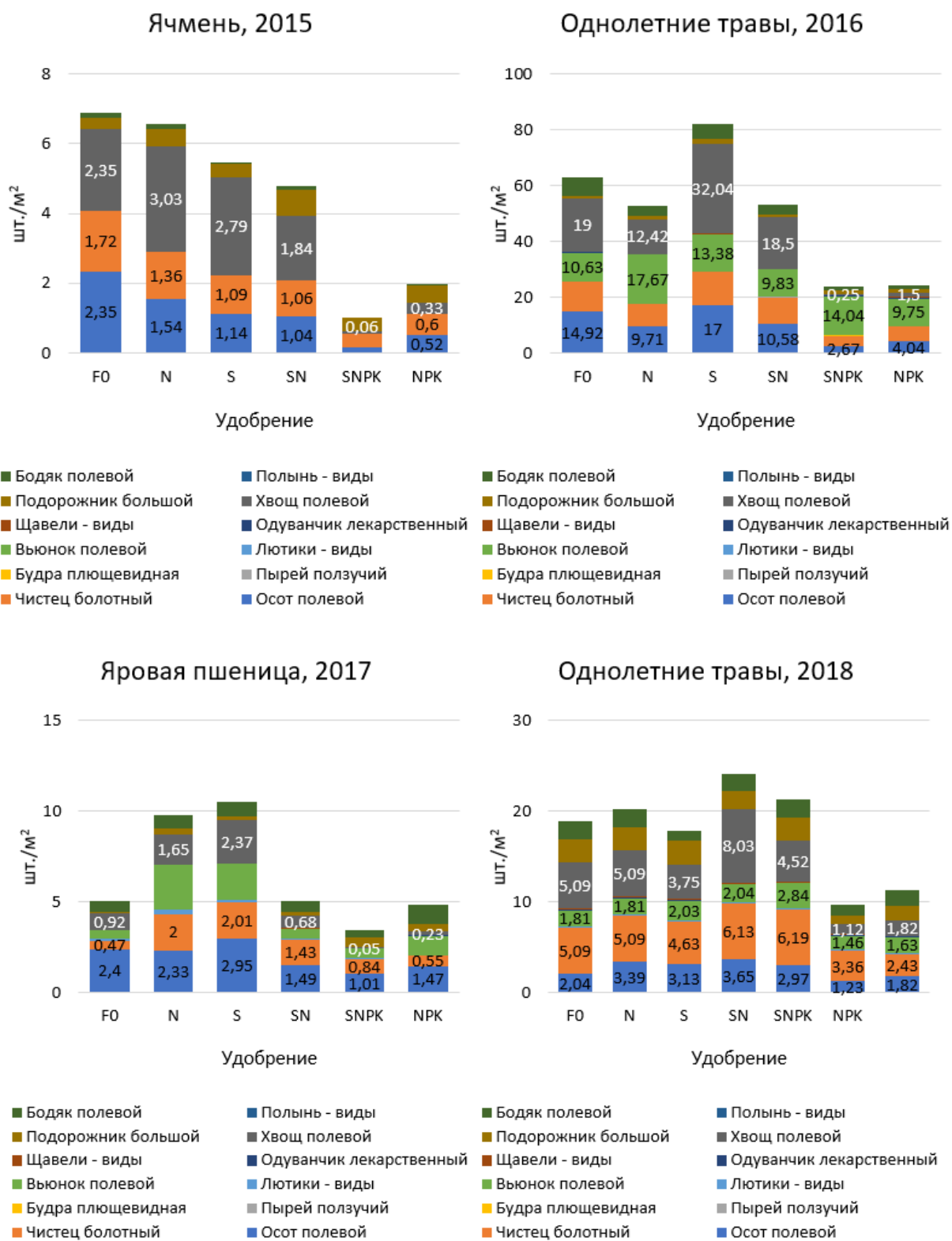


Рисунок 5.15 – Изменение видового состава многолетних сорных растений в зависимости от изучаемых систем удобрения, шт./м²

Стоит отметить, что за весь период исследования 2015-2018 гг. минимальные значения численности осота полевого, бодяга полевого, чистеца болотного были отмечены на вариантах с SNPК. Снижению численности данных видов сорняков по сравнению с вариантом без удобрений так же способствовало внесение NPK.

Колебания численности малолетних сорняков при внесении удобрений при возделывании ячменя (2015) и однолетних трав (2016) происходили в большей степени за счет мари белой, которая доминировала в посевах данных культур (рисунок 5.16). При этом наблюдалась разнонаправленная динамика на фоне применения одной соломы (S), отражающаяся в формировании минимальных значений мари белой в посевах однолетних трав (2015) и максимальных в посевах ячменя (2016).

Также следует отметить, что применение NPK и SNPК в посевах ячменя (2015) и однолетних трав (2016) сопровождалось увеличением численности подмаренника цепкого.

Применение NPK и SNPК в течение всего периода исследований 2015-2018 гг. 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 и однолетних трав (2018) в 2,4 раза.

При возделывании яровой пшеницы (2017) увеличение численности малолетних видов сорных растений на фонах N, SNPК и NPK происходило в основном за счет ромашки непахучей, значения по которой в 1,9, 2,6 и 3,2 раза превосходили контрольный вариант – без удобрений (F0). По фонам полного минерального удобрения (SNPK и NPK) отмечалось также увеличение численности по видам: мари белая, пастушья сумка обыкновенная, ярутка полевая, незабудка полевая и др.

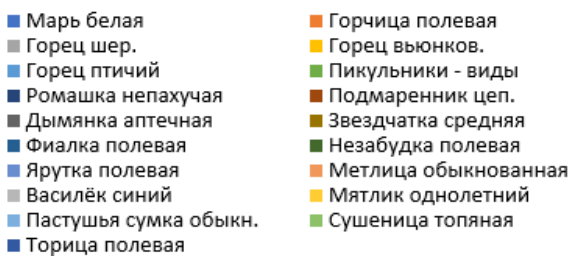
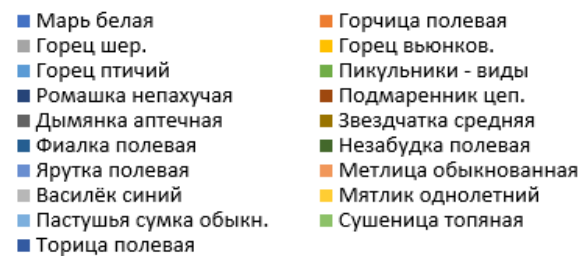
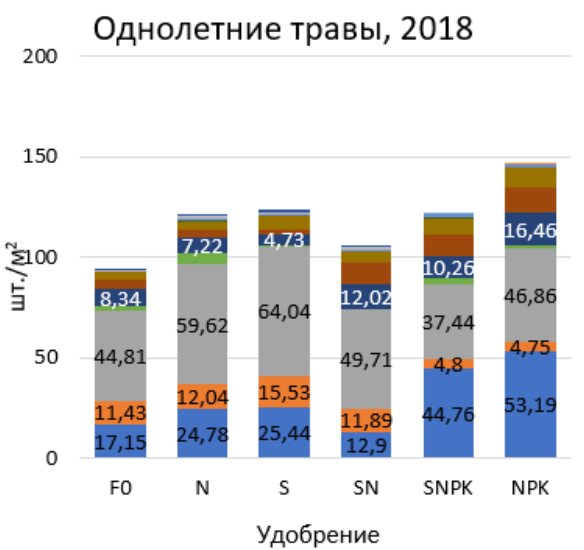
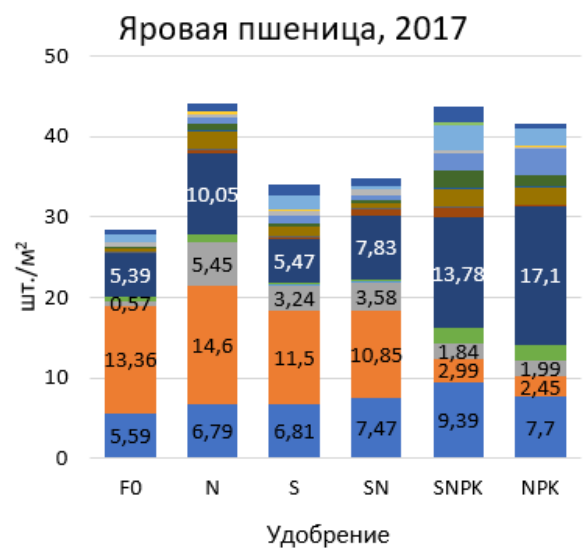
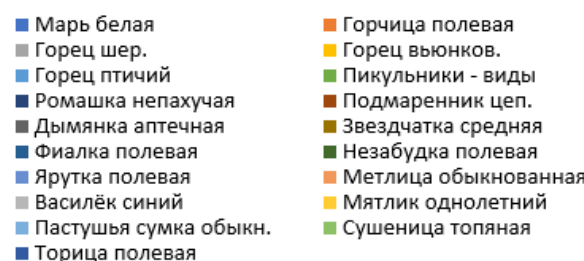
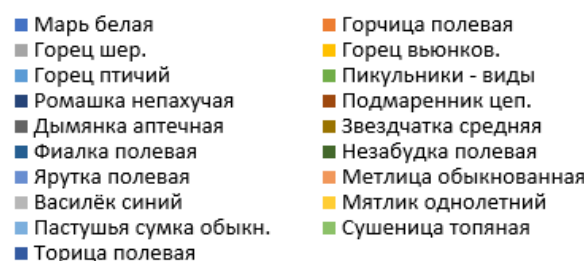
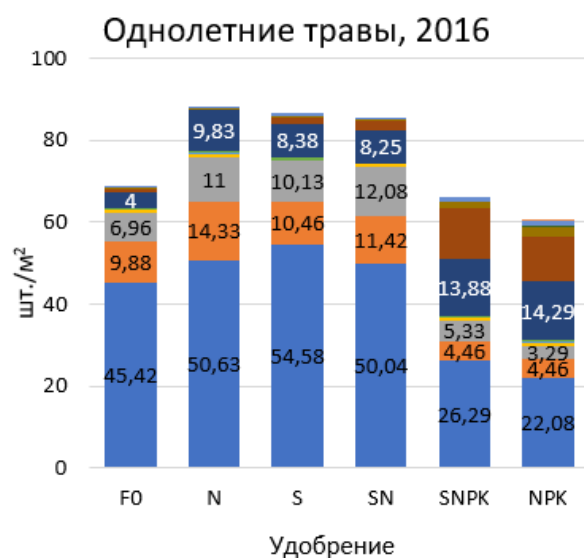
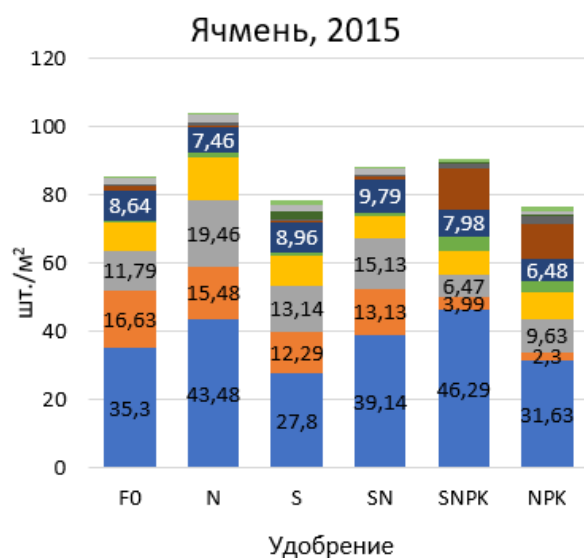


Рисунок 5.16 – Изменение видового состава малолетних сорных растений в зависимости от изучаемых систем удобрения

Внесение удобрений и особенно N, S и SN вело к увеличению численности горца шероховатого в посевах яровой пшеницы (2017). Данная тенденция прослеживалась и в посевах однолетних трав (2018), где при общем доминировании горца шероховатого наблюдалось увеличение его численности по данным фонам питания на 33,05, 42,91 и 10,94%, соответственно.

В посевах однолетних трав (2016, 2018) применение NPK и SNPK способствовало увеличению численности малолетних сорных растений в основном за счет мари белой в 2,6-3,1 раза. Отмечалось также увеличение численности ромашки непахучей, подмаренника цепкого и звездчатки средней.

Применение гербицидов в посевах ячменя (2015) и их последствие на однолетних травах (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017) способствовало снижению общей численности многолетних сорных растений (рисунок 5.17).

При использовании средств защиты растений наблюдается рост биомассы 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 составил 100% и 31,57%, в посевах однолетних трав (2016, 2018), соответственно, 52,96% и 10,27%.

Последствие гербицида Линтур сопровождалось снижением численности вьюка полевого в посевах однолетних трав (2016) на 17,9%, однако в 2017 и 2018 гг., разница между вариантами нивелировалась.

Применение гербицида Линтур в фазу кущение ячменя (2015) способствовало снижению общей численности малолетних видов сорных растений за счет горчицы полевой, горца шероховатого, горца вьюнкового и ромашки непахучей (рисунок 5.18). При этом наблюдалось увеличение численности мари белой на 39,4%, которая доминировала среди малолетних видов.

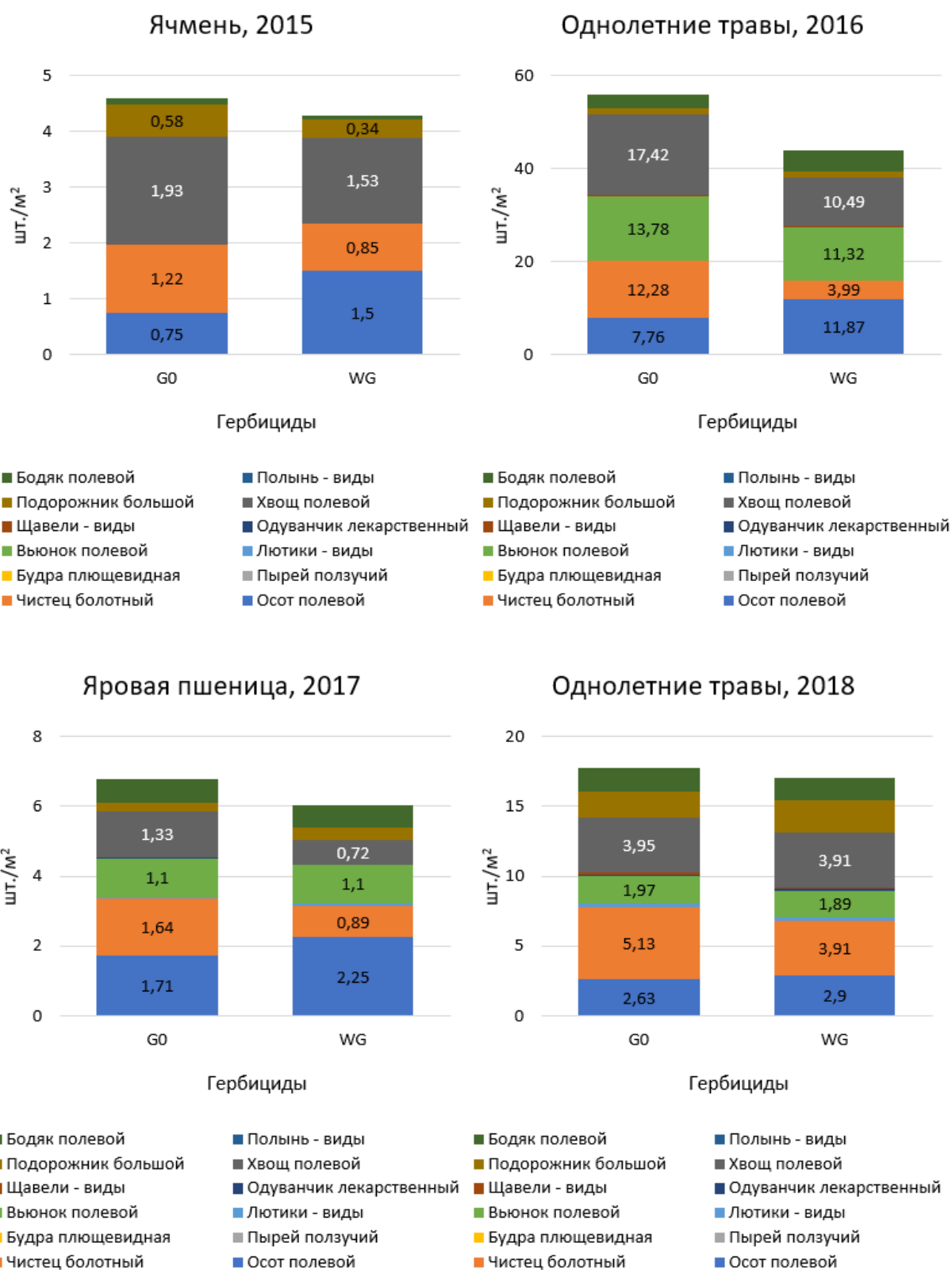
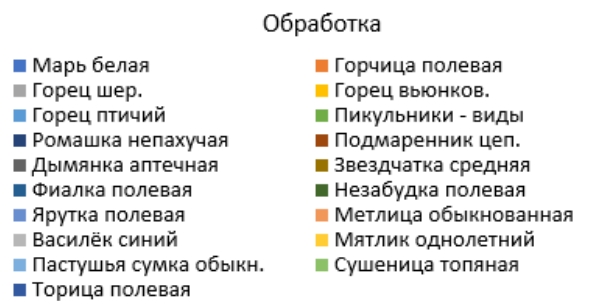
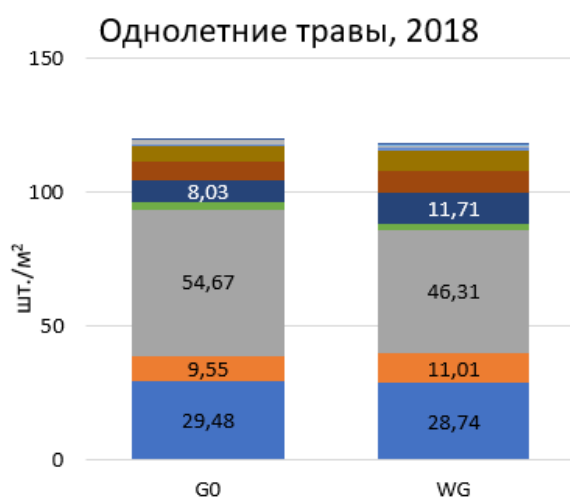
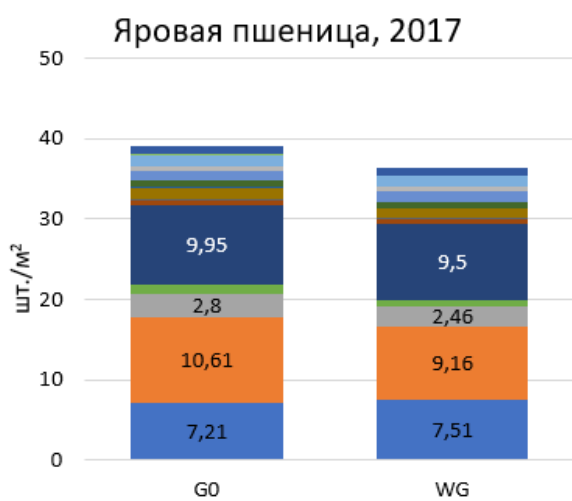
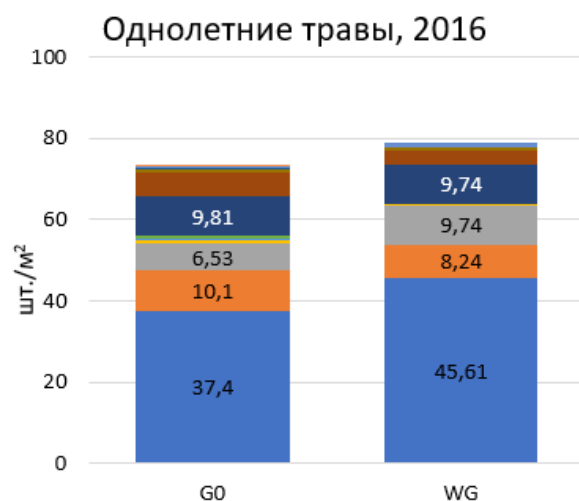
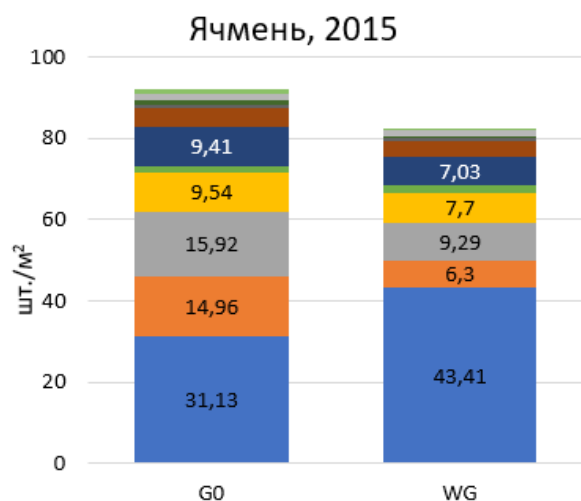


Рисунок 5.17 – Изменение видового состава многолетних сорных растений в зависимости от изучаемых систем защиты растений от сорняков



Легенда

Рисунок 5.18 – Изменение видового состава малолетних сорных растений в зависимости от изучаемых систем защиты растений от сорняков

В посевах однолетних трав (2016) марь белая сохранила доминирующие позиции играя основную роль в увеличении численности малолетних видов при изучении последствий гербицида.

В посевах яровой пшеницы (2017) доминировали такие виды как: ромашка непахучая и горчица полевая, численность которых с учетом последствий гербицидов незначительно снизилась на 4,5% и 13,7%, соответственно.

В посевах однолетних трав (2018) доминирующими видами выступили горец шероховатый, марь белая, горчица полевая и ромашка непахучая. При этом на вариантах с последствием гербицидов численность горца шероховатого и мари белой снизилась на 15,29 и 2,51%, соответственно, а горчицы и ромашки, напротив, увеличилась на 15,29 и 45,82% соответственно.

6 УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ЕЕ СВЯЗЬ С ИЗУЧАЕМЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

6.1 Динамика урожайности культурных растений

Урожайность полевых культур является важным показателем хозяйственной оценки эффективности используемых технологий.

Применение систем ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST) по фону SNPK, NPK с гербицидами (WG) способствовало достоверному увеличению урожайности ячменя (2015) на 1,84-7,08 ц/га (8,15-36,27%) (таблица 6.1). А вариант с системой поверхностно-отвальной обработки (SP) характеризовался наибольшей урожайностью культуры – 27,40 ц/га. Аналогичная динамика была получена при применении системы поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPK, NPK без гербицидов (W0).

Урожайность зеленой массы вико-овсяной смеси в 2016 году несколько превышала запланированную, однако изучаемые системы обработки почвы существенного влияния на урожайность не оказали. Можно лишь отметить, что на вариантах с ресурсосберегающими технологиями обработки (STL, SP, ST) урожайность была выше по сравнению с отвальной обработкой (MP).

В посевах яровой пшеницы (2017) урожайность варьировала от 14,75 до 29,38 ц/га. Изучаемые системы основной обработки почвы не оказали существенного влияния на урожайность яровой пшеницы (2017). При этом максимальные значения 28,92 ц/га и 29,38 ц/га были получены на вариантах поверхностной с рыхлением (STL) по фону совместного внесения соломы с минеральными удобрениями (SNPK) без гербицидов (G0) и поверхностно-отвальной (SP) при NPK с гербицидами (WG), соответственно.

Таблица 6.1– Влияние систем основной обработки почвы, удобрений и защиты растений на урожайность, ц/га

Вариант		Ячмень, 2015		Однолетние травы, 2016		Яровая пшеница, 2017		Однолетние травы, 2018	
		G0	WG	G0	WG	G0	WG	G0	WG
Отвальная, MP	F0	15,10	14,23	280,1	256,13	14,85	19,74	217,0	203,9
	N	14,94	15,67	294,01	377,90	20,76	21,28	265,7	226,6
	S	14,95	19,31	382,11	387,15	20,64	16,40	272,1	231,9
	SN	15,38	18,14	344,57	337,68	22,85	19,93	205,6	220,5
	SNPK	18,87	22,59	399,72	383,41	22,96	23,88	258,7	236,3
	NPK	20,56	19,52	378,33	362,00	26,69	25,44	259,9	233,6
Поверхностная с рыхлением, STL	F0	12,17	13,21	377,96	372,03	20,04	21,06	203,0	186,4
	N	12,87	18,94	320,48	331,67	24,44	23,54	157,5	172,4
	S	14,18	21,65	345,87	357,15	19,65	24,27	136,5	199,5
	SN	15,85	19,47	373,80	358,23	19,37	17,15	161,0	166,3
	SNPK	20,78	24,43	331,06	328,55	28,92	28,22	255,5	263,4
	NPK	21,35	24,91	358,54	333,36	25,90	25,59	285,3	275,6
Поверхностно- отвальная, SP	F0	16,96	13,36	335,73	328,61	16,62	15,88	221,4	210,0
	N	16,47	18,24	287,03	363,05	23,86	23,63	230,1	283,5
	S	15,72	17,45	339,89	374,97	21,14	24,30	174,1	167,1
	SN	17,73	21,76	334,25	361,58	20,94	25,63	215,3	207,4
	SNPK	26,03	27,40	347,32	461,66	23,98	28,15	359,6	350,0
	NPK	24,72	25,14	315,63	346,41	26,36	29,38	341,3	340,4
Поверхностная, ST	F0	15,03	16,21	323,66	353,58	14,75	16,07	186,4	215,3
	N	16,77	19,65	294,37	320,06	23,97	24,70	226,6	201,3
	S	16,85	17,75	332,59	360,12	24,50	26,01	207,4	226,6
	SN	15,42	20,57	343,76	408,12	20,95	23,21	214,4	230,1
	SNPK	21,29	25,94	350,93	342,55	24,27	24,04	280,9	311,5
	NPK	21,43	26,60	382,41	286,80	25,39	25,28	325,5	285,3
НСР ₀₅ для делянок I порядка		1,46		F _Ф <F ₀₅		F _Ф <F ₀₅		25,2	
НСР ₀₅ для делянок II порядка		1,98		28,99		2,85		19,95	
НСР ₀₅ для делянок III порядка		1,11		F _Ф <F ₀₅		F _Ф <F ₀₅		F _Ф <F ₀₅	

В посевах однолетних трав (2018) ресурсосберегающие системы обработки почвы (STL, SP, ST) по фону SNPK с гербицидами (WG) достоверно способствовало увеличению урожайности культуры на 27,10-113,70 ц/га (11,47-48,12%).

Системы ресурсосберегающей обработки почвы (STL, SP, ST) по фону с азотными удобрениями (N) без гербицидов (G0), наоборот способствовали существенному снижению урожайности на 35,60-108,20 ц/га (13,40-40,72%). При этом наибольшее отрицательное влияние на урожайность однолетних трав (2018) оказала поверхностная с рыхлением обработка (STL) при внесении соломы (S) без гербицидов (G0) на которой снижение относительно отвальной обработки составило 135,6 ц/га (49,83%). Система поверхностно-отвальной обработкой (SP) по фону внесения SNPK как без гербицидов (G0), так и по фону их последствий (WG) способствовала увеличению урожайности на 100,90 ц/га (39,0%) и 113,70 ц/га (48,12%) соответственно.

Применение удобрений (SN, SNPK, NPK) по всем изучаемым системам обработки (MP, STL, SP, ST) и защиты растений от сорняков (G0, WG) способствовали увеличению урожайности ячменя (2015) на 0,28-9,18 ц/га (1,85-75,43%). Внесение отдельно соломы (S) и азотных удобрений (N) на отвальной (MP) и поверхностно-отвальной (SP) обработках без гербицидов (G0) вело к достоверному снижению урожайности ячменя (2015) на 0,15-1,24 ц/га (0,99-7,31%) по сравнению с вариантами без удобрений (F0).

Внесение удобрений на делянках с отвальной обработкой (MP) как с гербицидами (WG), так и без их использования (G0) способствовали росту урожайности вико-овсяной смеси (2016) на 13,91-131,02 ц/га (4,97-51,15%). Применение SNPK на поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) обработках без гербицидов (G0) способствовало достоверному увеличению урожайности, соответственно, на 11,59 ц/га (3,45%) и 27,27 ц/га (8,43%), а фону поверхностной с рыхлением (STL), напротив, отмечалось снижение урожайности зеленой массы однолетних трав (2016) на 42,74 ц/га (12,41%).

В посевах яровой пшеницы (2017) использование всех систем удобрений (N, S, SN, SNPK, NPK) на поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) без гербицидов (G0) и на вариантах с их последствием (WG) достоверно способствовали росту урожайности на 4,32-13,50 ц/га (25,99-85,01%). Внесение соломы как отдельно (S), так и совместно с азотными удобрениями (SN) на поверхностной с рыхлением обработке (STL) без гербицидов (G0) привело к достоверному снижению урожая яровой пшеницы на 0,39 ц/га (1,94%) и 0,67 ц/га (3,34%) соответственно.

Использование минеральных удобрений как совместно с соломой (SNPK), так и отдельно (NPK) по всем вариантам обработки почвы (MP, STL, SP, ST) на всех фонах гербицидов (G0, WG) привело к существенному увеличению урожайности однолетних трав (2018) на 29,70-140,0 ц/га (14,57-74,62%). Аналогично результатам выращивания однолетних трав в 2016 году внесение соломы совместно с азотными удобрениями (SN) на поверхностной с рыхлением (STL) и поверхностно-отвальной обработках (SP), напротив, привело к достоверному снижению урожайности вико-овсяной смеси в 2018 году на 4,16-66,50 ц/га (1,10-32,75%).

Проведение опрыскивание гербицидом Линтур в посевах ячменя (2015) способствовало достоверному увеличению урожайности на всех вариантах опыта на 0,42-7,47 ц/га (1,70-52,68%). Исключение составляют варианты с отвальной обработкой (MP) по фонам без удобрений (F0) и с минеральными (NPK) и поверхностно-отвальной без удобрений (F0), на которых применение гербицидов привело к снижению урожайности ячменя на 0,87 ц/га (5,76%), 1,04 ц/га (5,07%), 3,60 ц/га (21,23%).

Последствие гербицидов в посевах однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2018) не оказало существенного влияния на урожайность культурных растений.

Применение систем поверхностно-отвальной (SP) и поверхностной (ST) обработки в среднем по системам удобрений и гербицидов способствовало достоверному увеличению урожайности зерна ячменя (2015) на 2,64 и

2,02 ц/га (15,13 и 11,58%) соответственно (таблица 6.2). Аналогичные тенденции наблюдались в посевах яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018). Применение поверхностной с рыхлением обработки (STL) сопровождалось существенным снижением урожайности однолетних трав (2018) на 30,8 ц/га (15,01%).

Таблица 6.2 – 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
Фактор А. Система основной обработки почвы				
MP	17,44	348,6	21,29	236,0
STL	18,32	349,06	21,83	205,2
SP	20,08	349,68	22,32	258,3
ST	19,46	341,58	22,90	242,6
HCP ₀₅	1,46	F _Ф <F ₀₅	F _Ф <F ₀₅	25,2
Фактор В. Система удобрений				
F0	14,53	328,48	17,38	205,4
N	16,69	323,57	23,27	220,5
S	17,23	359,98	22,11	201,9
SN	18,04	357,75	21,25	202,6
SNPK	23,42	368,15	25,55	289,5
NPK	23,03	345,44	26,25	293,3
HCP ₀₅	1,98	28,99	2,85	20,0
Фактор С. Система защиты растений от сорняков				
G0	17,56	340,59	22,24	235,9
WG	20,09	353,87	23,03	235,2
HCP ₀₅	1,11	F _Ф <F ₀₅	F _Ф <F ₀₅	F _Ф <F ₀₅

Внесение удобрений в среднем по факторам сопровождалось увеличением продуктивности яровых зерновых и однолетних трав. При этом наиболее высокую урожайность обеспечили системы с полным минеральным удобрением (SNPK, NPK). Так для ячменя (2015) прибавка относительно фона без удобрений (F0) составила 8,89 и 8,5 ц/га (61,18-58,50%), однолетних трав (2016) 39,67 и 16,98 ц/га (12,08 и 5,16%), яровой пшеницы 8,17 и 8,87 ц/га (47,01 и 51,04%) и однолетних трав (2018) 84,1 и 87,9 (40,94 и 42,79%).

Применение в 2015 году гербицида в среднем по факторам способствовало достоверному увеличению урожайности ячменя (2015) на 2,53 ц/га

(14,41%). Последствие гербицидов на урожайность однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы было несущественным.

6.2 Связь урожайности культурных растений с изучаемыми показателями

Корреляционно-регрессионный анализ установил наличие средней положительной связи между содержанием в почве органического вещества и урожайностью ячменя (2015) ($r=0,52$; $p<0,001$), яровой пшеницы (2017) ($r=0,37$; $p<0,011$) и однолетних трав (2018) ($r=0,56$; $p<0,001$) (таблицы 6.3; 6.4).

В наибольшей степени урожайность изучаемых культур зависела от агрохимических показателей плодородия почвы. Так в посевах ячменя (2015) и однолетних трав (2018) содержание в почве подвижного фосфора и обменного калия имело тесную связь урожайностью ($r=0,71-0,83$; $p<0,001$).

При этом в посевах однолетних трав (2018) сильная положительная связь между содержанием изучаемых элементов питания и урожайностью наблюдалась только на делянках с ресурсосберегающими обработками (STL, SP, ST) (рисунок 6.1).

В посевах яровой пшеницы (2017) наблюдалась средняя положительная зависимость между содержанием элементов питания в почве и урожайностью ($r=0,36-0,44$; $p<0,01$). При выращивании однолетних трав (2016) значимая средняя положительная связь с урожайностью отмечалась лишь для обменного калия ($r=0,31$; $p=0,031$). Обменная кислотность почвы оказала влияние только на урожайность однолетних трав (2018) ($r=-0,34$; $p<0,001$).

Таблица 6.3 – Связь урожайности яровых зерновых (2015, 2017) с изучаемыми показателями

Показатель	Ячмень, 2015				Яровая пшеница, 2017			
	Уравнение регрессии	r	r ²	p	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Органическое вещество	$y = 0,0261 + 2,3308 * x$	0,52	0,27	<0,001	$y = 0,0186 + 2,4569 * x$	0,37	0,13	0,011
P ₂ O ₅	$y = 6,2518 + 42,2111 * x$	0,80	0,64	<0,001	$y = 3,5385 + 63,9560 * x$	0,36	0,13	0,011
K ₂ O	$y = 2,2154 + 38,9486 * x$	0,83	0,69	<0,001	$y = 1,8506 + 34,7394 * x$	0,44	0,19	0,002
pH _{KCl}	$y = 0,0005 + 5,6219 * x$	0,04	0,001	0,806	$y = -0,0074 + 5,7099 * x$	-0,27	0,07	0,067
Коэффициент структурности	$y = 0,0144 + 2,0030 * x$	0,19	0,04	0,191	$y = -0,0133 + 2,1408 * x$	-0,15	0,02	0,310
Водопрочность	$y = 0,1772 + 57,7290 * x$	0,21	0,04	0,152	$y = 0,3651 + 47,1432 * x$	0,32	0,10	0,026
Плотность	$y = -0,0019 + 1,1395 * x$	-0,19	0,04	0,187	$y = -0,0026 + 1,4590 * x$	-0,24	0,06	0,107
Сопrotивление пенетрации	$y = -0,1324 + 24,1614 * x$	-0,23	0,06	0,108	$y = 0,1989 + 16,6390 * x$	0,42	0,18	0,003
Влажность	$y = 0,0493 + 20,8653 * x$	0,18	0,03	0,230	$y = 0,1359 + 20,6856 * x$	0,39	0,15	0,007
Численность многолетних сорных растений	$y = -0,5027 + 13,9052 * x$	-0,61	0,37	<0,001	$y = -0,0307 + 7,1162 * x$	0,03	0,001	0,826
Численность малолетних сорных растений	$y = -0,2191 + 91,2475 * x$	-0,04	0,002	0,783	$y = 1,0012 + 15,0854 * x$	0,45	0,20	0,001
Численность сорных растений общая	$y = -0,7218 + 105,1527 * x$	-0,13	0,02	0,372	$y = 0,9705 + 22,2015 * x$	0,38	0,15	0,007
Сухая масса многолетних сорных растений	$y = -0,2627 + 7,4075 * x$	-0,68	0,46	<0,001	$y = 0,1157 + 3,5483 * x$	0,16	0,02	0,284
Сухая масса малолетних сорных растений	$y = 0,3407 + 30,0560 * x$	0,14	0,02	0,342	$y = 3,1071 - 40,4115 * x$	0,57	0,32	<0,001
Сухая масса сорных растений общая	$y = 0,078 + 37,4635 * x$	0,03	0,001	0,213	$y = 3,2227 - 36,8632 * x$	0,59	0,34	<0,001

Таблица 6.4 – Связь урожайности однолетних трав (2016, 2018) с изучаемыми показателями

Показатель	Однолетние травы, 2016				Однолетние травы, 2018			
	Уравнение регрессии	r	r ²	p	Уравнение регрессии	r	r ²	p
Органическое вещество	$y = 0,0025 + 1,8184 * x$	0,27	0,07	0,066	$y = 0,0047 - 1,3984 * x$	0,56	0,31	<0,001
P ₂ O ₅	$y = 0,2549 + 92,6557 * x$	0,31	0,10	0,031	$y = 0,3895 + 37,4277 * x$	0,71	0,50	<0,001
K ₂ O	$y = 0,1125 + 36,7553 * x$	0,23	0,05	0,120	$y = 0,5856 - 50,2667 * x$	0,76	0,58	<0,001
pH _{KCl}	$y = 0,0004 + 5,4423 * x$	0,16	0,03	0,283	$y = -0,0001 + 5,9051 * x$	-0,34	0,12	<0,018
Коэффициент структурности	$y = 0,0014 + 1,8946 * x$	0,19	0,03	0,206	$y = 0,0015 + 2,4921 * x$	0,19	0,04	0,18
Водопрочность	$y = 0,0046 + 51,2763 * x$	0,06	0,004	0,666	$y = -0,0023 + 74,5384 * x$	-0,04	0,002	0,788
Плотность	$y = -0,0001 + 1,1836 * x$	-0,07	0,01	0,626	$y = -0,0002 + 1,3291 * x$	-0,39	0,15	0,006
Сопrotивление пенетрации	$y = 0,0007 + 21,2023 * x$	0,01	0	0,939	$y = -0,0059 + 37,3782 * x$	-0,07	0,01	0,62
Влажность	$y = 0,0151 + 14,4456 * x$	0,37	0,13	0,011	$y = 0,0088 + 12,5665 * x$	0,49	0,24	<0,001
Численность многолетних сорных растений	$y = -0,0920 + 81,8025 * x$	-0,09	0,01	0,518	$y = -0,0866 + 37,7785 * x$	-0,59	0,35	<0,001
Численность малолетних сорных растений	$y = 0,0726 + 50,9823 * x$	0,11	0,01	0,459	$y = 0,2139 + 68,3843 * x$	0,48	0,24	0,001
Численность сорных растений общая	$y = -0,0194 + 132,7847 * x$	-0,02	0	0,903	$y = 0,1274 + 106,1627 * x$	0,30	0,09	0,04
Сухая масса многолетних сорных растений	$y = -0,0830 + 107,4335 * x$	-0,06	0,003	0,707	$y = -0,0156 + 15,3624 * x$	-0,16	0,02	0,29
Сухая масса малолетних сорных растений	$y = 0,0559 + 0,2404 * x$	0,14	0,02	0,353	$y = 0,2457 - 29,3864 * x$	0,74	0,55	<0,001
Сухая масса сорных растений общая	$y = -0,0272 + 107,6716 * x$	-0,02	0	0,898	$y = 0,2302 - 14,024 * x$	0,68	0,46	<0,001

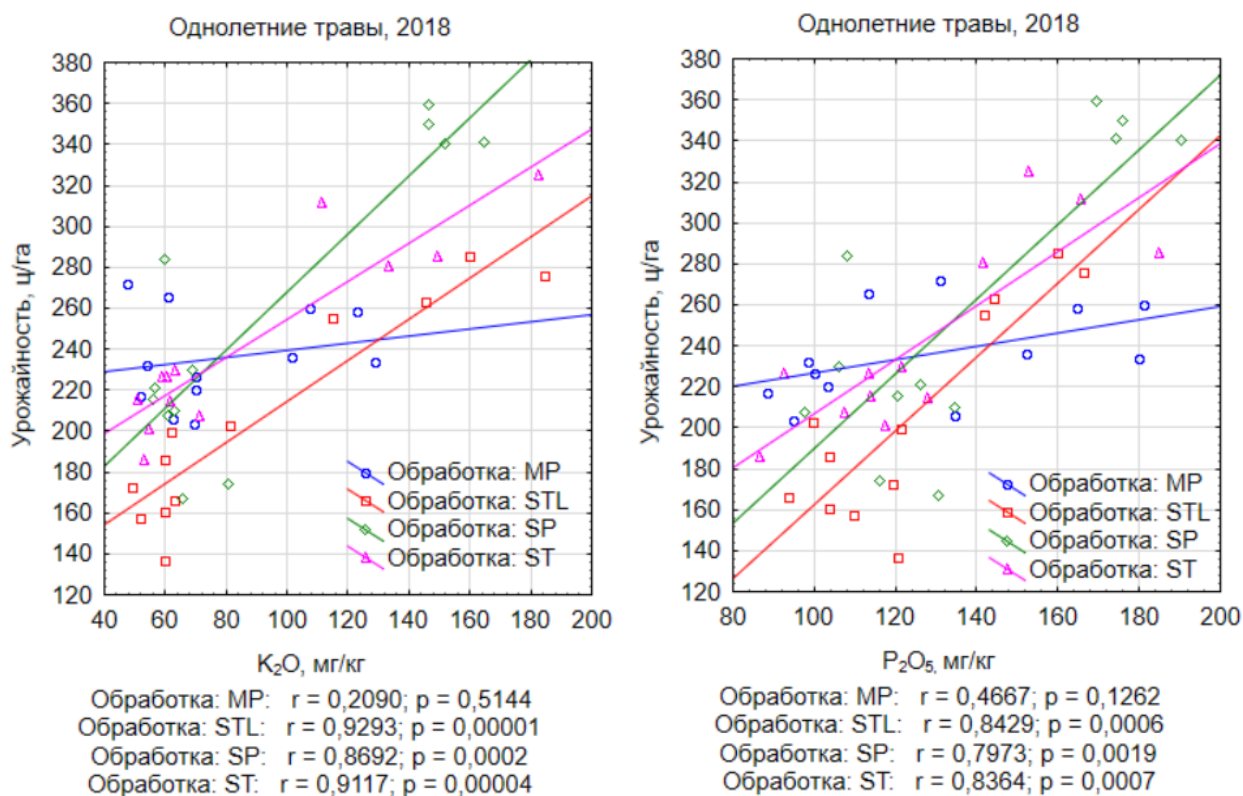


Рисунок 6.1 – Связь между содержанием в почве элементов питания и урожайностью однолетних трав (2018) по изучаемым системам обработки

Структурные характеристики почвы оказали незначительное влияние на урожайность возделываемых культур, т.к. их варьирование находилось в оптимальных диапазонах значений, определяющих нормальный рост и развитие. Можно лишь отметить среднюю положительную связь между водопрочностью почвы и урожайностью яровой пшеницы (2017) ($r=0,32$; $p=0,026$).

С увеличением влажности почвы наблюдалось увеличение урожайности возделываемых культур. Средняя положительная связь наблюдалась в посевах однолетних трав (2016) ($r=0,37$; $p=0,011$), яровой пшеницы (2017) ($r=0,39$; $p<0,001$) и Однолетних трав (2018) ($r=0,49$; $p<0,001$).

Увеличение плотности почвы вело к снижению урожайности культурных растений. Однако значимая средняя связь была получена лишь в посевах однолетних трав (2018) ($r=-0,39$; $p<0,001$).

Сопротивление пенетрации почвы не оказало значимого влияния на урожайность ячменя (2015) и однолетних трав (2016, 2018). Вместе с тем в посевах яровой пшеницы (2017) была получена средняя положительная зависимость ($r=0,42$; $p<0,003$). Однако если рассматривать по проведенным учетам данного показателя, то в начале и середине вегетации культуры были получены средние отрицательные зависимости ($r=-0,30-0,38$; $p<0,05$) с урожайностью, а положительная связь наблюдалась в конце вегетации ($r=0,42$; $p<0,05$).

С увеличением численности ($r=-0,61$; $p<0,001$) и сухой массы ($r=-0,68$; $p<0,001$) многолетних сорных растений наблюдалось снижение урожайности ячменя (2015). В посевах однолетних трав (2018) численность многолетних видов сорных растений также находилась в обратной связи с урожайностью культуры ($r=-0,59$; $p<0,001$). При этом более прочная и значимая зависимость наблюдалась на делянках с ресурсосберегающей обработкой (STL, SP, ST).

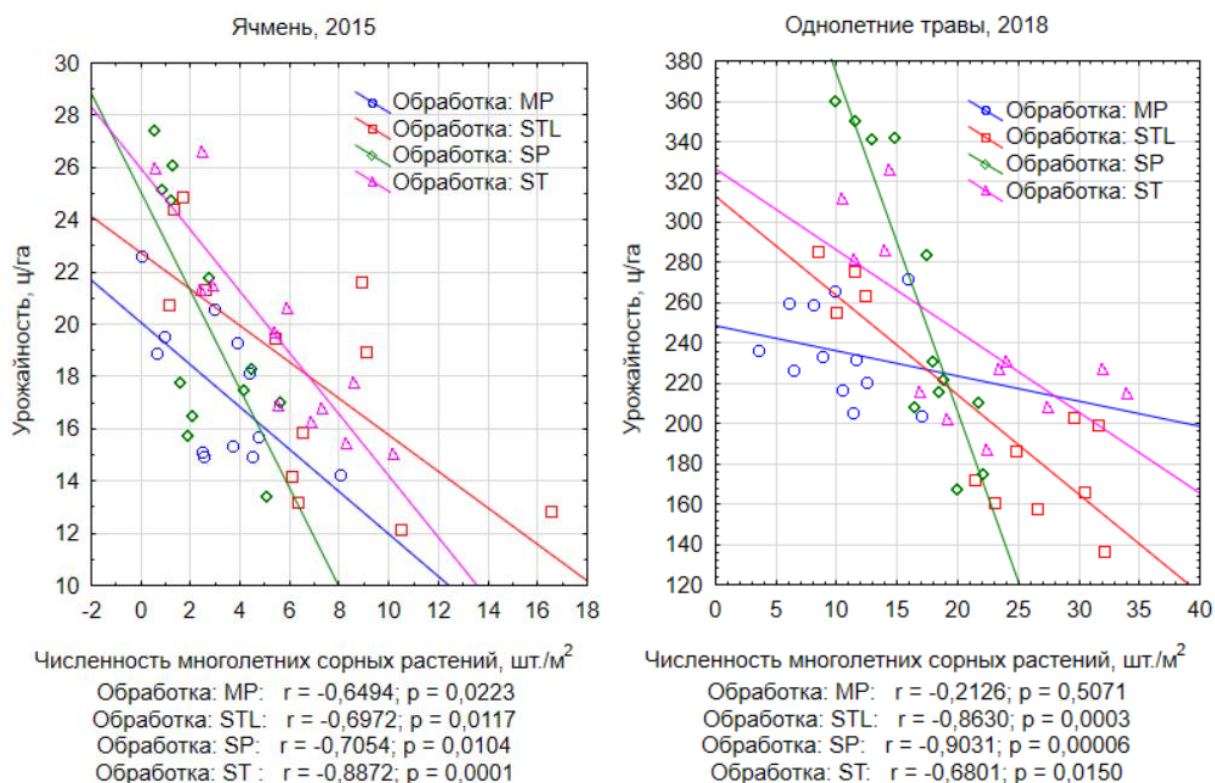


Рисунок 6.2 – Связь численности многолетних сорных растений урожайностью ячменя (2015) и однолетними травами (2018)

Проведение ежегодной отвальной обработки (MP) в большей степени подавляло рост и развитие многолетних видов сорных растений за счет более интенсивного воздействия вегетативных органов размножения, находящихся в почве. Это наблюдалось в посевах однолетних трав (2016, 2018), что обуславливало снижение связи между многолетними видами сорняков и урожайностью культур (рисунок 6.2).

Численность и сухая масса малолетних сорняков в посевах яровой пшеницы (2017) и однолетних трав (2018) находилась в прямой зависимости с урожайностью культурных растений ($r=0,48-0,74$; $p=0,001$). При этом в посевах однолетних трав (2018) сильная значимая связь накопления сухой массы малолетними видами сорняков и урожайностью наблюдалась лишь на делянках с ресурсосберегающими обработками (STL, SP, ST) (рисунок 6.3).

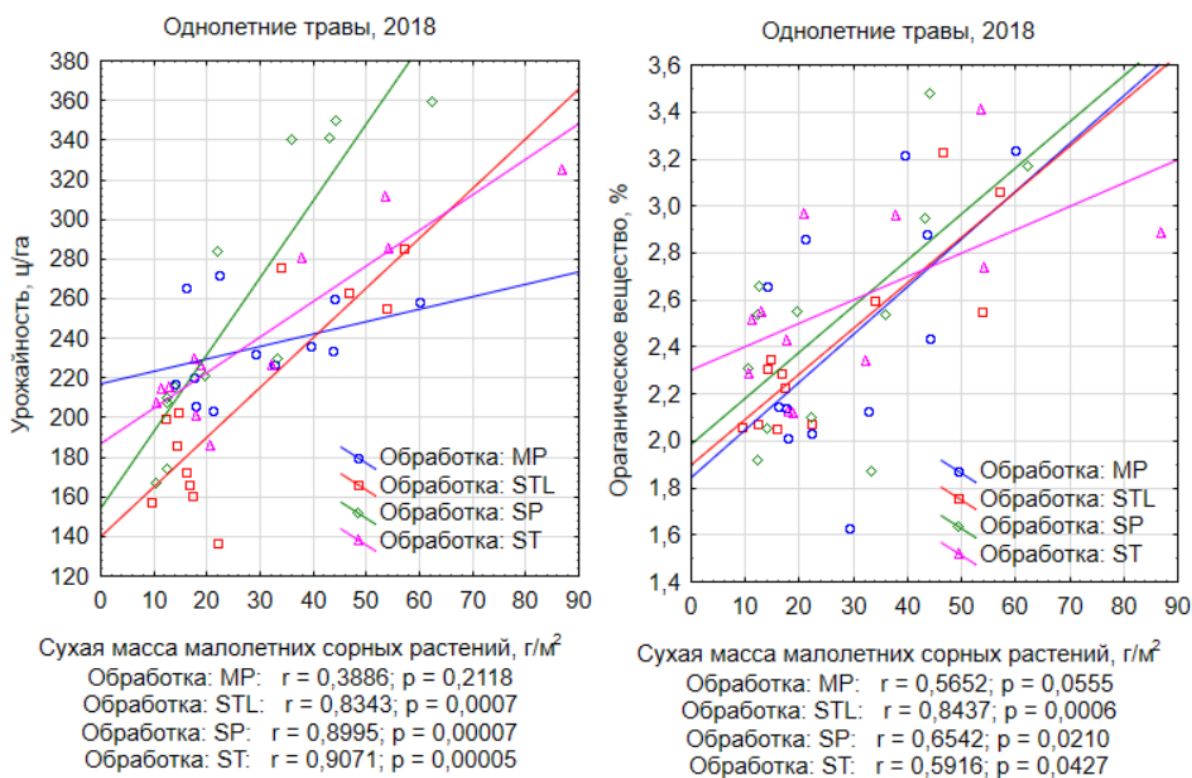


Рисунок 6.3 – Связь накопления сухой массы малолетними сорными растениями с содержанием органического вещества и урожайностью однолетних трав (2018)

Следует отметить тот факт, что системы ресурсосберегающей обработки обеспечивали и больше накопления органического вещества почвы (STL, SP, ST) в отличие от системы отвальной обработки (MP), что может объясняться лучшей трансформации поступающих растительных остатков в том числе и вегетативной массы малолетних видов сорных растений. Так в посевах однолетних трав (2018) получены существенные средние зависимости между сухой массой сорных растений и содержанием органического вещества (рисунок 6.3) по системам ресурсосберегающей обработки (STL, SP, ST).

Таким образом, урожайность сельскохозяйственных культур большей степени зависела 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.

7 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА

7.1 Экономическая эффективность технологий производства

Для возделывания полевых культур требуются значительные материальные и технические ресурсы. Рациональный подход к оценке систем ресурсосберегающей обработки, удобрений и средств защиты растений требует экономического обоснования эффективности их использования.

В данном разделе приводится оценка экономической эффективности на основе комплекса объективных показателей возделывания яровых зерновых культур и однолетних трав. Расчет трудовых и денежных затрат производства полевых культур, определение дополнительных затрат для осуществления мероприятий производилась на основе технологических карт. Определяющим фактором при выборе лучшей технологии обработки почвы и фона питания является наибольший выход конечной продукции при минимальных трудовых затратах. Статьи затрат на производство продукции в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) приведены в таблице 7.1.

В целях возможности сопоставления разных видов полевых культур в денежном выражении, их урожайность была представлена в кормовых единицах.

В целом по вариантам опыта урожайность ячменя (2015) варьировалась от 15,097 до 30,962 ц к.ед./га, что объясняет увеличение чистого дохода и снижение себестоимости на 1 ц к.ед. на вариантах с более высокой урожайностью.

Таблица 7.1 – Экономическая эффективность производства яровых зерновых культур (2015, 2017)

Показатели	Ячмень, 2015								Яровая пшеница, 2017							
	MP				SP				MP				SP			
	F ₀		SNPK		F ₀		SNPK		F ₀		SNPK		F ₀		SNPK	
	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG
Выход продукции: Ц к.ед./ га	17,063	16,080	21,323	25,527	19,165	15,097	29,414	30,962	17,82	23,69	27,55	28,66	19,94	19,056	28,776	33,78
руб./га	17063	16080	21323	25527	19165	15097	29414	30962	18497	24588	28599	29745	20702	19780	29869	35064
Затраты труда, чел.-дн.: на 1 га	1,02	1,05	0,79	0,87	0,87	0,96	0,71	0,75	1,01	1,13	1,06	1,08	0,86	0,86	0,85	0,92
на 1 ц	0,07	0,07	0,03	0,06	0,05	0,06	0,03	0,03	0,07	0,06	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03
Производственные затраты на 1 га, руб.	13939,0	15870,0	18871,0	18238,0	12487,0	14134,0	17731,0	17556,0	13737,5	14602,2	27522,0	27598,5	12424,3	12393,3	27273,6	27809,9
Себестоимость 1 ц к.ед, руб.	816,9	986,9	885,0	714,5	651,6	936,2	602,8	567,0	770,9	616,4	999,0	963,0	623,1	650,4	947,8	823,3
Чистый доход, руб. с 1 га	3124,0	210,0	2452,0	7289,0	6678,0	963,0	11683,0	13406,0	4759,5	9985,8	1077,0	2146,5	8277,7	7386,7	2595,4	7254,1
Уровень рента- бельности, %	22,41	1,32	12,99	39,97	53,48	6,81	65,89	76,36	34,65	68,39	3,91	7,78	66,63	59,60	9,52	26,08

Применение поверхностно-отвальной обработки (SP) по фонам без удобрений (F0) и совместном внесении соломы с NPK (SNPK) как без гербицидов (G0) так и при их использовании (WG) способствовала снижению себестоимости 1 ц к.ед на 50,73 – 282,20 рубля (5,14-31,89%), что позволило увеличить чистый доход, соответственно, на 753-9231 руб./га (83,92-376,47%) по сравнению с аналогичными вариантами на отвальной обработке (MP).

Наибольшие затраты труда отмечаются на вариантах с ежегодным проведением вспашки (MP) без удобрений (F0) с гербицидами (WG) и без их использования (G0), где они составили 1,05 и 1,02 чел.-ч. соответственно. Минимальные же значения данного показателя зафиксированы на поверхностно-отвальной обработке (SP) с совместным внесением соломы с минеральными удобрениями (SNPK) без гербицидов (G0) 0,71 чел.-ч. и с гербицидами (WG) 0,75 чел.-ч.

Аналогичная динамика наблюдается и в посевах яровой пшеницы (2017). Стоит отметить, что в связи с резким ростом цен на удобрения значительно увеличились производственные затраты, и как следствие, снизилась рентабельность. На вариантах с отвальной обработкой (MP) данный показатель сократился на 30,73-60,61%, на поверхностно-отвальной (SP) на 33,52-57,11%, соответственно.

Статьи затрат на производство продукции в посевах однолетних трав (2016, 2018) приведены в таблице 7.2.

В посевах однолетних трав (2016) отмечаются значительные колебания выхода готовой продукции на вариантах с отвальной обработкой (MP) 46,11-71,95 ц к.ед./га, на поверхностно-отвальной (SP) 59,15-83,1 ц к.ед./га, что позволило увеличить валовую прибыль при поверхностно-отвальной обработке (SP) на 11013-15494 руб./га. В 2018 году такая же тенденция привела к росту валовой выручки на 2593,8-22512,6 руб./га на вариантах с поверхностно-отвальной системой обработки (SP) по сравнению с отвальной (MP).

Таблица 7.2 – Экономическая эффективность производства однолетних трав (2016, 2018)

Показатели	2016								2018							
	MP				SP				MP				SP			
	F ₀		SNPK		F ₀		SNPK		F ₀		SNPK		F ₀		SNPK	
	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG	G ₀	WG
Выход продукции: Ц к.ед./ га	50,42	46,11	71,95	69,01	60,43	59,15	62,52	83,1	39,06	36,70	46,57	42,53	41,42	37,82	64,73	63,0
руб./га	55462	50721	79145	75915	66475	65065	68769	91409	42966	40372,2	51222,6	46787,4	45559,8	41599,8	71200,8	69300
Затраты труда, чел.- дн.: на 1 га	2,11	2,25	3,11	3,02	2,4	2,24	2,62	3,26	1,89	1,82	2,28	2,80	1,84	1,77	2,77	2,62
на 1 ц	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Производственные затраты на 1 га, руб.	21707,4	20799,4	36619,7	36090,7	22396,4	21368,7	33288,9	34091,9	20393,9	20375,2	34647,1	34829,3	18817,0	18870,8	32884,4	32528,8
Себестоимость 1 ц к.ед, руб.	430,5	451,1	509,0	523,0	370,6	361,3	532,5	410,3	522,1	555,2	744,0	818,9	454,3	499,0	508,0	516,3
Чистый доход, руб. с 1 га	33754,6	29921,6	42525,3	39824,3	44078,6	43696,3	35480,1	57317,1	22572,1	19997,0	16575,5	11958,1	26742,8	22729,0	38316,4	36771,2
Уровень рентабель- ности, %	155,50	143,86	116,13	110,34	196,81	204,49	106,58	168,13	110,68	98,14	47,84	34,33	142,12	120,45	116,52	113,04

Стоит лишь отметить, что в 2016 году на варианте с поверхностно-отвальной обработкой (SP) с удобрениями (SNPK) без гербицидов (G0) по сравнению с отвальной (MP) на тех же фонах было получено на 9,43 ц к.ед./га (13,11%) меньше, и как следствие сумма недополученной выручки составила 10376 руб./га.

Себестоимость 1 ц к.ед. на вариантах с отвальной обработкой (MP) в 2016 году колебалась в пределах от 430,5 до 523,0 рублей, что на 59,9-112,7 рубля (16,27,5%) выше по сравнению с поверхностно-отвальной обработкой (SP). Исключение составил вариант с внесением SNPK без гербицидов (G0), на котором себестоимость по сравнению с отвальной обработкой была выше на 23,5 рубля (4,4%). В 2018 году себестоимость единицы продукции на отвальной системе обработки (MP) по всем фонам удобрений и гербицидов превышала значения аналогичных вариантов на поверхностно-отвальной обработке (SP).

При возделывании однолетних трав как в 2016, так и в 2018 году уровень рентабельности по технологии поверхностно-отвальной обработки почвы (SP) был значительно выше, чем по классической отвальной (MP). Так максимальный уровень рентабельности 204,49% в 2016 году был отмечен на поверхностно-отвальной обработке (SP) без удобрений (F0) с гербицидами (WG), что на 60,63% выше аналогичных фонов удобрений и гербицидов на отвальной обработке (MP). Аналогичная динамика отмечалась и в 2018 году.

Результаты оценки экономической эффективности возделывания ячменя (2015), однолетних трав (2016, 2018) и яровой пшеницы (2017) свидетельствуют, что поверхностно-отвальная обработка (SP) обеспечивает получение наиболее высоких экономического эффекта по сравнению с системой отвальной обработкой (MP).

7.2 Биоэнергетическая эффективность технологий возделывания яровых зерновых культур и однолетних трав

Производство сельскохозяйственной продукции является достаточно энергоёмким. Очень часто цены на выращенную продукцию во многом зависят от тарифов на энергоресурсы (топливо, электроэнергию, газ и т.д.). Поэтому возникает необходимость биоэнергетической оценки изучаемых технологий с целью принятия решений по дальнейшему их внедрению.

Наибольшее количество энергии, полученной с урожаем ячменя 2015 года (100,05 ГДж/га) наблюдалось на варианте поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPК. (таблица 7.3). Данный факт связан с наибольшей урожайностью указанного варианта. Поскольку биоэнергетический коэффициент больше единицы на всех вариантах, то это значит, что все агроприемы были оправданы. Стоит отметить, что на варианте поверхностно-отвальной обработки (SP) без удобрений (F0) отмечено максимальное значение биоэнергетического коэффициента 17,59, что на 11,4 больше контроля отвальной обработки (MP) без удобрений (F0).

В 2016 году использование поверхностно-отвальной обработки (SP) без удобрений (F0) способствовало росту чистого энергетического дохода на 112,85 ГДж/га (27,70%) по сравнению с отвальной (MP) без удобрений (F0). В целом, следует отметить, что система поверхностно-отвальной обработки (ST) как по фону без удобрений (F0), так и по фону SNPК характеризовалась наибольшими показателями энергетической эффективности по сравнению с системой отвальной обработки (MP).

Результаты расчетов подтверждают наибольшую энергетическую эффективность использования поверхностно-отвальной обработки (SP) без использования удобрений (F0) в посевах яровой пшеницы (2017), так как по всем показателям она качественно превосходит остальные варианты. Особенно это заметно в сравнении с вариантом отвальной обработки (MP) без удобрений (F0), на котором отмечены наибольшие значения затрат энергии

12,3 ГДж/га, что в 2,46 раза превосходит аналогичный показатель на варианте с поверхностно-отвальной обработкой (SP) без удобрений (F0). Применение SNPК на отвальной обработке (MP) можно считать целесообразным, так как рассмотренные показатели энергетической эффективности качественно выше, чем на фоне без удобрений (F0).

На варианте с поверхностно-отвальной системой обработки (SP), напротив, применение SNPК отрицательно сказалось на изучаемых показателях. Исключение составляет лишь количество полученной энергии с урожаем, где внесение SNPК сопровождался увеличением изучаемого показателя на 0,83 ГДж/га (0,94%).

В посевах однолетних трав в 2018 году сохраняются тренды аналогичные 2016 году. Так на вариантах с поверхностно-отвальной обработкой (SP) был получен наибольший чистый энергетический доход 346,72-497,16 ГДж/га, что на 16,86 – 158,05 ГДж/га (5,11-46,61%) выше, чем на вариантах с отвальной обработкой (MP). Это объясняется большими энергозатратами (на 8,81 ГДж/га) по отвальной обработке (MP) по сравнению с поверхностно-отвальной (SP) по фону без удобрений (F0). При возделывании однолетних трав в 2018 году рассматриваемые технологии обработки почвы являются энергоэффективными, поскольку коэффициент энергетической эффективности превышал нулевые значения, а биоэнергетический коэффициент выше 1.

Таблица 7.3 - Энергетическая эффективность возделывания полевых культур за период исследования 2015-2018 гг.

Показатель	Ячмень, 2015				Однолетние травы, 2016				Яровая пшеница, 2017				Однолетние травы, 2018			
	отвальная, «MP»		поверхностно-отвальная, «SP»		отвальная, «MP»		поверхностно-отвальная, «SP»		отвальная, «MP»		поверхностно-отвальная, «SP»		отвальная, «MP»		поверхностно-отвальная, «SP»	
	F0	SNPK	F0	SNPK	F0	SNPK	F0	SNPK	F0	SNPK	F0	SNPK	F0	SNPK	F0	SNPK
Затрачено энергии, ГДж/га	9,53	10,98	3,45	13,28	83,06	203,31	79,69	181,00	12,30	11,65	4,99	11,85	67,25	134,31	58,44	160,91
Урожай. т/га	3,81	4,98	3,92	6,41	26,80	39,16	33,22	40,45	4,92	5,28	5,67	5,72	21,70	25,87	22,14	35,96
основная	1,47	2,08	1,52	2,67	26,80	39,16	33,22	40,45	1,89	2,03	2,18	2,20	21,70	25,87	22,14	35,96
побочная	2,35	2,90	2,40	3,74	-	-	-	-	3,02	3,25	3,49	3,52	-	-	-	-
Получено энергии с урожаем всего, ГДж/га	58,99	77,66	60,71	100,05	490,44	716,63	607,93	740,24	76,07	81,69	87,76	88,59	397,11	473,42	405,16	658,07
в т.ч. основной	26,37	37,35	27,36	48,06	490,44	716,63	607,93	740,24	34,03	36,54	39,26	39,63	397,11	473,42	405,16	658,07
побочной	32,62	40,31	33,35	51,99	-	-	-	-	42,04	45,15	48,51	48,96	-	-	-	-
Чистый энергетический доход, ГДж/га	49,45	66,68	57,25	86,77	407,38	513,32	520,23	559,23	63,78	70,04	82,77	76,73	329,86	339,11	346,72	497,16
Коэффициент энергетической эффективности	5,19	6,07	16,59	6,54	4,90	2,52	5,93	3,09	5,19	6,01	16,57	6,47	4,90	2,52	5,93	3,09
Биоэнергетический коэффициент посева	6,19	7,07	17,59	7,54	5,90	3,52	6,93	4,09	6,19	7,01	17,57	7,47	5,90	3,52	6,93	4,09
Энергетическая себестоимость продукции, ГДж/га	0,15	0,19	0,44	0,20	0,32	0,19	0,38	0,22	0,15	0,17	0,44	0,19	0,32	0,19	0,38	0,22

Из вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее энергосберегающими является поверхностно-отвальная обработка (SP) без удобрений (F0). Вместе с тем, следует отметить, что применение соломы с полным минеральным удобрением (SNPK), обеспечивает повышение показателей плодородия почвы, что является необходимым условием устойчивого функционирования агробиоценоза и получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. В связи с этим наиболее целесообразным является применение системы поверхностно-отвальной обработки (SP) по фону SNPK, что обеспечивает получение наиболее высокого чистого энергетического дохода при производстве ячменя (86,77 ГДж/га) и однолетних трав (497,16-559,23 ГДж/га).

Проведение обработки почвы в условиях избыточного увлажнения характеризуется относительно узким периодом наступления физической спелости почвы, что значительной мере снижает эффективность интенсивных обработок почвы, в том числе и отвальной. В данных условиях сокращение интенсивности обработки почвы позволяет снизить негативное влияние на структуру почвы, за счет уменьшения глубины, своевременности и скорости проведения операций. В этой связи затраты совокупной энергии на основную обработку могут выступать в качестве критерия, позволяющего провести оценку энергоэффективности тех или иных способов. Это особенно актуально для почв с избыточным увлажнением, где эффективность зачастую зависит скорости и своевременности проведения обработки почвы, что дает определенное технологическое преимущество ресурсосберегающим технологиям, за счет сокращенного периода оптимальной обработки.

Расчёты, представленные в таблице 7.4 свидетельствуют, о том что 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, в том числе затрат на: машины и оборудование в 4,85, 4,48, 6,27 и 5,50 раза, горюче-смазочные ма-

териалы в 2,83, 2,57, 2,35 и 2,97 раза и затрат труда в 3,16, 2,22, 1,54 и 3,41 раза по сравнению с системой отвальной обработки (MP).

Таблица 7.4 – Затраты совокупной энергии на основную обработку почвы в среднем за год при трех- и четырёхлетнем периодах ротации системы, МДж/га

Показатель	Ячмень, 2015 г.		Однолетние травы, 2016 г.		Яровая пшеница, 2017 г.		Однолетние травы, 2018 г.	
	отвальная (MP)	поверхностно-отвальная (SP)	отвальная (MP)	поверхностно-отвальная (SP)	отвальная (MP)	поверхностно-отвальная (SP)	отвальная (MP)	поверхностно-отвальная (SP)
Машины и оборудование	48,00	9,9	48,00	10,72	48,00	8,72	48,0	7,65
ГСМ	1903,82	670,91	1903,82	743,17	1903,82	640,2	1903,82	811,2
Трудовые ресурсы	2,69	0,85	2,69	1,21	2,69	0,79	2,69	1,74
Итого	1954,51	564,86	1954,51	631,44	1954,51	542,8	1954,51	820,59

Учитывая все выше сказанное, можно сделать вывод, что система поверхностно-отвальной обработки (SP) способствует росту энергетической эффективности, снижает энергетические затраты возделывания растениеводческой продукции, не зависимо от вида культуры.

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/см³ ($HCP_{05}=0,02$) 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/см³ ($HCP_{05}=0,03$).

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/см², а в посевах однолетних трав – увеличению на 2,88-10,15 кгс/см². 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 нижнем 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

НПК 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 НПК 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 НПК 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 (3,4 шт./м²), так и викоовсяной смеси (16,78 шт./м²). 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./м²) при незначительном росте их массы. Влияние гербицида способствовало снижению численности малолетних сорняков в посевах яровых зерновых культур (2015, 2017) на 6,3 шт./м² ($HCP_{05}=5,90$), а в посевах однолетних трав (2016, 2018) на 6,44 шт./м² ($HCP_{05}=6,30$) при увеличении сухой массы многолетних сорняков на 7,67 г/м² ($HCP_{05}=6,34$).

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 НПК 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 биомассы 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 30,8 ц/га ($НСР_{05}=25,2$). Применение NPK и SNPК способствовало увеличению урожайности культурных растений. Применение гербицида в посевах ячменя сопровождалось увеличением урожайности культуры на 2,53 ц/га ($НСР_{05}=1,11$). Технология производства полевых культур, базирующаяся на поверхностно-отвальной обработке (SP) по фону SNPК с гербицидами (WG), обеспечивала продуктивность ячменя (2015) на уровне 27,4 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.

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 формировании 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 применить поверхностно-отвальную обработку 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 последствия гербицидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеенко, А.П. Авдеенко С.С. Фетюхин И.В. Агротехнические приемы формирования высокопродуктивных агроценозов// Донской ГАУ, 2020. – 215 с. - Текст: непосредственный.
2. Адиньяев, Э.Д., Хугаева, Л.М. Продуктивность перспективных сортов фасоли в зависимости от сроков внесения гербицида и уровня минерального питания в Северной Осетии / Э.Д. Адиньяев, Л.М. Хугаева// Известия Горского государственного аграрного университета. 2014. Т. 51. – №2. – с. 16-21. - Текст: непосредственный.
3. Акшалов, К.А. Влияние различных систем обработки почвы на уровень секвестрации почвенного углерода в засушливом земледелии// Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия. Сборник докладов научно-практической конференции с Международным участием Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». 2016. С. 11-16. - Текст: непосредственный.
4. Алиев, Т.Г.-Г., Тарова, З.Н., Кривощев, Л.И., Шелковников, В.В., Новикова, А.С. Изменение видового и количественного состава сорных растений в маточнике клоновых подвоев под влиянием гербицида Стомп / Т.Г.-Г. Алиев, З.Н. Тарова, Л.И. Кривощев, В.В. Шелковников, А.С. Новикова// «Перспективы развития интенсивного садоводства» материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти ученого-садовода, доктора сельскохозяйственных наук, профессора, лауреата Государственной премии РФ, заслуженного деятеля науки РСФСР В.И. Будаговского. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «БИС» (Мичуринск). - 2016.- с. 8-11. - Текст: непосредственный.
5. Антоненко, Д.А., Белюченко И.С., Гукалов В.В., Корунчикова В.В., Мельник О.А., Никифорова Ю.Ю., Ткаченко Л.Н. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / Д.А. Антоненко, И.С. Белюченко, В.В. Гукалов, В.В. Корунчикова, О.А.

Мельник, Ю.Ю. Никифорова, Л.Н. Ткаченко// Монография. – Краснодар. – 2015. – 181 с. - Текст: непосредственный.

6. Арефьев, А.Н. Изменение агрофизических свойств чернозема выщелоченного при использовании природных цеолитов и удобрений/ А.Н. Арефьев, Е.Н. Кузин. - Текст: непосредственный// Нива Поволжья. – 2014.– № 3 (32). – С. 8-14. - Текст: непосредственный.

7. Арипов, А. Замонавий усуллар – мўл ҳосилга замин / А. Арипов - Текст: непосредственный // Сельское хозяйство Узбекистана. – 2016. – № 3. – с. 11.

8. Астайкина, А.А., Стрелецкий, Р.А. Влияние пестицидной нагрузки на микробное сообщество агродерново-подзолистой почвы / А. А. Астайкина, Р. А. Стрелецкий, М. Н. Маслов [и др.] - Текст: непосредственный// Почвоведение. – 2020. – № 5. – с. 639-650. – DOI 10.31857/S0032180X20050032.

9. Афонин, Н.М., Пустовалов, С.А. Инновационные подходы к разработке технологий производства хранения и переработки продукции растениеводческого кластера: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (13 февраля 2020 г.). – 2020. – С. 35-39. - Текст: непосредственный.

10. Ахметзянов, М.Р., Хузина, Г.К., Таланов, И.П. Влияние растительной биомассы растений и приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели почвы и продуктивность культур в звене севооборота /М.Р Ахметзянов, Г.К. Хузина, И.П. Таланов - Текст: непосредственный// Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – № 1 (52). – с. 11-16.

11. Багаутдинов, Ф.Я. Гумусовое состояние серой лесной почвы и чернозема типичного при внесении органических и минеральных удобрений/ Ф.Я. Багаутдинов. - Текст: непосредственный // Агрохимия. – 1993. - № 12. – с. 41-52.

12. Баздырев, Г.И. Земледелие / Г.И. Баздырев, В.Г. Лошаков, А.И. Пупонин // М. – 2000. – С. 550. - Текст: непосредственный.

13. Баздырев, Г.И., Захаренко, А.В., Лошаков, В.Г., Рассадин, А.Я., Сафонов, А.Ф., Туликов, А.М. Земледелие/ Г.И. Баздырев, А.В. Захаренко, В.Г. Лошаков, А.Я. Рассадин, А.Ф. Сафонов, А.М. Туликов//. – М.: Колосс, 2008. – с. – 607 с.: ил. - Текст: непосредственный
14. Бакиров, Ф.Г., Нестеренко, Ю.М., Поляков, Д.Г., Халин, А.В. Влияние ресурсосберегающих технологий на плотность чернозема южного / Ф.Г. Бакиров, Ю.М. Нестеренко, Д.Г. Поляков, А.В. Халин// Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2016. – № 1. – с. 9. - Текст: непосредственный.
15. Бараев, А.И. Почвозащитное земледелие: Избр. тр. / А.И. Бараев. - М.: Агропромиздат, 1988. - 366 с. - Текст: непосредственный.
16. Башков, А.С., Бортник, Т.Ю. Влияние биологизации земледелия на плодородие дерново-подзолистых почв и продуктивность полевых культур/ А.С. Башков, Т.Ю. Бортник. - Текст: непосредственный//Аграрный вестник Урала. 2012. – № 1 (93). – с. 16-19.
17. Беленков, А.И. Основная обработка почвы: сравнительная оценка в современных системах земледелия / А.И. Беленков, Сабо 100 Умар, Р.И. Кунафин. - Текст: непосредственный// Нивы России. –2016. – №11 (144). – с. 68-69.
18. Белюченко, И.С. Отходы производства и потребления как основа сложных компостов/ И.С. Белюченко// Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015 г. № 53 с. 74-80. - Текст: непосредственный.
19. Бокатуро, Н.Н., Поцепай, С.Н., Справцев, А.А., Белоус, Н.М., Бельченко С.А., Шаповалов В.Ф. Эффективность комплексного применения агрохимических и агротехнических мероприятий при улучшении радиоактивно загрязненных пойменных кормовых угодий/ Н.Н. Бокатуро, С.Н. Поцепай, А.А. Справцев, Н.М. Белоус, С.А. Бельченко, В.Ф. Шаповалов// Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XV Международной научной конференции. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ. – 2018. – с. 140-147. - Текст: непосредственный.

20. Болдырь, Д.А. Эффективность энергосберегающих обработок почвы в парозерновом севообороте в условиях Нижнего Поволжья/ Д.А. Болдырь, В.М. Протопопов, В.Ю. Селиванова. - Текст: непосредственный // НАЖ. – 2017. – № 2. – С. 4-6.

21. Борин А.А., Лощинина А.Э. Урожайность культур севооборота при применении агротехнологий различной интенсивности/ А.А. Борин, А.Э. Лощинина. - Текст: непосредственный // Аграрная Россия. – 2018. – № 5. – с. 3-8.

22. Борин, А.А. Влияние обработки почвы в комплексе с применением удобрений и гербицидов на урожайность культур севооборота / А.А. Борин, А.Э. Лощинина. - Текст: непосредственный// Земледелие. – 2015. – № 7. – с. 17-20.

23. Будынков, Н.И., Спиридонов, Ю.Я. Уход за посевами кукурузы и овса комплексные меры борьбы с вредными организмами, водный и пищевой режим в посевах кукурузы и овса на черноземах Поволжья / Н.И. Будынков, Ю.Я. Спиридонов, Р.Г. Сайфуллин, Н.И. Стрижков, С.С.Х. Атаев, Н.Б. Суминова, М.А. Даулетов, Д.Р. Ленович. - Текст: непосредственный// Фермер. Поволжье. – 2016. № 7 (49). – с. 44-46.

24. Бутяйкин, В.В. Влияние способов основной обработки почвы и минеральных удобрений на урожай, качество зерна озимой пшеницы / В.В. Бутяйкин, М.Н. Чаткин. - Текст: непосредственный// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 7. С. 38-40.

25. Васильев, И.П., Туликов, А.М., Баздырев, Г.И. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев, А.В. Захаренко, А.Ф. Сафонов// М.: КолосС. – 2004. – с. 40-41. - Текст: непосредственный.

26. Ваулин, А.Н., Иодко, Л.Н., Шарков, И.Н. Тенденции в экономике возделывания зерновых на черноземах Западной Сибири / А.Н. Власенко, Л.Н. Иодко, И.Н. Шарков. - Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. 2010. – № 5. – с. 9–12.

27. Власенко, А.Н., Шарков, И.Н., Иодко, Л.Н. Перспективы минимизации основной обработки сибирских черноземов при возделывании зер-

новых культур / А.Н. Власенко, И.Н. Шарков, Л.Н. Иодко. - Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 7. – с. 5–14.

28. Власенко, Н.Г., Кулагин, О.В., Кудашкин, П.И., Иванова, И.А. Засоренность посевов новых сортов яровой пшеницы в зависимости от технологий возделывания / А.Н. Власенко, О.В. Кулагин, П.И. Кудашкин, И.А. Иванова. - Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. – № 3 (149). – с. 5-10.

29. Власенко, О.А. Режим питания растений в агрочерноземах в зависимости от приемов основной обработки / О. А. Власенко // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 6 (159). – С. 11-19. – Текст: непосредственный.

30. Волкова, Е.Н. Оптимизация минерального питания дерново-подзолистых почв / Е.Н. Волкова, Н.А. Кириллов // Нива Поволжья. — 2010. — № 1. — С. 4-7. — ISSN 1998-6092. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/302318> (Дата обращения: 19.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

31. Володина, Т. И. Влияние различных систем удобрения на физико-химические и агрофизические показатели дерново-подзолистой почвы в условиях Северо-Запада России/ Т. И. Володина, Г. А. Романов, А.Н. Левченкова. –Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2014. – № 3. – С. 12-21.

32. Волинкин, В.И. Гербициды и удобрения должны применяться в комплексе/ В.И. Волинкин, О.В. Волинкина, Ю.Я. Емельянов, Е.В. Кириллова - Текст: непосредственный// Защита и карантин растений. – 2008. - № 3. – с. 29-31.

33. Воробьев, В.А. Динамика обменной кислотности пахотных почв Псковской области в зависимости от уровня известкования и применяемых систем удобрения / В. А. Воробьев, А. Н. Волосевич, Г. В. Гаврилова и др. - Текст: непосредственный// Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 2-8.

34. Воробьёв Н.Е. Агробиоценологические методы в борьбе с сорняками / Н.Е. Воробьёв. - Текст: непосредственный // Земледелие. – 1985. - № 4. – С. 52-53.

35. Воронин А. Н. Действие систем ресурсосберегающей обработки на содержание органического вещества, водопрочность дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность викоовсяной смеси /А. Н. Воронин, С. В. Щукин, А. М. Труфанов, И. О. Косточкин, Т. И. Афанасьева. - Текст: непосредственный// Вестник АПК Верхневолжья. – 2014. – № 4. – с. 28-32.

36. Воронин А.Н., Никитин В.В., Соловиченко В.Д., Мельников В.И. Влияние структуры севооборота, способа основной обработки почвы и удобрений на продуктивность озимой пшеницы в Центрально-черноземном регионе / А.Н. Воронин, В.В. Никитин, В.Д. Соловиченко, В.И. Мельников. – Текст: непосредственный // Агрехимия. - 2016. – № 5. – с. 21-27.

37. Гаврилова О.Р. Ярославская область. 2018: Статистический сборник/ О.Р. Гаврилова// Ярославльстат. – №76, 2018 – 420 с. - Текст: непосредственный

38. Гармашов В.М., Витер А.Ф. Засорённость посевов при различных способах обработки почвы в зернопропашном севообороте/ В.М. Гармашов, А.Ф. Витер- Текст: непосредственный// Земледелие. – 2008. - № 5. – с. 37-38.

39. Гармашов, В. М. Изменение физических свойств чернозема обыкновенного при различной глубине заделки высокоуглеродистых растительных остатков в обрабатываемом слое почвы / В. М. Гармашов // Биологический круговорот питательных веществ при использовании удобрений и биоресурсов в системах земледелия различной интенсификации. – Суздаль-Иваново: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр» ПресСто, 2021. – с. 194-197 - Текст: непосредственный.

40. Гармашов, В.М. Влияние способов обработки почвы, внесения минеральных удобрений и гербицидов на засоренность посевов и урожайность

зерна гороха / В.М. Гармашов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная. - Текст: непосредственный // Защита и карантин растений. – 2017. – № 1. – с. 14-17.

41. Гасанов Г.Н., Магомедов Н.Р., Абасов М.М. Пищевой режим под озимой пшеницей зависимости от предшественников и обработки почвы/ Гасанов Г.Н., Магомедов Н.Р., Абасов М.М. - Текст: непосредственный //Плодородие. – 2004. - №3. – С. 11-12.

42. Гимбатов, А.Ш., Сепиханов, А.Г., Исмаилов, А.Б., Бексултанов А.А., Алимйрзаева, Г.А., Омарова, Е.К. Технология сельскохозяйственного производства: практикум - Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джембулатова. – 2013, 306 с. – Текст: непосредственный.

43. ГОСТ Р 58594-2019 Почвы. Метод определения обменной кислотности (с Поправкой)// М.: Стандартиформ. – 2019 URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200168813?section=status> (Дата обращения: 25.12.2021). – Текст электронный.

44. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества Soils. Methods for determination of organic matter М.: Издательство стандартов, 1992 год официальное издание URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023481> (Дата обращения: 25.12.2021). – Текст электронный.

45. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО// М.: Стандартиформ, 2019. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200094361> (Дата обращения: 25.12.2021). – Текст электронный.

46. Гулидов, А.М., Красных, А.А. Влияние минеральных удобрений на эффективность применения гербицидов на чернозёмных почвах/ А.М. Гулидов, А.А. Красных. –Текст: непосредственный// Агрохимия. – 1987. - № 9. – с. 87-94.

47. Девятова, Т.А. Изменение физических и воднофизических свойств почвы при внесении соломы /Т. А. Девятова, А. К. Свиридов, Я. В. Шумилова. - Текст: непосредственный// Вестник Воронежского государ-

ственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2010. – № 2. – с. 50-51.

48. Дедов, А.В. Засорённость культур севооборота при различных системах основной обработки почвы с применением гербицидов / А. В. Дедов, В. П. Савенков, Н. Н. Хрюкин. - Текст: непосредственный//Вестник Воронежского государственного аграрного университета//. – 2021. – Т. 14. – № 1(68). – С. 71-78. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_1_71.

49. Деменок, О.Н., Рабочев, А.Л. Влияние агроприемов зяблевой обработки на структуру и сложение черноземной почвы/ О.Н. Деменок, А.Л. Рабочев. - Текст: непосредственный// Известия Оренбургского ГАУ. Издательство: Оренбургский государственный аграрный университет (Оренбург) 2012. – № 6 (38). – с. 38-40.

50. Денисов, Е.П. Влияние приемов минимизации обработки почвы и применения гербицидов на продуктивность ячменя в Поволжье/ Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Ф.П. Четвериков, Ю.А. Тарбаев. - Текст: непосредственный// Нива Поволжья. – 2013. – № 1(26). – с. 7-11.

51. Доманов, Н.М. Плодородие чернозема при длительном применении удобрений в зернопропашном севообороте/ Н.М. Доманов, К.Б. Ибадуллаев, П.И. Солнцев, С.В. Трапезников. – Текст: непосредственный // Плодородие. – 2008. – № 5. – С. 15-17.

52. Доронина, О.М. Влияние степени засоренности на продуктивность яровой пшеницы, кукурузы и подсолнечника. - Текст: непосредственный / О.М. Доронина. – Текст: непосредственный // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 289-294.

53. Дубовик, Д.В. Влияние минимизации основной обработки почвы на плодородие чернозема типичного/ Д.В. Дубовик, Д.В., Дубовик Е.В., Шумаков А.В., Б.С Ильин. - Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2021. – № 3. – с. 22-27.

54. Дудкин, В.М. Эффективность факторов биологизации земледелия в лесостепи Центрального Черноземья/ В.М. Дудкин, А.С. Акименко,

И.В. Дудкина, К.Е. Брежнев// Доклады РАСХН. – 1998. - № 1. – с. 25-27. - Текст: непосредственный.

55. Дудкин, И.В., Дудкина, Т.А. Влияние минеральных и органических удобрений на групповой состав сорной растительности/ И.В. Дудкин, Т.А. Дудкина. - Текст: непосредственный// Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск. – 2010. – с. 143-145. - Текст: непосредственный.

56. Дудкин, И.В., Дудкина, Т.А. Влияние минеральных удобрений на сорный компонент агрофитоценозов / И.В. Дудкин, Т.А. Дудкина// Проблемы экологии агроэкосистем – пути и методы их решения: материалы Всероссийской научной конференции (г. Новосибирск, 3 декабря 2009 г.). – Новосибирск, 2009. – с. 34-36. - Текст: непосредственный.

57. Дудкин, И. В. Засорённость посевов при применении минеральных удобрений /И.В. Дудкин, Т.А. Дудкина. - Текст: непосредственный// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3. – с. 14-20.

58. Дудкин, И.В. Засорённость посевов сельскохозяйственных культур при использовании соломы на удобрение / И.В. Дудкин, Т.А. Дудкина// Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: Сборник научно-практической конференции Курского отделения Межрегиональной общественной организации «Общество почвоведов им. В.В. Докучаева», Курск, 20–21 декабря 2011 года / Под редакцией Н.П. Масютенко, Г.М. Дериглазовой. – Курск: Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, 2011. – с. 31-32. - Текст: непосредственный.

59. Есаулко, А.Н. Опыт применения технологии No-till в различных климатических зонах Ставропольского края / А. Н. Есаулко, Е. Б. Дрепа, А. Ю. Ожередова и др. - Текст: непосредственный // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 28–31. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10707.

60. Ефименко, В.М., Климович, Л.К., Митин, Н.В. Влияние твердости почвы в пригородных лесах на успешность роста сосново-березовых насаждений - Текст: непосредственный/ В.М. Ефименко, Л.К. Климович, Н.В. Митин// Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2017. – № 47. – С. 101-104.
61. Жидков, В.М. Хрипченко А.В. – Обработка почвы и эффективность применения гербицидов при выращивании свеклы столовой на светлокаштановых почвах Волгоградской области/ В.М. Жидков А.В. Хрипченко - Текст: непосредственный// Овощи России. – 2014. – №3. – С. 68-70.
62. Забродкин, А.А. Мониторинг засоренности посевов при современных энергосберегающих способах основной обработки почвы / А.А. Забродкин, А.С. Новикова, В.Т. Лобков, С.А. Плыгин. - Текст: непосредственный// Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. - М., 2012. - № 9. - С. 33 - 37.
63. Зайцев, А.М., Димитрович, В.Ю., Коваленко, И.Н. Сравнительная оценка технологий возделывания зернофуражных культур в открытой лесостепи Предбайкалья/ А.М. Зайцев, В.Ю. Димитрович, И.Н. Коваленко. - Текст: непосредственный// Актуальные вопросы аграрной науки. – 2018. – № 26. – С. 12-20.
64. Зеленев, А.В., Беленков, А.И. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия: Учебное пособие/ Зеленев А.В., Беленков А.И.. – 2018, 316 с. - Текст: непосредственный.
65. Зинковский, В.Н., Зинковская, Т.С. Теория и технологии комплексного управления плодородием осушаемых почв с использованием эффективных приёмов и средств биологической мелиорации: монография/ В.Н. Зинковский, Т.С. Зинковская// Тверь: Тверской ГУ – 2018. – 268 с. - Текст: непосредственный.
66. Зинченко, М.К. Действие приемов основной обработки на микробный потенциал агроландшафтов серой лесной почвы/ М.К. Зинченко. - Текст: непосредственный// Земледелие. – 2016. – № 1. – с. 16-19.

67. Ивенин, В.В. Минимализация обработки почвы и урожайность яровой пшеницы / В.В. Ивенин, В.Л. Строкин, В.В. Осипов // Земледелие. – 2010. – № 5. – С. 13–14.

68. Иволгов, А.В. Лекции по истории агрономии: учебное пособие/ А.В. Иволгов, И.Ф. Каргин; под общей редакцией И.Ф. Каргина. – Саранск: Издательство Мордовского университета, 2010 – 160 с. ISBN 978-5-7103-2205-5. - Текст: непосредственный.

69. Ирмулатов, Б.Р., Сарбасов, А.К. Агроэкологическая оценка влияния мульчи из соломы на агроценоз яровой пшеницы в условиях северо-востока Казахстана/ Б.Р. Ирмулатов, А.К. Сарбасов// Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. Издательство: Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (Краснообск), 2012. – № 6 (229). – с. 108-114. - Текст: непосредственный.

70. Исаичева, У.А. Эффективность биологизации системы удобрений в оптимизации гумусового состояния дерново-подзолистой супесчаной почвы/ У.А. Исаичева, А.М. Труфанов - Текст: непосредственный// Вестник Алтайского государственного аграрного университета – 2016. – № 1. – с. 45.

71. Каргин, В.И. Засоренность посевов озимой ржи и озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения/ В. И. Каргин, А. А. Ерофеев, И. А. Латышова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 2. – с. 27-29.

72. Кафтан, Ю.В., Скороходов, В.Ю., Митрофанов, Д.В., Жижин, В.Н. Влияние засоренности на урожайность яровой твердой пшеницы в системе двупольных севооборотов на черноземах южных оренбургского Предуралья/ Ю.В. Кафтан, В.Ю. Скороходов, Д.В. Митрофанов, В.Н. Жижин. - Текст: непосредственный // Животноводство и кормопроизводство. – 2018. – Т. 101. № 1. – с. 221-230. - Текст: непосредственный.

73. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И. Кирюшин. - Текст: непосредственный// Земледелие. - 2006. – № 5. – с. 12–14.

74. Кирюшин, В.И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. – 2019. – №9. – с.1130-1139. DOI: 10.1134/S0032180X19070062 URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_39149006_53317391.pdf (Дата обращения: 15.12.2021). – Текст электронный.

75. Кирюшин, В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земледелия и проектирования агроландшафтов/ В.И. Кирюшин. - Текст: непосредственный// М.: Колос. – 2011. – с. 443.

76. Ковда, В.А. Проблемы почвенного покрова и биосферы планеты/А.В. Ковда // Пуццино: Наука. – 1989. - 155 с. - Текст: непосредственный.

77. Ковриго, В.П., Кауричев И. С., Бурлакова Л. М. Почвоведение с основами геологии/ В.П. Ковриго, И. С. Кауричев, Л. М. Бурлакова// М.: Колос. – 2000. – 416 с: ил. - Текст: непосредственный.

78. Кожаев, В.А., Адиньяев, Э.Д. Научное обоснование необходимости борьбы сорными растениями в различных агроландшафтах РСО-Алания. – Текст непосредственный/ В.А. Кожаев, Э.Д. Адиньяев. - Текст: непосредственный// Известия Горского государственного аграрного университета. – Т. 51. № 4. – 2014. – С. 24-30.

79. Козлова, Л.М., Попов, Ф.А., Носкова, Е.Н., Иванов, В.Л. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России/ Л.М. Козлова, Ф.А. Попов, Е.Н. Носкова, В.Л. Иванов. - Текст: непосредственный// Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 3 (58). – с. 43-48.

80. Колмыков, А.В., Авдеев, А.Н. Современные аспекты ведения органического сельского хозяйства / А.В. Колмыков, А.Н. Авдеев //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии – 2020. – №2. – с. 182-187.

81. Колсанов, Г. В. Солома как удобрение в зернопропашном севообороте на черноземе лесостепи Поволжья / Г. В. Колсанов // Агрохимия. – 2006. – № 5. – С. 30-40.

82. Конова, А.М. Комплексное применение минеральных удобрений и пестицидов при возделывании ячменя на дерново-подзолистой почве/ А.М. Конова- Текст: непосредственный// Плодородие. – 2010. - № 2. – с. 13-14.

83. Корнилов, И.М. Влияние систем обработки почвы на засоренность посевов/ И.М. Корнилов. - Текст: непосредственный// Защита и карантин растений. – 2015. – № 4. – с. 44-45.

84. Корнилов, И.М. Влияние систем обработки почвы на засоренность посевов в севообороте/ И.М. Корнилов. - Текст: непосредственный// Защита и карантин растений. – 2016. – № 1. – с. 20-21.

85. Котлярова, О.Г., Котлярова, Е.Г., Лубенцов, С.М. Динамика сорной растительности в посевах гороха в зависимости от интенсивности обработки почвы и минерального питания/ О.Г. Котлярова, Е.Г. Котлярова, С.М. Лубенцов. - Текст: непосредственный// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. - № 7. – с. 51-53.

86. Кохан, А.В., Глущенко, Л.Д. Бессменное выращивание озимой пшеницы и её влияние на фитосанитарное состояние посевов агрохимическое состояние почвы уровень продуктивности/ А.В. Кохан, Л.Д. Глущенко, А.И. Лень, Р.В. Оленин, Е.А. Самойленко, В.В. Гаггур. - Текст: непосредственный// Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №2. – с. 181- 186.

87. Кохан, А.В. Обработка почвы в агротехнологии подсолнечника/ А.В. Кохан, Е.А. Самойленко. - Текст: непосредственный//Вестник Прикаспия. –2017. – с. 42–47.

88. Кузина, Е.Е. Кузин, Е.Н., Власова, Т.А. Современные проблемы в агропочвоведении, агрохимии и экологии: Учебное пособие для студентов агрономического факультета, обучающихся по направлению подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение (уровень магистратуры) Пензенский государственный аграрный университет. – 2018, 230 с. – д URL: <https://reader.lanbook.com/book/131059#4> (Дата обращения: 12.12.2021). – Текст электронный.

89. Кузнецова, С.В., Губа, Е.И. Гербициды для раннеспелых и среднеранних гибридов кукурузы / С.В. Кузнецова, Е.И. Губа. - Текст: непосредственный// Защита и карантин растений. 2017. - № 7. – С. 48-49.

90. Кузьмин, Н.А., Сандин, В.Г. Эффективность комплексных микроудобрений при обработке посадочного материала и посадок картофеля на серых лесных почвах Рязанской области // Н.А. Кузьмин, В.Г. Сандин- Текст: непосредственный /. - Вестник РГАТУ. - 2016. – № 2 (30). – С. 40-43.

91. Кулыгин, В.А. Способы основной обработки почвы при возделывании картофеля на орошении / В.А. Кулыгин. - Текст: непосредственный// Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2014. – № 3 (15). – С. 16-26.

92. Кураченко, Н.Л. Влияние систем удобрения на изменение агрофизических свойств темно-серой лесной почвы/ Н.Л. Кураченко, О.А. Ульянова, В.В. Чупрова - Текст: непосредственный// Агрохимия. – 2011. – № 4. – С. 22-29.

93. Лапа, В.В., Босак, В.Н. Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборота и плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В.В. Лапа, В.Н. Босак. - Текст: непосредственный// Агрохимия. – 2006. – № 10. – с. 15-18.

94. Ленточкин, А., Ширококов, П., Атнабаева, Н. Нулевая, минимальная или отвальная обработка почвы в ландшафтном земледелии среднего Предуралья/ А. Ленточкин, П. Ширококов, Н. Атнабаева // В сборнике: Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири Монография. В 5 томах. Москва. – 2018. – с. 115-120. - Текст: непосредственный.

95. Листопадов, И.Н. Минимализация, а не упрощение/ И.Н. Листопадов. - Текст: непосредственный// Земледелие. - 2007. -№1. - с.25-27.

96. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии/ И.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова // М.: Россельхозиздат. - 1984. - 205с. – Текст: непосредственный.

97. Лыскова, И.В. Влияние минеральных удобрений и извести на продуктивность зернопаротравяного севооборота/ И.В. Лыскова, Ф.Ф. Мухамадьяров. – Текст: непосредственный// Научно-производственный журнал Кормопроизводство. – 2016, – № 7, – С. 18-22.

98. Макаров, В.И. Биохимическая щелочность органических удобрений/ В.И. Макаров// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6 (140). – С. 48-54.

99. Макаров, В.И. Влияние азотных удобрений на кислотность дерново-подзолистой супесчаной почвы и химический состав лизиметрических вод / В. И. Макаров. - Текст: непосредственный// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (138). – с. 89-95.

100. Мальцев, Т.С. Система безотвального земледелия / Т.С. Мальцев./ М.: Агропромиздат, 1988. - 128 с. - Текст: непосредственный.

101. Малюга, Н. Г. Сбалансированная биологизированная система земледелия – основа сохранения плодородия и высокой продуктивности черноземов Кубани/ Н. Г. Малюга, С. В. Гаркуша, В. П. Василько, А. И. Радионов, А. М. Кравцов. - Текст: непосредственный// Тр. КубГАУ. – 2015. – № 52. – с. 125- 129.

102. Мамонтов, В.Г. Содержание и состав лабильного органического вещества в дерново-подзолистой почве при внесении низких доз органических удобрений /Л.П. Родионова, П.Д. Бугаев, О.В. Абрамова, С. Абубакаров. - Текст: непосредственный// Известия Тимирязевский сельскохозяйственной академии. – 2004. – №2. – С. 52 – 60.

103. Марчук, Е.В. Влияние интенсивности применения удобрений и вида севооборота на агрохимические и биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы мещерской ландшафтной провинции/ Е.В. Марчук // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. — 2017. — № 4. — С. 31-35. — ISSN 2073-0853. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/302148> (дата обращения: 19.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

104. Матвеева, Н.В. Оценка влияния минеральных удобрений на структуру почвы, эмиссию диоксида углерода и урожайность пшеницы /Н.В. Матвеева, О.В. Рябинина// В сборнике: Climate, ecology, agriculture of Eurasia Materials of the international scientific-practical conference. – 2017. – с. 140-144. - Текст: непосредственный.

105. Матюк, Н.С. Изменение агрофизических свойств почвы под действием приемов обработки и удобрений/ Н.С. Матюк, В.Д. Полин, В.А. Николаев. - Текст: непосредственный// Владимирский земледелец. – 2015. – № 2 (72). – с. 12-14.

106. Медведев В.В. Твердость почв. Харьков. - Изд. КГ1 «Городская типография», – 2009, 152 с. - Текст: непосредственный.

107. Медведев, И.Ф. Агроэкологические основы повышения плодородия склоновых черноземных почв Поволжья / И.Ф. Медведев //Автореферат дисс. на соиск. уч. степени д.с.-х.н. – Саратов. – 2001. – с. 3. - Текст: непосредственный.

108. Медведев, И.Ф. Изменение в агрегатной структуре почвы при ее сельскохозяйственном использовании/И.Ф. Медведев, Л.Б. Сайфуллина, В.И. Ефимова, И.О. Молчанов // В сборнике: Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства Суздаль. – 2016. – с. 239-243. - Текст: непосредственный.

109. Навольнева, Е.В., Ступаков, А.Г., Куликова, М.А., Дмитриенко, С.А. Система удобрений как фактор сохранения гумуса/ Е.В. Навольнева, А.Г. Ступаков, М.А. Куликова, С.А. Дмитриенко. – Текст: непосредственный // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии// Издательство: Курская государственная сельскохозяйственная академия им. профессора И.И. Иванова (Курск). – 2015. – №5. – с. 55-57.

110. Назаренко, П.Н., Пургин, Д.В. Влияние длительного применения различных видов основной обработки почвы на плодородие каштановой почвы западно-кулундинской степи Алтайского края/ П.Н. Назаренко, Д.В. Пургин. - Текст: непосредственный// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №12 (158). – с. 21-26.

111. Найденов, А.С., Бардак, Н.И., Терехова, С.С., Кравцова, Н.Н. Минимизация обработки почвы и её влияние на агрофизические показатели чернозема выщелоченного и урожайность полевых культур - Текст: непосредственный / А.С. Найденов, Н.И. Бардак, С.С. Терехова, Н.Н. Кравцова // АгроСнабФорум. – 2018. – №6 (162). – с. 50-52.

112. Найденов, А.С., Василько, В.П., Бардак, Н.И., Гладков, В.Н. Динамика агрофизических свойств черноземных почв при длительном сельскохозяйственном использовании и пути их оптимизации в условиях Краснодарского края/ А.С. Найденов, В.П.Василько, Н.И. Бардак, В.Н. Гладков. – Текст: непосредственный// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – № 142. – с. 41-56.

113. Найденов, А.С., Терехова, С.С., Калашников, В.А., Дерека, Ф.И., Любарский В.С. Влияние обработки почвы и химического способа борьбы с сорняками на урожайность озимой пшеницы в условиях равнинно-эрозионного агроландшафта/ А.С. Найденов, С.С. Терехова, В.А. Калашников, Ф.И. Дерека, В.С. Любарский. – Текст: непосредственный// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 134. – с. 14-26.

114. Найденова, Е.В. Засоренность агрофитоценоза яровой пшеницы в зависимости от основной обработки почвы/ Е.В. Найденова// Агротехнический метод защиты растений от вредных организмов: Материалы VIII международной научно-практической конференции, посвящается 95-летию Кубанского государственного аграрного университета. - Издательство: Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина (Краснодар). – 2017. – С. 308-311. – Текст: непосредственный.

115. Насиев, Б.Н. Влияние внесения органических удобрений на агрофизические свойства темно-каштановых почв (Западный Казахстан)/ Б.Н. Насиев – Текст: непосредственный// Почвоведение. – 2013. – № 9. – С. 1128-1137.

116. Науметов, Р.В., Сабитов М.М. Влияние способов основной обработки залежных земель на засоренность почвы и посевов озимой и яровой пшеницы/ Р.В. Науметов, М.М. Сабитов. –Текст: непосредственный// Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3 (15). – с. 59-64.

117. Небытов, В.Г. Энергетическая эффективность применения удобрений, известкования и гербицидов в Орловской области/ В.Г. Небытов// Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XV Международной научной конференции. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – с. 5-9. – Текст: непосредственный.

118. Нечаев, Л.А. Состав сорняков в зернопаропропашном севообороте/ Л.А. Нечаев, В.М. Новиков, В.И. Коротеев. – Текст: непосредственный// Аграрная наука. – 2009. – № 3. – с. 20-21.

119. Нецадим, Н.Н. Длительное 32-летнее применение удобрений на плодородие чернозема обыкновенного и продуктивность сахарной свеклы/ Н.Н. Нецадим, С.И. Бершатская, С.В. Гаркуша, А.А. Квашин, Ф.И. Дерка – Текст: непосредственный// Политематический сетевой электронный журнал Кубанского ГАУ. - 2016. - №117. – С. 1338-1353.

120. Нецадим, Н.Н., Пацека, О.Е., Калашников, В.А. Урожайность зерна озимого ячменя с применением различных технологий выращивания/ Н.Н. Нецадим, О.Е. Пацека, В.А. Калашников// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. – № 137. – с. 106-122. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2018/03/pdf/21.pdf> (Дата обращения: 1.10.2021). – Текст: электронный.

121. Николаев, В.А., Биналиев, И.Ф. Влияние разных способов обработки на структуру почвы и урожайность озимой пшеницы/ В.А. Николаев, И.Ф. Биналиев. – Текст: непосредственный// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – №8. – с.18-23.

122. Николаев, В.А., Беленков, А.И. Влияние разных приемов обработки дерново-подзолистой почвы на ее сложение и урожайность ячменя/ В.А. Николаев, А.И. Беленков – Текст: непосредственный// Известия Тимирязевский сельскохозяйственной академии. – 2014. – №5. – с. 103-108.

123. Новиков, В. М. Влияние элементов технологии возделывания люпина узколистного на засорённость посевов в коротко ротационном севообороте / В. М. Новиков. – Текст: непосредственный// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 1(17). – С. 103-108.

124. Носкова, Е.В., Действие систем обработки почвы и удобрений на агрохимические показатели плодородия и урожайность яровой пшеницы/Е.В. Носкова. – Текст: непосредственный// Вестник АПК Верхневолжья. – 2020. – №4. – с. 17-22.

125. Носкова, Е.В. Обилие сорного компонента полевого фитоценоза при применении различных агротехнологий/ Е.В. Носкова, С. В. Щукин. – Текст: непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. – № 3(43). – с. 3-9.

126. Обзор агрометеорологических условий за 2014-2015 сельскохозяйственный год по Ярославской области/ ЯЦГМС. – Ярославль: ЯЦГМС, – 2015. – с. 36. – Текст: непосредственный.

127. Обзор агрометеорологических условий за 2015-2016 сельскохозяйственный год по Ярославской области/ ЯЦГМС. – Ярославль: ЯЦГМС, – 2016. – с. 36. – Текст: непосредственный.

128. Обзор агрометеорологических условий за 2016-2017 сельскохозяйственный год по Ярославской области/ ЯЦГМС. – Ярославль: ЯЦГМС, – 2017. – с. 36. – Текст: непосредственный.

129. Обзор агрометеорологических условий за 2017-2018 сельскохозяйственный год по Ярославской области/ ЯЦГМС. – Ярославль: ЯЦГМС. – 2018. – с. 36. – Текст: непосредственный.

130. Овсинский, И.Е. Новая система земледелия / Перепечатка публикации 1899 г. (Киев, тип. С.В. Кульженко). – Новосибирск: АГРО-СИБИРЬ. –

2004. – 86 с. – URL: <http://www.viktoriy.ru/ovsinskiy-1> (Дата обращения: 25.12.2021) – Текст электронный.

131. Оказова, З.П., Икоева, В.А. Влияние численности сорных растений на урожайность сахарного сорго в лесостепной зоне Республики Северная Осетия - Алания/ З.П. Оказова, В.А. Икоева. – Текст: непосредственный// Успехи современного естествознания, Издательство: Издательский Дом «Академия Естествознания» (Пенза). – 2016. – № 3. – С. 94-97.

132. Околелова, А.А., Егорова, Г.С. Провинциальные особенности гумусового режима почв Волгоградской области/ А.А. Околелова, Г.С. Егорова. – Текст: непосредственный// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – №2. – с.17.

133. Огороков, В. В. Влияние удобрений на кислотность серых лесных почв ополья / В. В. Огороков, Л. А. Окоркова, О. А. Фенова. – Текст: непосредственный// Владимирский земледелец. – 2010. – № 1-2. – с. 16-20.

134. Пегова, Н. А. Влияние систем обработки и биоресурсов на агрохимические свойства дерново-подзолистой суглинистой почвы / Н. А. Пегова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2017. – № 6. – С. 31-35. – Текст непосредственный.

135. Перфильев, Н.В., Вьюшина, О.А., Тимофеев, В.Н. Соотношение видов сорных растений под влиянием севооборота и систем основной обработки почвы в условиях Северного Зауралья / Н.В. Перфильев, О.А. Вьюшина, В.Н. Тимофеев// Достижение науки и техники АПК. Издательство: Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК» (Москва). – 2018. - Том: 32. – №5. – с. 35-40. – Текст непосредственный.

136. Печенина, Т.С. Методология оценки экономической эффективности применения ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур/ Т.С. Печенина // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2014. - №2. – С. 88 – 92. – Текст непосредственный.

137. Пигорев, И.Я., Тарасов, С.А. Элементы биологизации в технологии возделывания озимой пшеницы /И.Я. Пигорев, С.А. Тарасов. – Текст: непосредственный// Вестник ОрелГАУ. – 2014 . – №5(50). – С. 102-108.
138. Плотников, А.М. Продуктивность севооборота и показатели кислотности почвы при использовании различных удобрений /А.М. Плотников. – Текст: непосредственный// Вестник Курганской ГСХА. – 2019. – № 3(31). – с. 13-17.
139. Поляков, Д. Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур /Д.Г. Поляков– Текст: непосредственный// Земледелие. – 2021. №2. – с. 37 – 43.
140. Посыпанов, Г.С., Долгодворов, В.Е. Энергетическая оценка технологии возделывания полевых культур / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов// Моск. с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева. – 2002. – 20 с. – Текст: непосредственный.
141. Прянишников, Д.Н. Агрохимия. (Учебник)/ Д.Н. Прянишников// М.-Л.: Сельхозиздат, 1934. – 399 с. – Текст: непосредственный.
142. Пургин Д. В. Формирование засоренности посевов в зернопаровом севообороте в зависимости от способа обработки почвы и применения средств химизации / Д. В. Пургин, В. И. Усенко, В. И. Кравченко – Текст: непосредственный // Земледелие. 2019. № 8. С. 6–14. – DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10802.
143. Савельев, В.А. Растениеводство. - Издательство «Лань». – 2021, 316 с. – Текст: непосредственный.
144. Савельев, Ю.А., Ишкин, П.А. Влияние процесса промораживания почвы на ее разуплотнение и продуктивную способности/ Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. 2009, №2. – с. 137 – 140.
145. Салишев, Л.П. Минимальная обработка и воспроизводство плодородия типичного чернозема// Л.П. Салишев, Н.Р. Бахтизин, Р.Я. Рамазанов, Х.Ф. Фаизов/ Уфа. - 1993. -111 с. – Текст: непосредственный.

146. Самсонова, Н.Е. Использование соломы в качестве органического удобрения: Учебно-методическое пособие – Смоленск: ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА», 2014. – 16 с. – Текст: непосредственный.

147. Сафонов, А.Ф., Алферов, А.А., Золоторев, М.А. Состояние плодородия дерно-подзолистой почвы и продуктивность полевых культур при длительном применении удобрений и известкования в бесменных посевах в севообороте/ А.Ф. Сафонов, А.А. Алферов, М.А. Золоторев – Текст: непосредственный// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2002. – №2. – с. 22-28.

148. Сахн-Вальд, Ф.В., Котельникова, М.Н. Влияние различных способов обработки почвы и систем удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Курской области с. Научное обеспечение агропромышленного производства / Ф.В. Сахн-Вальд, М.Н. Котельникова// Материалы Международной научно-практической конференции, 20-21 февраля 2018 г., г. Курск, ч. 1. – Курск: Изд-во Курск. гос. с.-х. ак., 2018.- С. 147-150. – Текст: непосредственный.

149. Семенова, Е.Л. Влияние применения гербицида в звене севооборота на потенциальную засоренность почвы семенами сорных растений при разных способах внесения минерального удобрения и обработки /Е.Л. Семенова. Текст: непосредственный// Вестник Ижевской ГСХА Издательство: Ижевская ГСХА. – 2009. – с. 60-62.

150. Симонов, В.Ю. Эффективность гербицидов в посевах яровой пшеницы/ В.Ю. Симонов. Текст: непосредственный// Агроконсультант. 2012. – №6. – с. 10-17.

151. Синещеков, В.Е. Факторы, влияющие на численность сорных растений в посевах яровой пшеницы, на примере лесостепи Западной Сибири / В. Е. Синещеков, Н. В. Васильева Текст: непосредственный// Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 6(159). – С. 62-70. – DOI 10.36718/1819-4036-2020-6-62-70.

152. Скипин, Л.Н., Перфильев, Н.В., Захарова, Е.В., Гаевая, Е.В. Состояние почвы и урожайность культур при разных системах основной обработки/ Л.Н Скипин, Н.В Перфильев, Е.В-Захарова, Е.В Гаевая. – Текст: непосредственный// Плодородие, 2014. – №4. – с. 24-26.

153. Скорняков, С.М. Плуг: крушение традиций?/ С.М. Скорняков// М.: Агропромиздат, 1989. - 176 с., ил. – Текст: непосредственный.

154. Скороходов, В.Ю. - Продуктивность яровой пшеницы в полевых севооборотах региона с неустойчивым увлажнением /В.Ю. Скороходов – Текст: непосредственный// Известия Оренбургского государственного аграрного университета - 2021. – №3 (89). – С. 25-28.

155. Славгородская, Д.А. Агрофизические свойства чернозема обыкновенного и роль сложного компоста в их улучшении/ Д.А. Славгородская. – Текст: непосредственный // Экологический вестник Северного Кавказа. 2012. – Т. 8. № 3. – С. 31-45.

156. Смирнов, Б.А. Влияние систем минимальной обработки, удобрений и защиты растений на биологические показатели плодородия дерново-подзолистой глееватой почвы / П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина, А.М. Труфанов. – Текст: непосредственный// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии - 2013. - №1. - С. 85-95.

157. Соколов, А.С., Байрамбеков, Ш.Б., Соколова, Г.Ф. Влияние обработки почвы, удобрений, гербицидов на засоренность и урожайность овощных культур в севообороте/ А.С. Соколов, Ш.Б. Байрамбеков, Г.Ф. Соколова. – Текст: непосредственный // Успехи современного естествознания. 2018. – № 8. – с. 78-84. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35590363> (Дата обращения: 09.01.22). – Текст: электронный.

158. Спиридонов, Ю.Я. Влияние различных мер борьбы с сорняками в севообороте на засоренность заключительного поля / Ю. Я. Спиридонов, Н. И. Будынков, И. В. Дудкин и др. – Текст: непосредственный // Агрехимия. – 2020. – № 12. – С. 38-44. – DOI 10.31857/S0002188120120108.

159. Спиридонов, Ю.Я. Совершенствование мер ликвидации сорных растений в современных технологиях возделывания полевых культур /Ю.Я. Спиридонов. – Текст: непосредственный // Известия ТСХА. – 2008. - №1. – с. 31-43.

160. Столбовой, В.С. Регенеративное земледелие и смягчение изменений климата /В.С. Столбовой. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 7. с. 19–26. – DOI:10.24411/0235-2451-2020-10703.

161. Стрижков, Н.И. Влияние различных факторов на формирование видового состава сорняков и уровень засорённости культур в севооборотах Поволжья/ Н.И. Стрижков, В.Б. Лебедев, С.Е. Каменченко и др. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2010. - № 5. – с. 15-17.

162. Суков, А.А. Особенности системы удобрения сельскохозяйственных культур на европейском севере России : учебное пособие / А. А. Суков, О. В. Чухина, Н. В. Токарева, А. Н. Налиухин. — Вологда : ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2018. — 207 с. — ISBN 978-5-98076-271-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130789> (дата обращения: 19.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

163. Суржик, М.М. Изменение содержания гумуса в почве кормового севооборота в зависимости от удобрений и культур/ М.М. Суржик– Текст: непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2011. – №12. – с.6.

164. Сурова, Ю.С., Футкарадзе Д.А. Эффективное использование соломы и пожнивных остатков в регулировании баланса гумуса почвы при её различной обработке/ Ю.С. Сурова, Д.А. Футкарадзе. – Текст: непосредственный// Известия Санкт-Петербургского ГАУ, Издательство: Санкт-Петербургский ГАУ (Санкт-Петербург). 2015. – № 39. – с. 105-108.

165. Татаринцев, Л.М. Физическое состояние пахотных почв Юга Западной Сибири/ Л.М. Татаринцев // Барнаул. - Изд-во АГАУ. - 2005. – 300 с. – Текст: непосредственный.

166. Титова, В.И. Баланс гумуса в земледелии: учебно-методическое пособие к учебным дисциплинам «Агрохимия», «Система удобрения»/ В.И. Титова// Нижегородская гос. с.-х. академия. – Нижний Новгород: НГСХА, 2014. – 43 с. – Текст: непосредственный.

167. Титова, В.И. Агрогенная трансформация органического вещества светло-серой лесной легкосуглинистой почвы по исследованиям в длительном опыте /В.И. Титова, З.С. Артемьева, А.М. Архангельская. – Текст: непосредственный// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – №3. – С.18-29.

168. Титова, Е.М., Внукова М.А. Эффективность комплексного применения удобрений и гербицида Димесол на посевах ярового ячменя / Е.М. Титова, М.А. Внукова.– Текст: непосредственный// Вестник Орел ГАУ. – 2012. - № 2. – С. 32-35.

169. Титовская, А.И. Изменение структурного состояния почвы в зависимости от систем обработки/ А.И. Титовская. – Текст: непосредственный// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – С.7.

170. Ткачук, О.А. Адаптированные ресурсосберегающие приемы возделывания яровой мягкой пшеницы в севообороте лесостепной зоны Северного Поволжья/ О.А. Ткачук, А.Н., Орлов, Е.В. Павликова. – Текст: непосредственный// Вестник Ульяновской ГСХА. - 2012. - №4. – С. 24-29.

171. Ткачук, О.А. Совершенствование элементов технологии возделывания яровой пшеницы, обеспечивающих снижение энергетических затрат и повышение урожайности на черноземных почвах лесостепи Поволжья/ О.А. Ткачук, А.Н. Орлов, Е.В. Павликова. – Текст: непосредственный // Нива Поволжья. - 2012г. – №2(23). – С. 40-45.

172. Трофимова, Т.А. Засоренность посевов при различных приемах и системах зяблевой обработки почвы ЦЧР/ Т.А. Трофимова, С.И. Коржов, В.А. Маслов, А.П. Пичугин. – Текст: непосредственный/ Лесотехнический журнал. – 2015. – №2. – С.81-90.

173. Труфанов А.М. Фитосанитарное состояние посева ярового рапса при применении ресурсосберегающих агротехнологий / А.М. Труфанов, А.Н. Воронин, У.А. Исаичева, М.К. Кононова. - – Текст: непосредственный// Вестник АПК Верхневолжья. – 2015. - № 1 (29). – с. 22-25.

174. Труфанов, А.М. Биологические свойства дерново-подзолистой глееватой почвы и урожайность полевых культур при различных системах обработки удобрений и гербицидов/ А.М. Труфанов, Б.А. Смирнов , С.В. Щукин. – Текст: непосредственный// Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013 г. – №2. – с. 24.

175. Тукмачева, Е.В. Агрономическая эффективность применения удобрений при выращивании ячменя// Е.В. Тукмачева, Н.Н. Шулико, В.А. Волкова, Н.А. Цыганова Актуальные проблемы почвоведения, экологизации и земледелия: Сборник докладов Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». Курск, 2018. – С. 473-476. – Текст: непосредственный.

176. Турусов, В.И. Фитосанитарное состояние посевов в зависимости от обработки почвы на различных элементах агроландшафта/ В.И. Турусов, И.М. Корнилов, Н.А. Нужная. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2012. – № 8. – С. 40-41.

177. Тычинская, И.Л. Применение органических удобрений в решении проблем экологизации и продовольственной безопасности страны/ И.Л. Тычинская, В.И. Панарина, Е.С. Михалева. – Текст: непосредственный// Вестник аграрной науки. – 2021. №2 (89). – с. 64-74.

178. Уваров, Г.И. Влияние предшественников озимой пшеницы на плотность сложения и агрегатный состав почвы/ Г.И. Уваров, А.П. Карабутов, А.А. Найденов– Текст: непосредственный// Научные ведомости Белго-

родского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – Т. 24. – № 7. – с. 108-113.

179. Ульянова, О.А., Кураченко, Н.Л., Эколого-агрохимические основы повышения плодородия почв Красноярской лесостепи / ФГБОУ ВО Красноярский государственный аграрный университет. - 2019. – 150 с. – Текст: непосредственный.

180. Федоров, Г. Ю. Ресурсосберегающая система обработки почвы для условий Костромской области/ Г.Ю. Федоров// [сайт]: URL: http://sci-article.ru/stat.php?i=resursosberegayuschaya_sistema_obrabotki_pochvy_dlya_usloviy_kostromskoj_oblasti (Дата обращения: 25.02.21). – Текст: электронный.

181. Федотова, Е.Н., Рысев, М.Н Влияние длительного применения удобрений в севообороте со льном-долгунцом на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность севооборота /Е.Н. Федотова, М.Н. Рысев, Е.С. Волкова, Т.А. Кусткова. – Текст: непосредственный// Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №4. – С. 8-18.

182. Фисунов, Н.В., Волосников, И.А., Логунов, Р.В. Влияние основной минимальной обработки чернозема, выщелоченного на водно-физические свойства в целом и урожайность яровой пшеницы в Тюменской области/ Н.В. Фисунов, И.А. Волосников, Р.В. Логунов // Сборник статей II всероссийской (национальной) научно-практической конференции «Современные научно-практические решения в АПК» Государственный аграрный университет Северного Зауралья. 2018. – с. 267-271. – Текст: непосредственный.

183. Чекмарев, П.А., Лукманов, А.А., Нуриев, С.Ш. Плодородие и продуктивность почв Республики Татарстан/ П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов, С.Ш. Нуриев. – Текст: непосредственный // Казань, 2011. – с. 245. – Текст: непосредственный.

184. Чернышева, Н.М. Плодородие и обработка почвы // Н.М. Чернышева, С.С. Балабанов, Н.И. Картамышев, В.Ю. Тимонов. – Текст: непосред-

ственный// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 5. – с. 48-51.

185. Чуданов, И.А. Ресурсосберегающие системы обработки почвы в среднем Поволжье / И.А. Чуданов// Самара: ГНУ Самарский НИИСХ. – 2006. – с. 236. – Текст: непосредственный.

186. Чуян, Н.А. Агрофизические показатели чернозема типичного в условиях использования побочной продукции на удобрение при разных уровнях/Н.А. Чуян, О.Г. Чуян Г.М. Брескина. – Текст: непосредственный// Достижения науки и техники АПК. – 2013.– № 2. – с. 32-35.

187. Шабалкин, А.В. Эффективность различных способов основной обработки почвы и средств интенсификации в борьбе с засорённостью посевов ячменя / А.В. Шабалкин, В.А. Воронцов, Ю.П. Скорочкин. – Текст: непосредственный// Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2(30). – с. 139-144. – DOI 10.24411/2309-348X-2019-11104.

188. Шаповалова, Н.Н., Менькина, Е.А. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений/ Н.Н. Шаповалова, Е.А. Менькина. Шаповалова Н.Н., Менькина Е.А. – Текст: непосредственный// Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – №5. – С. 43-46.

189. Шарпов, И.И. Влияние засоренности вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis*) на элементы продуктивности озимой пшеницы/ И.И. Шарпов. – Шаповалова Н.Н., Менькина Е.А. – Текст: непосредственный// Зерновое хозяйство России. Издательство: Аграрный научный центр «Донской» (Зерноград), 2017. –№ 4 (52). – С. 53-57.

190. Шарков, И.Н. Негативное влияние сорных растений на использование яровой пшеницей почвенного азота / И.Н. Шарков, А.Г. Бащук, Л.М. Самохвалова. – Текст: непосредственный// Агрохимия. Издательство: Российская академия наук (Москва) 2011. – №10. – с. 53-57.

191. Шахрай, А.А., Смирнов, Б.А. Агрофизические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность полевых культур по системе поверхностной обработки на разных фонах удобрений и гербицидов / А.А.

Шахрай, Б.А. Смирнов – Текст: непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. - 2008. – №4. – с. 3-7.

192. Швед, И.М., Валейша, Е.Ф., Влияние способов основной обработки почвы и систем удобрений на агрофизические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / И.М. Швед, Е.Ф. Валейша. – Текст: непосредственный// Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №1. – С. 77-83.

193. Шевяхова, Е.А. Воздействие систем основной обработки на засоренность паров в условиях Нижнего Поволжья/ Е.А. Шевяхова, Л.П. Андриевская, Н.Н. Бородина. – Текст: непосредственный// НАЖ. – 2012. – № 2. – С. 6-9.

194. Шеин, Е.В. Агрофизика: учебник / Е.В. Шеин, В.М. Гончаров // Ростов на Дону. – Феникс. – 2006. – с. 400. – Текст: непосредственный.

195. Шеин, Е.В. Курс агрофизики почв: Учебник/ Е.В. Шеин // М.-Изд-во МГУ. – 2005. – с. 432. – Текст: непосредственный.

196. Шикула, Н.К. Минимальная обработка черноземов и воспроизводство плодородия /Н.К. Шикула, Г.В. Назаренко // М.-Агропромиздат. – 1990. – с. 320. – Текст: непосредственный.

197. Ширинян, М.Х. Влияние удобрений на интенсивность баланса НРК в почве и урожайность культур /М.Х. Ширинян, В.К. Бугаевский, В.М. Кильдюшкин, Н.Г. Романов. – Текст: непосредственный// Земледелие. – 2008. – № 6. – С. 18-19.

198. Широких, И. Г. Микробная трансформация органического вещества дерновоподзолистой почвы Предуралья при различном использовании и внесении минеральных удобрений / И. Г. Широких, А. И. Косолапова, А. А. Широких, Н. Е. Завьялова // Теоретическая и прикладная экология. – 2019. – № 1. – С. 102-110.

199. Шнейдер, П.А. Теридокс – новый почвенный гербицид для прополки рапса / П.А. Шнейдер, В.Г. Заец, А.Л. Олюнин. – Текст: непосредственный//Защита и карантин растений. – 2010. – № 5. – С. 60-61.

200. Шпаар, Д. Зерновые культуры. Выращивание, уборка, доработка и использование /Д. Шпаар// М: Издательство «Для Агрodelo», 2008. – 656 с. – Текст: непосредственный.

201. Шпанев, А.М., Фитосанитарные аспекты применения нового органоминерального удобрения в полевом севообороте на Северо-Западе РФ/ А.М. Шпанев, В.В. Смук, Е.С. Денисюк, М.А. Фесенко. – Текст: непосредственный// Проблемы агрохимии и экологии. 2017. – № 2. – с. 47-53.

202. Шпанев, А. М. Комплексное влияние удобрений и защитных мероприятий на засоренность посадок и урожайность картофеля / А.М. Шпанев, В. В. Смук, М. А. Фасенко. – Текст: непосредственный// Российская сельскохозяйственная наука. – 2019. – № 4. – с. 27-30. – DOI 10.31857/S2500-26272019427-30.

203. Шпанев, А.М. Вредоносность сорных растений в посевах яровой пшеницы на северо-западе Нечерноземья/ А.М. Шпанев. – Текст: непосредственный// Земледелие. – 2016. – № 2. – с. 42-45.

204. Шпилько, А.В. и др., Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники - Том. Часть монография Москва, 1998. – 219 с. – Текст: непосредственный.

205. Щукин, С.В., 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 и др. – Текст: непосредственный// Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57. – № 1. – с. 25-31.

206. Щукин, С. В. Влияние минимальной обработки, удобрений и гербицидов на сопротивление пенетрации почвы и урожайность полевых культур / С. В. Щукин, Е. А. Горнич // Ресурсосберегающие технологии в земледелии : Сборник научных трудов по материалам II Международной научно-практической конференции, Ярославль, 14 декабря 2016 года. – Ярославль: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение выс-

шего профессионального образования «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия», 2017. – с. 102-109. – Текст: непосредственный.

207. Щукин, С.В. Экологическая роль сорных растений при применении систем энергосберегающей обработки почвы / С. В. Щукин, Р.Е. Казнин, А. М. Труфанов, Е. В. Чебыкина // Вестник АПК Верхневолжья. – 2012. – № 3(19). – С. 30-33. – Текст: непосредственный.

208. Щукин, С.В. Экологизация сельского хозяйства : перевод традиционного сельского хозяйства в органическое/ С.В. Щукин, А.М. Труфанов. – Москва : КТ «Буки-Веди», 2012. – 196 с. – (RUDECO Переподготовка кадров в сфере развития сельских территорий и экологии). – ISBN 978-5-906069-71-9. – Текст: непосредственный.

209. Щукин, С.В. 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. – Текст: непосредственный// Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 4(56). – с. 119-126. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-04-14.

210. Щучка, Р.В. Влияние цеолитов и минеральных удобрений на содержание влаги в почве и рост растений ярового рапса / Р.В. Щучка, В.А. Кравченко, В.А. Гулидова, О.А. Дубровина, Ю.В. Брыкина, С.М. Мотылева, М.Е. Мертвищева. – Текст: непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2016. – №2 (144). – С. 13 – 16.

211. Юскин, А.А. Влияние систем удобрения, обработки почвы и севооборотов на функциональный состав гумуса дерново-подзолистых почв А.А. Юскин, В.И. Макаров, А.С. Башков, Т.Ю. Бортник, А.И. Венчиков// Аграрный вестник Урала, Издательство: Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург) 2009. – № 1 (55). – с. 85-87. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12365587&> (Дата обращения 1.11.2021). – Текст электронный.

212. Ягодина, Б.А., Жукова Ю.П., Кобзаренко В.И. *Агрохимия*// М.: Колос, 2002. — 584 с. – Текст: непосредственный.
213. Ягодкина, Н.В. Мамонтов В.Г. К вопросу о факторах структурообразования. – Тез. Докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов. М.: РАН. – 2000, кн. 1. – с. 221-222. – Текст: непосредственный.
214. Яковлев, Н.С. Анализ систем зяблевой обработки почвы под зерновые культуры/ Н.С. Яковлев, В.Е. Синещенко, В.В. Маркин. – Текст: непосредственный// Вестник НГИЭИ.- 2021. – №4 (119). – с. 5 – 20.
215. Acar, M. Effects of long-term tillage systems on aggregate-associated organic carbon in the eastern Mediterranean region of Turkey / M. Acar, I. Celik, N. Gunal // *Eurasian J. Soil Sci.* – 2018. – №7 (1). – PP. 51-58. – DOI: 10.18393/ejss.335329.
216. Agbede, T.M. Effect of tillage, biochar, poultry manure and NPK 15-15-15 fertilizer, and their mixture on soil properties, growth and carrot (*Daucus carota* L.) yield under tropical conditions / T.M. Agbede // *Heliyon.* – 2021. – Vol. 7 (6). – DOI:10.1016/j.heliyon.2021.e07391. – URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844021014948> (Дата обращения: 29.12.2021) – Текст электронный.
217. Aravena, J. E., Berli, M., Ghezzehei, T. A. & Tyler, S. W. Effects of root-induced compaction on rhizosphere hydraulic properties—X-ray microtomography imaging and numerical simulations / J. E. Aravena, M. Berli, Ghezzehei, T. A. & Tyler, S. W. // *Environmental science & technology.* – 2011. – №45. – PP. 425–431. – DOI:10.1021/es102566j.
218. Bai, Z.G. Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China / Z.G. Bai, C. Thomas, G.M. Ruiperez, N.H. Batjes, M. Paul, K. Bünemann Else // *Agriculture, Ecosystems & Environment.* – 2018. – Vol 265. – pp. 1-7. DOI: 10.1016/J.AGEE.2018.05.028.

219. Bajwa, A.A. Impact of fertilizer use on weed management in conservation agriculture - A review/ A.A. Bajwa, Ehsanullah, S.A. Anjum, W. Nafees, M. Tanveer, H.S. Saeed// *Pak J. Agric. Res.* – 2014. – №27 (1). – PP. 69-78.

220. Bandyopadhyay, K.K. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean / K.K. Bandyopadhyay, A.K. Misra, P.K. Ghosh, K.M. Hati// *Soil and Tillage Research.* – 2010. – Vol. 110. – PP. 115-125. - DOI:10.1016/j.still.2010.07.007. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198710001212> (Дата обращения: 25.12.2021) – Текст электронный.

221. Barut, Z.B., Celik, I. Tillage effects on soil quality indicators in the semi-arid mediterranean coastal plain of Turkey /Z.B. Barut, I. Celik // *Philipp. Agric. Sci.* – 2009. - №92. – PP. 290-300.

222. Bengough, A.G. Penetrometer resistance, root penetration resistance and root elongation rate in two sandy loam soils /A.G. Bengough, C.E. Mullins// *Plant Soil.* – 1991. - №131. – PP. 59-66.

223. Bengough, A.G. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits /A.G. Bengough, B.M. McKenzie, P.D. Hallett, T.A. Valentine // *J. Exp. Bot.* – 2011. – №62. – PP. 59-68. - DOI:10.1093/jxb/erq350.

224. Blackshaw, R. Nitrogen Fertilizer Rate Effects on Weed Competitiveness is Species Dependent / R. Blackshaw, R. Brandt// *Weed Science.* – 2008. – №56 (5). – №743-747. – DOI:10.1614/WS-08-065.1

225. Blackshaw, R., Weed species response to phosphorus fertilization / R. Blackshaw, R. Brandt, H. Janzen, T. Entz // *Weed Science.* – 2004. – №52(3). - PP. 406-412. DOI:10.1614/WS-03-122R.

226. Blanco, H. Principles of Soil Conservation and Management/ H. Blanco, R. Lal // Springer. - 2008. P. 620.

227. Blanco-Canqui, H. Implications of inorganic fertilization of irrigated corn on soil properties: lessons learned after 50 years / Blanco-Canqui, A.J. Schlegel // *J. Environ. Qual.* - 2013. – №42. – PP. 861-871. – DOI: 10.2134/jeq2012.0451.

228. Blevins, R.L., Changes in soil properties under no-tillage / R.L. Blevins, M.S. Smith, G.W. Thomas// Blevins, R.L., Smith, M.S., Thomas, G.W./ In: Phillips, R.E., Phillips, s.H., (Eds), No Tillage Agriculture: Principles and Practices Springer US, Boston, MA. – 1984. – PP. 190-230.

229. Bo, A. B., Current status and agronomic aspects of herbicide resistance in Korea/ A. B. Bo, I. H. Jeong, O. J. Won, W. Jia, H. Yun, B. Khaitov, T. H. Le, M. Umurzokov, F. Ruziev, M. J. Lim, K.M. Cho, K.W. Park, J. J. Lee/ Korean Journal of Agricultural Science. – 2019. – №46. – PP. 405–416. – URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Current-status-and-agronomic-aspects-of-herbicide-Bo-Jeong/b17fb28e70c0343e328232ea889341eb30b8fa88> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.

230. Bronick, C.J., Lal R. Soil structure and management: a review /C.J. Bronick, R. Lal // Geoderma. - 2005. - №124. – PP. 3-22. - DOI:10.1016/j.geoderma.2004.03.005.

231. Brussaard, L. Biodiversity and ecosystem functioning in Soil /L. Brussaard, V.M. Behan-Pelletier, D.E. Bignell, V.K. Brown, W. Didden, P. Folgarait, C. Fragoso, D.W. Freckman, V.V.S.R. Gupta, T. Hattori'S, D.L. Hawksworth, C. Klopatek, P. Lavelle, D.W. Malloch, J. Rusek, B. Söderström, J.M. Tiedje, R.A.// Ambio. – 1997. – Vol. 26 №8. – PP. 563-570, DOI:10.1146/annurev-ecolsys-120213-091917.

232. Busari, M.A. Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment/ M.A. Busari, S.S. Kukal, A. Kaur, R. Bhatt, A.A. Dulazi // Int. Soil Water Conserv. Res. – 2015. – №3. – pp. 119-129. - DOI:10.1016/j.iswcr.2015.05.002.

233. Campbell, C.A. Long-term effects of tillage and crop rotations on soil organic C and total N in a clay soil in southwestern Saskatchewan / C.A. Campbell, B.G. McConkey, R.P. Zentner, F. Selles, D. Curtin //Can. J. Soil Sci. – 1996. – №76. – PP. 395-401. – DOI: 10.4141/cjss96-047.

234. Cao, H. Organic matter fractions within macroaggregates in response to long-term fertilization in calcareous soil after reclamation /H. Cao, J. Xie, J. Hong, X. Wang, W. Hu // Journal of Integrative Agriculture, 2021. - Vol. 20. – PP. 1636-1648. – DOI:10.1016/S2095-3119(20)63354-8.

235. Castioni, G.A. Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi-approach assessment /G.A. Castioni, M. R. Cherubin, L. M. S. Menandro, G. M. Sanches, R.d.O. Bordonal, L. Carneiro Barbosa, Henrique Coutinho Junqueira co, João Luís Nunes Carvalho, //. - Soil and Tillage Research. – 2018. - Vol. 184. – PP.301-309 DOI:10.1016/j.still.2018.08.007.

236. Cathcart, R. Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides/ R. Cathcart, K. Chandler C. Swanton// Weed Science. – 2004. – 52(2). – PP. 291-296. – DOI:10.1614/WS-03-049R.

237. Celik, I. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil / I. Celik, I. Ortas, S. Kilic// Soil Tillage Res. – 2004. – №78. – PP. 59-67. – DOI:10.1016/S0167-1987(04)00049-2.

238. Celik, I. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions /I. Celik, H. Gunal, M. Budak, C. Akpinar // Geoderma. –2010. – Vol. 160 (2). – PP. 236-243, DOI:10.1016/j.geoderma.2010.09.028.

239. Chaney K., Swift R.S. The Influence of Organic Matter on Aggregate Stability in Some British Soils / K. Chaney, R.S. Swift //Soil Science. –1984. – Vol. 35. – PP. 223-230/ DOI:10.1111/j.1365-2389.1984.tb00278.x.

240. Chassot, A. Root distribution and morphology of maize seedlings as affected by tillage and fertilizer placement/ A. Chassot, P. Stamp, W. Richner// Plant Soil. – 2001. – №231. – PP. 123-135. – DOI: 10.1023/A:1010335229111.

241. Chauhan, B.S. Influence of tillage systems on weed seedling emergence pattern in rainfed rice/ B.S. Chauhan, D.E. Johnson// Soil Till. Res. – 2009. – №106. – PP. 15-21. – DOI: 10.1016/j.still.2009.10.004.

242. Chauhan, B.S. Seedling recruitment pattern and depth of recruitment of 10 weed species in minimum tillage and no-till seeding systems/ B.S. Chauhan, G. Gill, C. Preston//. – Weed Sci. – 2009. – 54. – PP. 658-668. - DOI: 10.1614/WS-05-135R.1.

243. Chauhan, B.S. Tillage system effects on weed ecology, herbicide activity and persistence: A review /B.S. Chauhan, G. Gill, C. Preston //Aust. J. Exp. Agric. – 2006. - №46. – PP. 1557-1570. – DOI: 10.1071/EA05291.

244. Chavarria, D.N. Response of soil microbial communities to agroecological versus conventional systems of extensive agriculture / D.N. Chavarria, C. Perez-Brandan, D.L. Serri, J.M. Merile //Agric. Ecosyst. Environ. Appl. Soil Ecol. – 2018. – №265. – PP. 1-8. DOI:10.1016/j.agee.2018.05.008.

245. Chávez-Ortiz, P. Glyphosate-based herbicides alter soil carbon and phosphorus dynamics and microbial activity/ P. Chávez-Ortiz, Y. Tapia-Torres, J. Larsen, F. García-Oliva// Applied Soil Ecology. – 2022. – Vol. 169. – P. 104256. – DOI:10.1016/j.apsoil.2021.104256.

246. Chen, B. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review /B. Chen, E. Liu, Q. Tian, C. Yan, Y. Zhang // Agron. Sustain. Dev. – 2014. – №34. – PP. 429-442. – DOI: 10.1016/j.agsci.2014.10.017.

247. Chen, Y. Carbon and nitrogen pools in different aggregates of a Chinese mollisol as influenced by longterm fertilization /Y. Chen, X. Zhang, H. He, H. Xie, Y. Yan, P. Zhu, J. Ren, L. Wang //J. Soils Sediments. – 2010. - №10. – PP. 1018-1026. – DOI:10.1007/s11368-009-0123-8.

248. Chen, X. Structural composition of immobilized fertilizer N associated with decomposed wheat straw residues using advanced nuclear magnetic resonance spectroscopy combined with ¹³C and ¹⁵N labeling, Geoderma /X. Chen, M. Jin, P. Duan, J. Mejia, W. Chu, Xinxin Ye, Xiaoyan Cao, Klaus Schmidt-Rohr, Michael L. Thompson, H. Gao, J. Mao //. - 2021. – Vol. 398. – DOI:10.1016/j.geoderma.2021.115110.

249. Cherubin, M.R. Sugarcane straw effects on soil compaction susceptibility, Soil and Tillage Research /M.R. Cherubin, M.R.A. Franchi, R.P.d Lima, M.T.d. Moraes, F.B.d. Luz// 2021. - Vol. 212. – P.105066. – DOI:10.1016/j.still.2021.105066.

250. Cherubin, M.R. Crop residue harvest for bioenergy production and its implications on soil functioning and plant growth: A review / M.R. Cherubin, D.M.S. Oliveira, B.J. Feigl, L.G. Pimentel, I.P. Lisboa, M.R. Gmach, L.L. Varan-

- da, M.C. Morais, L.S. Satiro, G.V. Popin // *Sci. Agric.* – 2018. – №75. – PP. 255-272. - DOI:10.1590/1678-992X-2016-0459.
251. Cheshire, M. The immobilization of nitrogen by straw decomposing in soil /M. Cheshire, C. Bedrock, B. Williams, S. Chapman, I. Solntseva, I. Thomsen // *Eur.J. Soil Sci.* – 1999. – №50. – PP. 329-341. – DOI: 10.1046/j.1365-2389.1999.00238.x.
252. Choudhury, S.G. Tillage and residue management effects on soil aggregation, organic carbon dynamics and yield attribute in rice-wheat cropping system under reclaimed sodic soil Soil/ S. G. Choudhury, S. Srivastava, R. Singh, S.K. Chaudhari, D.K. Sharma, S.K. Singh, D. Sarkar// *Till. Res.* – 2014. – №136, PP. 76-83. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/316915479> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.
253. Colombi, T. Feedbacks between soil penetration resistance, root architecture and water uptake limit water accessibility and crop growth – a vicious circle/T. Colombi, L.C. Torres, A. Walter, T. Keller// *Sci. Total Environ.* - 2018. - №626. - PP. 1026-1035. - DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.01.129.
254. Dang, Y.P. Strategic tillage in conservation agricultural systems of north-eastern Australia: why, where, when and how? *Environ* / Y.P. Dang, A. Balzer, M. Crawford, V. Rincon-Florez, H. Liu, A.R. Melland, D. Antille, S. Kodur, M.J. Bell, J.P.M. Whish, Y. Lai, N. Seymour, L.C. Carvalhais, P.// *Sci. Pollut. Res.* – 2018. – №25. – PP. 1000-1015, DOI:10.1007/s11356-017-8937-1.
255. De Gryze, S. A quantification of short-term macroaggregate dynamics: influences of wheat residue input and texture. / S. De Gryze, J.Six, C. Brits, R. Merckx// *Soil Biol. Biochem.* – 2005. - №37 (1), 55–66. - DOI: 10.1016/j.soilbio.2004.07.024.
256. Deike, S. Long-term productivity and environmental effects of arable farming as affected by crop rotation, soil tillage and strategy of pesticide use: a case-study of two long-term field experiments in Germany and Denmark/ S. Deike, B. Pallutt, B. Melander, J. Strassemeyer, O. Christen//. *European Journal of Agronomy.* – 2008. – №29. – PP. 191-199.

257. Deiss, L. Does crop rotation affect soil organic matter stratification in tillage systems?/ L. Deiss, A. Sall, M.S. Demyan, S.W. Culman// Soil and Tillage Research. – 2021. - № 209. - DOI: 10.1016/j.still.2021.104932.

258. Dennis, P.G. The effects of glyphosate, glufosinate, paraquat and paraquat-diquat on soil microbial activity and bacterial, archaeal and nematode diversity /P.G. Dennis, T. Kukulies, C. Forstner, T.G. Orton, A.B. Pattison// Sci. Rep. – 2018. – №8. – PP. 1-9. – DOI:10.1038/s41598-018-20589-6.

259. Deubel, A. Long-term effects of tillage on stratification and plant availability of phosphate and potassium in a loess chernozem/ A. Deubel, B. Hofmann, D. Orzessek// Soil and Tillage Research.- Volume.- 2011. – №117. – PP. 85-92. – DOI: 10.1016/j.все еще.2011.09.001.

260. Devêvre, O.C., Horwáth, W.R. Stabilization of fertilizer nitrogen-15 into humic substances in aerobic vs. waterlogged Soil Following Straw Incorporation /O.C. Devêvre, W.R. Horwáth // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2001. – №65. – PP. 499-510. – DOI: 10.2136/sssaj2001.652499x.

261. Deviren Saygm, S. Comparison of different aggregate stability approaches for loamy sand soils. / Deviren Saygm, S., Cornelis, W.M., Erpul, G., Gabriels, D.//Appl. Soil Ecol. – 2012. – №54. – DOI: 10.1016/j.apsoil.2011.11.012. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/235065519> (Дата обращения: 05.01.2022). – Текст электронный.

262. Dexter, A. A method for prediction of soil penetration resistance /A. Dexter, E. Czyż E., Gate O.// Soil Till. Res. – 2007. - №93. – PP. 412-419. - DOI: 10.1016/j.still.2006.05.011.

263. DI Prima, S. Soil Physical Quality of Citrus Orchards Under Tillage, Herbicide, and Organic Managements/S. DI Prima, J. Rodrigo-Comino, A. Novara, M. Iovino, M. Pirastru, S. Keesstra, A.Cerda // Pedosphere. – 2018. – Vol. 28. – PP. 463-477. – DOI:10.1016/S1002-0160(18)60025-6.

264. Du Z., Angers D.A., Ren T., Zhang Q., Li G. The effect of no-till on organic C storage in Chinese soils should not be overemphasized: a meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2017. – №236. – PP. 1-11.
265. Eden, M. Soil structure of a clay loam as affected by long-term tillage and residue management /M. Eden, J. Bachmann, C. Cavalaris, S. Kostopoulou, M. Kozaiti, J. Böttcher // *Soil and Tillage Research*. – 2020. – Vol. 204. – DOI:10.1016/j.still.2020.104734. - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016719872030516X?via%3Dihub> (Дата обращения: 05.01.2022). – Текст электронный.
266. Elderand, J.W. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio / J. W. Elderand, Lal. Rattan // *Soil and Tillage Research*.- 2008.-Vol. 98. – PP. 208-210. – DOI: 10.1016/j.still.2007.12.002.
267. Fang, H. Long-term effects of inorganic fertilizers and organic manures on the structure of a paddy soil /H. Fang, K. Liu, D. Li, X. Peng, W. Zhang, H. Zhou // *Soil and Tillage Research*. – 2021. – Vol. 213. – P.105137, DOI:10.1016/j.still.2021.105137.
268. Faulkner, E. H. *Plowman's Folly* /E. H. Faulkner// New York, Grosset & Dunlap. – 1943. – 155 p. ISBN 0-933280-51-3.
269. Filho, J. T. Modelling of soil penetration resistance for an oxisol under no-tillage/ J.T. Filho, C.T.M. Feltran, J.F.d. Oliveira, E.d. Almeida // *Rev. Bras. Ciênc. Solo*. – 2012. - №36. – PP. 89-95. - DOI: 10.1590/S0100-06832012000100010.
270. Fonte, S.J. Fertilizer and residue quality effects on organic matter stabilization in Soil Aggregates /S.J. Fonte, E. Yeboah, P. Ofori, G.W. Quansah, B. Vanlauwe, J. Six // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2009. – № 73. – PP. 961-966. – DOI: 10.2136/sssaj2008.0204.
271. Franchini, J.C. Root growth of soybean cultivars under different water availability conditions / J.C. Franchini, A. Antonio, B. Junior, H. Debiasi, A.L. Nepomuceno // *Semina Cienc. Agrar.* – 2017, PP. 715-724, DOI:10.5433/1679-0359.2017v38n2p715.

272. Franke, A.C. Phalaris minor seedbank studies: Longevity, seedling emergence and seed production as affected by tillage regime/ A.C. Franke, S. Singh, N. McRoerts, A.S. Nehra, S. Godara, R.K. Malik, G. Marshall// Weed Res. – 2007. – №47. – PP. 73-83. – DOI: 10.1111/j.1365-3180.2007.00533.x.

273. Franzluebbbers A. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality / A. Franzluebbbers // Soil Tillage Res. – 2002. - №66. – PP. 95-106. – DOI:10.1016/S0167-1987(02)00018-1.

274. Franzluebbbers A. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth / A. Franzluebbbers // Soil Tillage Res. – 2002. - №66. – PP. 197-205. – DOI:10.1016/S0167-1987(02)00027-2.

275. Franzluebbbers, A.J. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA / A.J. Franzluebbbers, H.H. Schomberg, D.M. Endale // Soil Tillage Res. – 2007. - №96. – PP. 303-315. - DOI:10.1016/j.still.2007.07.001.

276. Freemark, K., Boutin, C. Impacts of agricultural herbicide use on terrestrial wildlife in temperate landscapes: A review with special reference to North America / K. Freemark, C. Boutin// Ecosystems and Environment Agriculture and Environment. – 1995. – №52(6). – PP. 7–91. DOI: 10.1016/0167-8809(94)00534-L.

277. Frimpong, J.O. Evaluating the impact of synthetic herbicides on soil dwelling macrobes and the physical state of soil in an agro-ecosystem/ J.O. Frimpong, E.S.K. Ofori, S. Yeboah, D. Marri, B.K. Offei, F. Apaatah, J.O. Sintim, E. Ofori-Ayeh, M. Osae// Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2018. – Vol. 156. – PP. 205-215. – DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.03.034.

278. Gao, Q. Conservation tillage for 17 years alters the molecular composition of organic matter in soil profile/ Q. Gao, L. Ma, Y. Fang, A. Zhang, G. Li, J. Wang, D. Wu, W. Wu, Z. Du// Science of The Total Environment. - 2021. - №762. – ISSN 0048-9697, DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143116. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33158522/> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.

279. Geisseler, D. Pathways of nitrogen utilization by soil microorganisms – a review /D. Geisseler, W.R. Horwath, R.G. Joergensen, B. Ludwig // *Soil Biol Biochem.*, 2010. - №42. – PP. 2058-2067. – DOI: 10.1016/j.soilbio.2010.08.021.
280. Ghera, C.M. Ecological correlates of weed seed size and persistence in the soil under different tilling systems: Implications for weed management/ C.M. Ghera, M.A. Martinez-Ghera // *Field Crops Res.* – 2000. – №67. – PP. 141-148. – DOI: 10.1016/S0378-4290(00)00089-7.
281. Grant, C.A. Differential response of weed and crop species to potassium and sulphur fertilizers/ C. A. Grant, D. A. Derksen, R. E. Blackshaw, T. Entz, H. H. Janzen// *Canadian Journal of Plant Science.* – 2007. – №87. – PP. 293-296. DOI:10.4141/P06-138.
282. Grove, J. Nutrient stratification in no-till soils Lead/ J. Grove, R. Ward, R. Weil // *Edge, J. No-Till Agric.* – 2007. – №6. – PP. 374-381.
283. Grzesiak, S. Changes in root system structure, leaf water potential and gas exchange of maize and triticale seedlings affected by soil compaction/ S. Grzesiak, M.T. Grzesiak, T. Hura, I. Marcińska, A. Rzepka // *Environ. Exp. Bot.* – 2013. – №88. – PP. 2-10. - DOI:10.1016/j.envexpbot.2012.01.010.
284. Guo, J.H. Significant acidification in major hinese croplands /J.H. Guo, X.J. Liu, Y. Zhang, J. Shen, W. Han, W. Zhang, P. Christie, K. Goulding, P. Vitousek, F. Zhang // *Science*, 2010. - №327. – PP. 1008-1010. – DOI:10.1126/science.1182570.
285. Guo, Z.C. Long-term animal manure application promoted biological binding agents but not soil aggregation in a Vertisol / Z.C. Guoa, Z.B. Zhanga, H. Zhoua, M.T. Rahmana, D.Z. Wangc, X.S. Guoc, L.J. Li , X.H. Peng// *Soil & Tillage Research.* – 2018. - №180. – PP. 232-237. – DOI: 10.1016/j.still.2018.03.007.
286. Guppy, C.N. Competitive sorption reaction between phosphorous and organic matter in soil: A review/ C.N. Guppy, N.W. Menzies, P.W. Moody, F.P. Blamey // *Soil Res.* – 2005. – №43 (2). – PP. 189-202. – DOI:10.1071/SR04049.

287. Haarhoff, S.J. A prospectus for sustainability of rainfed maize production systems in South Africa / S.J. Haarhoff, T.N. Kotzé, P.A. Swanepoel // *Crop Sci.* – 2020. - №60. – PP. 14-28. – DOI:10.1002/csc2.20103.

288. Hamza, M.a. Soil compaction in cropping systems / M.a. Hamza, W.K. Anderson // *Soil Tillage Res.* – 2005. - №82. - PP. 121-145. – DOI:10.1016/j.still.2004.08.009.

289. Hartzler, B. The cost of convenience: The impact of weeds on crop yields. In *Proceedings of the 21st Annual Integrated Crop Management Conference Iowa State University.* - 2009, PP. 71–74.

290. Hati, K.M. Effect of inorganic fertilizer and farmyard manure on soil physical properties, root distribution, and water-use efficiency of soybean in Vertisols of central India /K.M. Hati, K.G. Mandal, A.K. Misra, P.K. Ghosh, K.K. Bandyopadhyay // *Bioresource Technology.* – 2006. – Vol.97(16). – PP. 2182-2188. – DOI:10.1016/j.biortech.2005.09.033.

291. Haynes, R.J. Influence of lime, fertilizer, and manure application on soil organic matter content and soil physical conditions: A review /R.J. Haynes, R. Naidu // *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* – 1998. – №51. – PP. 123-137. – DOI:10.1023/A:1009738307837.

292. Heap, I. International herbicide resistant weed database. – 2021. – URL: <http://www.weedscience.org> (Дата обращения: 07.01.2022). – Текст электронный.

293. Heenan, D.P., and A.C. Taylor. Soil pH decline in relation to rotation, tillage, stubble retention and nitrogen fertilizer in S.E. Australia/ D.P. Heenan, and A.C. Taylor // *Soil Use Manage.* - 1995. – PP. 4–9. DOI:10.1111/j.1475-2743.1995.tb00487.x.

294. Hoveland, C. Response of Weeds to Soil Phosphorus and Potassium/ C. Hoveland, G. Buchanan, M. Harris// *Weed Science.* – 1976. – №24(2). – PP. 194-201. – DOI:10.1017/S0043174500065747. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016719872030550X#fig0005> (Дата обращения: 05.01.2022). – Текст электронный.

295. Hunt, N. D., Hill, J. D., & Liebman, M. Reducing freshwater toxicity while maintaining weed control, profits, and productivity: Effects of increased crop rotation diversity and reduced herbicide usage/ N.D. Hunt, J.D. Hill, M. Liebman// Environmental Science and Technology. – 2017. – № 51(3). – PP. 1707–1717. – DOI:10.1021/ACS.EST.6B04086

296. Imhoff, S. Physical quality indicators and mechanical behavior of agricultural soils of Argentina /S. Imhoff, A.P. da Silva, P.J. Ghiberto, C.A. Tormena, M.A. Pilatti, P.L. Libardi// PLOS ONE. – 2016. – №11(4). – PP. 1-21. – DOI:10.1371/journal.pone.0153827.

297. Jat, S.L. Differential response from nitrogen sources with and without residue management under conservation agriculture on crop yields, water-use and economics in maize-based rotations/ L. Jat, C.M. Parihara, A.K. Singha, H.S. Nayak, B.R. Meena, B. Kumara, M.D. Pariharc, M.L. Jat // Field Crop Res. – 2019. - №236, PP. 96-110. - DOI:10.1016/j.fcr.2019.03.017.

298. Jeřábek, J. Identifying the plough pan position on cultivated soils by measurements of electrical resistivity and penetration resistance /J. Jeřábek, D. Zumr, T. Dostál // Soil and Tillage Research. – 2017. – Volume 174. – PP. 231-240. – DOI:10.1016/j.still.2017.07.008.

299. Kaur, S. Understanding crop-weed-fertilizer-water interactions and their implications for weed management in agricultural systems/ S. Kaur, R. Kaur, B.S. Chauhan // Crop Protection. –2018. – 1 Vol. 103. – PP. 65-72. – DOI:10.1016/j.cropro.2017.09.011.

300. Kirkby, C.A. Nutrient availability limits carbon sequestration in arable soils /C.A. Kirkby, A.E. Richardson, L.J. Wade, J.B. Passioura, G.D. Batten, C. Blanchard, et al. // Soil Biol Biochem. – 2014. – №68. – PP. 402-409. – DOI:10.1016/j.soilbio.2013.09.032.

301. Kirkegaard, J.A. Sense and nonsense in conservation agriculture: principles, pragmatism and productivity in Australian mixed farming systems / J.A. Kirkegaard, M.K. Conyers, J.R. Hunt, C.A. Kirkby, M. Watt, G.J. Rebetzke //

- Agric. Ecosyst. Environ. – 2014. - №187 pp. 133-145. – DOI:10.1016/j.agee.2013.08.011.
302. Kosugi, K. Combined Penetrometer–Moisture Probe for Surveying Soil Properties of Natural Hillslopes/ K. Kosugi, Y. Yamakawa, N. Masaoka and T. Mizuyama// Vadose Zone Journal . – 2009. – №8. – PP. 52-63. – DOI: 10.2136/vzj2008.0033.
303. Krištof K. The effect of soil tillage intensity on carbon dioxide emissions released from soil into the atmosphere / K. Krištof, T. Šima, L. Nozdrovický and P. Findura // Agronomy Research. – 2014. - №12(1). – PP. 115–120.
304. Kumar, K., Goh, K. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery Adv/ K. Kumar, K. Goh //Agron., 1999. - №69. – PP. 197-319. – DOI: 10.1016/S0065-2113(08)60846-9.
305. Lal R. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation /R. Lal //Sustainability. – 2015. – №7. – PP. 5875-5895. DOI:10.3390/SU7055875.
306. Le Guillou, C. Differential and successive effects of residue quality and soil mineral N on water-stable aggregation during crop residue decomposition / C. Le Guillou, D.A. Angers, P. Leterme, S. Menasseri-Aubry //Soil Biol. Biochem. – 2011. - №43. – PP. 1955-1960. – DOI: 10.1016/j.soilbio.2011.06.004.
307. Lee, S., Clay, D. E., Clay, S. A. Impact of Herbicide Tolerant Crops on Soil Health and Sustainable Agriculture Crop Production/ S. Lee, D.E. Clay, S.A. Clay//. – 2014. – PP. 211–236. DOI:10.1007/978-3-642-55262-5_10.
308. Lehmann, A. Soil biota contributions to soil aggregation / A. Lehmann, W. Zheng, M.C. Rillig //Nat. Ecol. Evol. - 2017. - №12, P. 1828. - DOI:10.1038/s41559-017-0344-y.
309. Lenka, N.K., Lal, R. Soil aggregation and greenhouse gas flux after 15 years of wheat straw and fertilizer management in a no-till system /N.K. Lenka, R. Lal, //Soil and Tillage Research. – 2013. – Vol. 126. – PP. 78-89. – DOI:10.1016/j.still.2012.08.011.
310. Li L.J., X.H. Peng// Soil & Tillage Research. – 2018. - №180. – P. 232-237.

311. Li Y., Residue retention promotes soil carbon accumulation in minimum tillage systems: implications for conservation agriculture Sci/ Y. Li, Z. Li, S.X. Chang, S. Cui, S. Jagadamma, Q. Zhang, Y. Cai // Total Environ. - 2020. - №740, DOI:10.1016/j.scitotenv.2020.140147. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32563000/> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.

312. Li, Y. Trade-off between soil pH, bulk density and other soil physical properties under global no-tillage agriculture / Y. Li, Z. Li, S. Cui, Q. Zhang // Geoderma. – 2020. – Volume 361. – P.114099.

313. Li, Y., Li, Z. Residue retention and minimum tillage improve physical environment of the soil in croplands: A global meta – analysis / Y. Li, Z. Li, S. Cui, S. Jagadamma, Q. Zhang // Soil Tillage Res. – 2019. – №194. DOI:10.1016/j.still.2019.06.009.

314. Li, T. Contrasting impacts of manure and inorganic fertilizer applications for nine years on soil organic carbon and its labile fractions in bulk soil and soil aggregates. – /T. Li, Y. Zhang, S. Bei, X. Li, S. Reinsch, H. Zhang, J. Zhang // CATENA. – 2020. – Vol. 194. – P.104739. – DOI:10.1016/j.catena.2020.104739.

315. Liang, Y. Effect of chemical fertilizer and straw-derived organic amendments on continuous maize yield, soil carbon sequestration and soil quality in a Chinese Mollisol, /Y. Liang, M. Al-Kaisi, J. Yuan, J. Liu, H. Zhang, L. Wang, H. Cai, J. Ren //Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2021. – Vol. 314. – P. 107403, DOI:10.1016/j.agee.2021.107403.

316. Lilienfein, J. Effect of no-till and conventional tillage systems on the chemical composition of soils solid phase and soil solution of Brazilian savanna Oxisols/ J. Lilienfein, W. Wilcke L. Vilela S.D. Lima, R. Thomas, and W. Zech. // J. Plant Nutr. Soil Sci. - 2000. - №163. – PP. 411–419. - DOI:10.1002/1522-2624(200008)163:4<411::AID-JPLN411>3.0.CO;2-V.

317. Limousin, D. Effects of no-tillage on chemical gradients and topsoil acidification/ D. Limousin, Tessier // Soil Tillage Res. - 2007. - №92. - PP. 167-174. - DOI:10.1016/j.still.2006.02.003.

318. Liu, M. Effects of soil aggregate stability on soil organic carbon and nitrogen under land use change in an erodible region in southwest China / M. Liu, G. Han, Q. Zhang // *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* . – 2019. – №16. – P. 3809. – DOI: 10.3390/ijerph16203809.

319. Livingston, M. The economics of glyphosate resistance management in corn and soybean production / M. Livingston, J. Fernandez-Cornejo, J. Unger, C. Osteen D. Schimmelpfennig, T. Park, D. Lambert // United States Department of Agriculture Economic Research Service. Kansas City, MO. – 2015. - URL: https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/45354/52761_err184.pdf?v=0 (Дата обращения: 17.01.2022). – Текст электронный.

320. Lorenz, K. Soil organic carbon stock as an indicator for monitoring land and soil degradation in relation to United Nations' Sustainable Development Goals / K. Lorenz, R. Lal, K. Ehlers // *Land Degrad. Dev.* - 2019. - №30, PP - 824-838, DOI: 10.1002/ldr.3270.

321. Lu, S.G. Effect of rice husk biochar and coal fly ash on some physical properties of expansive clayey soil (Vertisol). / Lu, S.G., Sun, F.F., Zong, Y.T. // *Catena*. – 2014. – №114. – PP. 37–44. DOI: 10.1016/j.catena.2013.10.014.

322. Luan, H. Partial substitution of chemical fertilizer with organic amendments affects soil organic carbon composition and stability in a greenhouse vegetable production system / H. Luan, W. Gao, S. Huang, J. Tang, M. Li, H. Zhang, X. Chen // *Soil Tillage Res.* – 2019. – №191. – PP. 185-196. – DOI: 10.1016/j.still.2019.04.009.

323. Lucas, M. Roots compact the surrounding soil depending on the structures they encounter / M. Lucas, S. Schlüter, H.J. Vogel, D. Vetterlein // *Sci. Rep.* 2019. – №9. – P. 16236. – DOI:10.1038/s41598-019-52665-w.

324. Luna, L. Restoration techniques affect soil organic carbon, glomalin and aggregate stability in degraded soils of a semiarid Mediterranean region. \ Luna, L., Miralles, I., Andrenelli, M.C., Gispert, M., Pellegrini, S., Vignozzi, N., Solé-Benet, A. // *Catena*. – 2016. – №143. – 256–264. – DOI: 10.1016/j.catena.2016.04.013.

325. Lynch, J.P., Opportunities and challenges in the subsoil: pathways to deeper rooted crops/ J.P. Lynch, T. Wojciechowski // J. Exp. Bot. – 2015. – №66. – PP. 2199-2210.

326. Mac Laren, C. Tillage practices affect weeds differently in monoculture vs. crop rotation /C. Mac Laren, J. Labuschagne, P.A. Swanepoel // Soil and Tillage Research. – 2021. – Vol. 205. – P. 104795, DOI:10.1016/j.still.2020.104795.

327. Malik, A.A. Land use driven change in soil pH affects microbial carbon cycling processes Nat / A.A. Malik, J. Puissant, K.M. Buckeridge, T. Goodall, N. Jehmlich, S. Chowdhury, H.S. Gweon, J.M. Peyton, K.E. Mason, M. van Agtmaal, A. Bland, I.M. Clark, J. Whitaker, R.F. Pywell, N. Ostle, G. Gleixner, R.I. Griffiths // Commun. - 2018. – №9, P. 3591. - DOI: 10.1038/s41467-018-05980-1. - URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30181597/> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.

328. Mbagwu, J.S. Relationship of percolation stability of soil aggregates to land use, selected properties, structural indices and simulated rainfall erosion/ J.S.C. Mbagwu, C.K. Auerswald// Soil Tillage Res. – 1999. – №50. – PP. 197–206. – DOI: 10.1016/S0167-1987(99)00006-9.

329. McVaya, K. A. Management Effects on Soil Physical Properties in Long-Term Tillage Studies in Kansas/ K. A. McVaya, J. A. Buddea, K. Fabrizzia, M. M. Mikhab, C. W. Ricea, A. J. Schlegelc, D. E. Petersona, D. W. Sweeneyd and C. Thompsons// Soil Sci Soc Am J.- 2006.- №70. – PP. 434-438. – DOI: 10.1016/j.все еще.2011.09.00.

330. Mithila, J. Physiological Basis for Reduced Glyphosate Efficacy on Weeds Grown Under Low Soil Nitrogen/ J. Mithila, C.J. Swanton, R.E. Blackshaw, R.J. Cathcart, C.J. Hall // Weed Sci. – 2008. – №56. – PP. 12-17. – DOI: 10.1614/WS-07-072.1.

331. Mohler, C.L. A Model of the Effects of Tillage on Emergence of Weed Seedlings / C.L. Mohler// Ecol. Appl.. – 1993. – №3. – PP. 53-73. – DOI: 10.2307/1941792.

332. Mohler, C.L. Weed seedling emergence and seed survival: Separating the effects of seed position and soil modification by tillage/ C.L. Mohler, A.E. Galford // *Weed Res.* – 1997. – № 37. – PP. 147-155. – DOI: 10.1046/j.1365-3180.1997.d01-21.x.

333. Moore, G.A. *Soil Guide: A Handbook for Understanding and Managing Agricultural Soils* / G.A. Moore // *Bulletin.* - No. 4343 Department of Primary Industries and Regional Development. - Western Australia. – 2011. - URL: <https://researchlibrary.agric.wa.gov.au/bulletins/2/> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.

334. Moreno, F. Long-term impact of conservation tillage on stratification ratio of soil organic carbon and loss of total and active CaCO₃ /F. Moreno, J.M. Murillo, F. Pelegrín, I.F. Girón//*Soil Tillage Res.* – 2006. – №85. – pp. 86-93. – DOI:10.1016/j.still.2004.12.001.

335. Moyin-Jesu, Use of plant residues for improving soil fertility, pod nutrients, root growth and pod weight of okra (*Abelmoschus esculentum* L) *Biore-sour. Technol* / E.I. Moyin-Jesu // 2007. – №98. – PP. 2057-2064. – DOI: 10.1016/j.biortech.2006.03.007.

336. Naeem, M., Farooq M, Farooq S, Ul-Allah S, Alfarraj S, Hussain M 2021The impact of different crop sequences on weed infestation and productivity of barley (*Hordeum vulgare* L.) under different tillage systems/ M. Naeem, M. Farooq, S. Farooq, S. Ul-Allah, S. Alfarraj, M. Hussain// *Crop Protection.* – 2021. – №149. – P. 105759.

337. Nandan, R. Impact of conservation tillage in rice -based cropping systems on soil aggregation, carbon pools and nutrients /R. Nandan, V. Singh, S.S. Singh, V. Kumar, K.K. Hazra, C.P. Nath, S. Poonia, R.K. Malik, R. Bhattacharyya, A. Andrew Mcdonald// *Geoderma.* – 2019. – №340. – PP. 104-114. – DOI:10.1016/j.geoderma.2019.01.001.

338. Naveed, M. Impact of long-term fertilization practice on soil structure evolution /M. Naveed, P. Moldrup, H.J. Vogel, M. Lamandé, D. Wildenschild, M.

- Tuller, L.W. de Jonge // *Geoderma*. – 2014. – №217. – PP. 181-189. – DOI: 10.1016/j.geoderma.2013.12.001.
339. Nguyen, B. CH₄ and CO emissions from rice straw burning in South East Asia Environ/ B. Nguyen, J. Putaud, N. Mihalopoulos, B. Bonsang, C. Doan // *Monit. Assess.* – 1994. – №31. – PP. 131-137. - DOI: 10.1007/978-94-011-0982-6_12.
340. Nishio, T. Kanamori Simultaneous determination of transformation rates of nitrate Soil / T. Nishio// *Jarq-Jpn Agr. Res. Q.* – 2001. – №35. - PP. 11-17. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.03.007.
341. Nobels, I. Toxicity Ranking and Toxic Mode of Action Evaluation of Commonly used Agricultural Adjuvants on the Basis of Bacterial Gene Expression Profiles/ I. Nobels, P. Spanoghe, G. Haesaert, J. Robbens, R. Blust // *PLoS One*. – 2011. – №6. – PP. 1-10. – DOI:10.1371/journal.pone.0024139.
342. Nunes, M.R. Mitigation of clayey soil compaction managed under no-tillage /M.R. Nunes, J.E. Denardin, E.A. Pauletto, A. Faganello, L.F.S. Pinto // *Soil Tillage Res.* – 2015. – №148. – PP. 119-126. – DOI:10.1016/j.still.2014.12.007.
343. Paustian, K. Climate- smart soils / K. Paustian, J. Lehmann, S. Ogle, D. Reay, G.P. Robertson, P. Smith// *Nature*. – 2016. – №532. – PP. 49-57, DOI: 10.1038/nature17174.
344. Peng, X.H. Soil structure and its functions in ecosystems: phase matter & scale matter./ X.H. Peng, R. Horn, P.D. Hallett// *Soil Till. Res.* – 2015. – №146. – PP. 1–3. - DOI: 10.1016/j.still.2014.10.017.
345. Peterson, C.A. Ways forward for resilience research in agroecosystems /C.A. Peterson, V.T. Eviner, A.C.M. Gaudin// *Agricultural Systems*. - 2018. - №162. - PP. 19-27, DOI:10.1016/j.agsy.2018.01.011
346. Plaza-Bonilla, D. Soil aggregate stability as affected by fertilization type under semiarid No-Tillage Conditions /D. Plaza-Bonilla, J. Álvaro-Fuentes, C. Cantero-Martínez // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 2013. – №77. – PP. 284-292. – DOI: 10.2136/sssaj2012.0258.

347. Qin, X. Benefits and limitations of straw mulching and incorporation on maize yield, water use efficiency, and nitrogen use efficiency / X. Qin, T. Huang, C. Lu, P. Dang, M. Zhang, X. Guan, P. Wen, T.-C. Wang, Y. Chen, H.M. Siddique // *Agricultural Water Management*,. – 2021. – Vol. 256. – PP. 107-128. – DOI:10.1016/j.agwat.2021.107128.

348. Quadros, P.D. Triplett The effect of tillage system and crop rotation on soil microbial diversity and composition in a subtropical acrisol /P.D. Quadros, K. Zhalnina, A. Davis-Richardson, J.R. Fagen, J. Drew, C. Bayer, F.A.O. Caramo, E.W. Triplett//*Divers.* - 2012. - №4. – PP. 375-395, DOI:10.3390/d4040375.

349. Rasool, R. Soil physical fertility and crop performance as affected by long term application of FYM and inorganic fertilizers in rice-wheat system /R. Rasool, S.S. Kukal, G.S. Hira //*Soil Tillage Res.* – 2007. – №96. – PP. 64-72. - DOI: 10.1016/j.still.2007.02.011.

350. Ribon, A.A. Models for the estimation of the physical quality of a yellow red latosol (oxisol) under pasture Braz /A.A. Ribon, J. T. Filho // *Arch. Biol. Technol.* – 2004. - №47. - PP. 25-31. – Doi: 10.1590/s1516-89132004000100004.

351. Rizaev, S.H. Influence of soil tillage depths on soil water-physical properties and weed infestation in the wheat field // «Путь науки», Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Научное обозрение» (Волгоград), 2017. – С. 50-52.

352. Romaneckas, K. The effect of conservation primary and zero tillage on soil bulk density, water content, sugar beet growth and weed infestation /K. Romaneckas, R. Romaneckien, E. Šarauskis, V. Pilipavicius, A.Sakalauskas// *Agronomy Research*.- 2009.- №7(1).- 73-86. ISBN: 1406-894X.

353. Ruan, R. Long-term straw rather than manure additions improved least limiting water range in a Vertisol / R. Ruan, Z. Zhang, Y. Wang, Z. Guo, H. Zhou, R. Tu, K. Hua, D. Wang, X. Peng //*Agricultural Water Management*. – 2022. – Vol. 261. – P.107356.– DOI: 10.1016/j.agwat.2021.107356.

354. Sainju, U.M. Cover crops and nitrogen fertilization effects on soil aggregation and carbon and nitrogen pools / U.M. Sainju, W.F. Whitehead, B.P. Singh // *Can. J. Soil Sci.* – 2003. – №83(2). – PP. 155-165. – DOI:10.4141/S02-056.
355. Sanborn, M., Cole, D., Kerr, K., Vakil, C., Sanin, L. H., & Bassil, K. Pesticides literature review. The Ontario College of Family Physicians. Toronto, Ontario. – 2004.
356. Shaw, D. R., Frisvold, G., Ervin, D. E., Sword, G. A., & Jussaume, R. A. Stewardship challenges for new pest management technologies in agriculture. CAST. – 2020. – URL: <https://www.cast-science.org/publication/the-need-and-challenge-for-effective-stewardship-of-new-pest-management-technologies-in-agriculture/> (Дата обращения: 17.01.2022). – Текст электронный.
357. Shen, J. Phosphorus dynamics: from soil to plant Plant /J. Shen, L. Yuan, J. Zhang, H. Li, Z. Bai, X. Chen, W. Zhang, F. Zhang// *Physiol.* – 156. – 2011. – №156. – PP. 997-1005, DOI:10.1104/pp.111.175232.
358. Shimizu, M.M. The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan / M.M. Shimizu, S. Marutani, A.R. Desyatkin, T.J. Jin, H. Hat, R. Hatano // *Agric. Ecosyst. Environ.* – 2009. – №130. – PP. 31-40. – DOI: 10.1016/j.agee.2008.11.013.
359. Šimanský, V. Does long-term application of mineral fertilizers improve physical properties and nutrient regime of sandy soils? /V. Šimanský, J. Jonczak, J. Horváthová, D. Igaz, E. Aydın, P. Kováčik // *Soil and Tillage Research.* – 2022. - Vol. 215. – P.105224. – DOI:10.1016/j.still.2021.105224.
360. Sithole, N.J. Conservation Agriculture and its impact on soil quality and maize yield: A South African perspective / N.J. Sithole, L.S. Magwaza, P.L. Mafongoya // *Soil Tillage Res.* – 2016. - №162. - PP. 55-67. - DOI:10.1016/j.still.2016.04.014.
361. Six, J. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – effects of no-tillage/ Six, J., Feller, C., Denef, K., Ogle, S.M.,

Moraes, J.C.S.A., Albrecht, A.// *Agronomie*. – 2002. – №22. – PP. 755–775. – DOI: 10.1051/arpo:2002043.

362. Smith, C.R. Microbial community responses to soil tillage and crop rotation in a corn/soybean agroecosystem /C.R. Smith, P.L. Blair, C. Boyd, B. Cody, A. Hazel, A. Hedrick, H. Kathuria, P. Khurana, B. Kramer, K. Muterspaw, C. Peck, E. Sells, J. Skinner, C. Tegeler, Z. Wolfe// *Ecol. Evol.* – 2016. - №6 (22). – PP. 8075-8084, DOI:10.1002/ece3.2553.

363. Song, H. Changing roles of ammonia-oxidizing bacteria and archaea in a continuously acidifying soil caused by over-fertilization with nitrogen *Environ* /H. Song, Z. Che, W. Cao, T. Huang, J. Wang, Z. // *Sci. Pollut. Res.* – 2016. – №23. – PP. 11964-11974 . - URL: <https://www.researchgate.net/publication/357049072> (Дата обращения: 05.01.2022).

364. Souza, R. Dynamics of soil penetration resistance in water-controlled environments/ R. Souza, S. Hartzell, A.P.F. Ferraz, A.Q.d. Almeida, J.R. de Sousa Lima, A.C. D. Antonino, E.S.d. Souza // *Soil and Tillage Research*. – 2021. – Vol. 205. – DOI: 10.1016/j.still.2020.104768.

365. Spafford, J.H. Variation in post dispersal weed seed predation in crop field / H.S. Spafford, D.M. Minkey, R.S. Gallagher, C.P. Borger // *Weed Sci.* – 2006. – №54. – PP. 148-155. – DOI:10.1614/WS-05-075R.1

366. Summers, H. Integrated weed management with reduced herbicides in a no-till dairy rotation/ H. Summers, H.D. Karsten, W. Curran, G.M. Malcolm// *Agronomy Journal*. – 2021. – №113. – PP. 3418 – 3433. DOI:10.1002/agj2.20757. – URL: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.20757> (Дата обращения: 07.01.2022). – Текст электронный.

367. Swanepoel, P.A., Managing cultivated pastures for improving soil quality in South Africa: challenges and opportunities/ P.A. Swanepoel, P.R. Botha, C.C. du Preez, H.A. Snyman, J. Labuschagne // *African J. Range Forage Sci.* – 2015. - №32. – PP. 91-96, DOI:10.2989/10220119.2015.1051112.

368. Sweeney, A. Effect of Fertilizer Nitrogen on Weed Emergence and Growth/ A. Sweeney, K. Renner, C. Laboski, A. Davis// *Weed Science*. – 2008. – №56 (5). – PP. 714-721. – DOI:10.1614/WS-07-096.1.

369. To, J. Variation in penetrometer resistance with soil properties: the contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions /J. To, B.D. Kay // *Geoderma*. – 2005. – №126. – PP. 261-276. – DOI:10.1016/j.geoderma.2004.08.006.

370. Topa, D. Long term impact of different tillage systems on carbon pools and stocks, soil bulk density, aggregation and nutrients: A field meta-analysis/ D. Topa, I.G. Cara, G. Jităreanu // *CATENA*. – 2021, Vol. 199. – P.105102. – DOI: 10.1016/j.catena.2020.105102.

371. Tshuma, F. Effects of long-term (42 years) tillage sequence on soil chemical characteristics in a dryland farming system / F. Tshuma, F. Rayns, J. Labuschagne, J. Bennett, P.A. Swanepoel // *Soil Tillage Res.* – 2021. – №212. – DOI:10.1016/j.still.2021.105064.

372. Tull, J. *The Horse-Hoeing Husbandry: Or an Essay on the Principles of Tillage and Vegetation*. Printed by A. Rhames, for R. Gunne, G. Risk, G. Ewing, W. Smith, & Smith and Bruce, Booksellers. Available online through Core Historical Literature of Agriculture, Albert R. Mann Library, Cornell University. – 1733. – URL: <https://digital.library.cornell.edu/collections/chla> (Дата обращения: 07.01.2022). – Текст электронный.

373. Turmel, M.-S. Crop residue management and soil health: A systems analysis// M.-S.Turmel, A. Speratti, F. Baudron, N. Verhulst, B. Govaerts *Agricultural Systems*. – 2015. – Vol. 134. – PP. 6-16, DOI:10.1016/j.agry.2014.05.009.

374. Vakali, C. Reduced tillage effects on soil properties and growth of cereals and associated weeds under organic farming/ C. Vakali, J.G. Zaller, U. Köpke// *Soil and Tillage Research*. – 2011. - Vol. 111. – PP. 133-141. – DOI:10.1016/j.still.2010.09.003.

375. Valmis, S. Assessing interrill erosion rate from soil aggregate instability index, rainfall intensity and slope angle on cultivated soils in central Greece.

/ S. Valmis, D. Dimoyiannis, N.G. Danalatos// Soil Tillage Res. – 2005. – №80. – PP. 139-147. – DOI: 10.1016/j.still.2004.03.007.

376. VanVuuren M.M.I., D. Robinson, B.S. Griffiths Nutrient inflow and root proliferation during the exploitation of a temporally and spatially discrete source of nitrogen in soil Plant Soil /M.M.I. VanVuuren, D. Robinson, B.S. Griffiths // 1996. - №178. – PP. 185-192. – DOI:10.1007/BF00011582.

377. Vashisht, B.B. Impact of rice (*O. sativa* L.) straw incorporation induced changes in soil physical and chemical properties on yield, water and nitrogen–balance and –use efficiency of wheat (*Taestivum* L.) in rice–wheat cropping system: Field and simulation studies /B.B. Vashisht, S.K. Jalota, P. Ramteke, R. Kaur, D.K. Jayeswal // Agricultural Systems, 2021. – Vol.194. – P.103279,. – DOI:10.1016/j.agsy.2021.103279.

378. Vaz, C.M.P. Scaling the dependency of soil penetration resistance on water content and bulk density of different soils Soil /C.M.P. Vaz, J.M. Manieri, I.C. de Maria, M. Th. van Genuchten //Sci. Soc. Am. J. – 2013. – 77. – p. 1488. – DOI: 10.2136/sssaj2013.01.0016.

379. Wang, J. Effects of synthetic nitrogen fertilizer and manure on fungal and bacterial contributions to N₂O production along a soil acidity gradient/ J. Wang.// Science of The Total Environment. – 2021. – № 753. – P. 142011.

380. Wang, Y. Wheat straw and biochar effect on soil carbon fractions, enzyme activities, and nutrients in a tobacco field /Y. Wang, J. Dong, X. Zheng, J. Zhang, P. Zhou, X. Song // Canadian Journal of Soil Science. – 2021. – №101 (3). – PP. 353-364. – DOI:10.1139/cjss-2019-0092.

381. Wang, Z. Conservation tillage increases soil bacterial diversity in the dryland of northern China Agron /Z. Wang, L. Liu, Q. Chen, X. Wen, Y. Liao// Sustain. Dev. – 2016. - №36. – P. 28, DOI:10.1007/s13593-016-0366-x.

382. Wezel, A. Agroecological practices for sustainable agriculture. A review Agron. / A. Wezel, M. Casagrande, F. Celette, J.-F. Vian, A. Ferrer, J. Peigné //Sustain. Dev. – 2014. - №34. – PP. 1-20, DOI:10.1007/s13593-013-0180-7.

383. Whalley, W.R. Prediction of the penetrometer resistance of soils with models with few parameters/ W.R. Whalley, J. To, B.D. Kay, A.P. Whitmore //

Geoderma. – 2007. - №137. - PP. 370-377. – DOI: 10.1016/j.geoderma.2006.08.029.

384. White, R. Kirkegaard J. The distribution and abundance of wheat roots in a dense, structured subsoil: implications for water uptake/ R. White, J. Kirkegaard // Plant Cell and Environment. – 2010. – №33. – PP. 133-148. - DOI:10.1111/j.1365-3040.2009.02059.x.

385. Xiao, L. Evaluating soil organic carbon stock changes induced by no-tillage based on fixed depth and equivalent soil mass approaches Agric /L. Xiao, S. Zhou, R. Zhao, P. Greenwood, N.J. Kuhn// Ecosyst. Environ. – 2020. - №300, P. 106982. - DOI:10.1016/j.agee.2020.106982. - URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluating-soil-organic-carbon-stock-changes-by-on-Xiao-Zhou/a5f103da7330a87fe290ab0fd6dbe79fe98a4674> (Дата обращения: 02.01.2022). – Текст электронный.

386. Yang, H. Liu Long-term ditch-buried straw return alters soil water potential, temperature, and microbial communities in a rice-wheat rotation system Soil Till /H. Yang, J. Feng, S. Zhai, Y. Dai, M. Xu, J. Wu, M. Shen, X. Bian, R.T. Koide, J. Liu // Res. – 2016 . – №163. – PP. 21-31. – DOI: 10.1016/j.catena.2021.105316.

387. Zhang H., Dynamics and driving factors of the organic carbon fractions in agricultural land reclaimed from coastal wetlands in eastern China Ecol / H. Zhang, P. Wu, M. Fan, S. Zheng, J. Wu, X. Yang, M. Zhang, A. Yin, C. Gao // Indic. – 2018. - №89, PP. 639-647, DOI:10.1016/j.ecolind.2018.01.039.

388. Zhang, C. Soil organic carbon and total nitrogen storage as affected by land use in a small watershed of the Loess Plateau/ C. Zhang, G. Liu, S. Xue, C.L. Sun // China Eur. J. Soil Biol. – 2013. – №54. – PP. 16-24. – DOI:10.1016/j.ejsobi.2012.10.007.

389. Zhao, J. Influence of straw incorporation with and without straw decomposer on soil bacterial community structure and function in a rice-wheat cropping system /J. Zhao, T. Ni, W. Xun, X. Huang, Q. Huang, W. Ran, B. Shen, R. Zhang, Q. Shen // Appl Microbiol. Biot. – 2017. – № 101. – PP. 4761-4773. – DOI: 10.1007/s00253-017-8170-3.

390. Zhao, H. Immediate and long-term effects of tillage practices with crop residue on soil water and organic carbon storage changes under a wheat-maize cropping system / H. Zhao, J. Qin, T. Gao, M. Zhang, H. Sun, S. Zhu, C. Xu, T. Ning // Soil and Tillage Research. – 2021. – Vol. 218. - ISSN 0167-1987. – DOI: 10.1016/j.still.2021.105309. - URL: <https://www.researchgate.net/publication/357354264> (Дата обращения: 05.01.2022). – Текст электронный.

391. Zhao, X. Stratification and storage of soil organic carbon and nitrogen as affected by tillage practices in the North China Plain /

392. X. Zhao, J.F. Xue, X.Q. Zhang, F.L. Kong, F. Chen, R. Lal, H.L. Zhang // PLoS One. – 2015. – №10. – PP. 1-14. – DOI:10.1371/journal.pone.0128873.

393. Zhou, M. Soil aggregates stability and storage of soil organic carbon respond to cropping systems on Black Soils of Northeast China / M. Zhou, C. Liu, J. Wang, Q. Meng, Y. Yuan, X. Ma, X. Liu, Y. Zhu, G. Ding, J. Zhang, X. Zeng, W. Du // Sci. Rep. – 2020. – №10. – P. 265. – DOI:10.1038/s41598-019-57193-1.

394. Zhou, H. Effects of Organic and Inorganic Fertilization on Soil Aggregation in an Ultisol as Characterized by Synchrotron Based X-ray Micro-Computed Tomography/ H. Zhou, X. Peng, E. Perfect, T. Xiao, G. Peng // Geoderma. – 2013. – №195. – PP. 23-30. – DOI:10.1016/j.geoderma.2012.11.003.

«УТВЕРЖДАЮ»:

Директор
ООО «ВолАгро»



Ж.А. Климова

2022 г.

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор ФГБОУ ВО
Ярославская ГСХА



С.А. Гусар

2022 г.

Акт внедрения результатов научно-исследовательской работы и передового опыта

Мы, нижеподписавшиеся представители ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА в лице заведующего кафедрой «Агрономия» С.В. Шукина, к.с.-х.н., доцента и старшего преподавателя кафедры «Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции» Е.А. Горнич, с одной стороны, и директор ООО «ВолАгро» Ж.А.Климова, с другой стороны, составили настоящий акт о том, что совместная работа по внедрению системы поверхностно-отвальной обработки почвы по фону совместного внесения соломы и минеральных удобрений при возделывании яровых зерновых культур и однолетних трав (вико-овсяная смесь) приняты к внедрению на общей площади 180 га.

Разработанные и проверенные ресурсосберегающие почвозащитные элементы технологий показали преимущество при выращивании яровых зерновых культур (ячмень, овёс) и однолетних трав (вико-овсяная смесь) при увеличении урожайности на 15% и 6% соответственно, сохранении почвенного плодородия и поддержании засоренности посевов на уровне системы с классической отвальной обработкой. Применение поверхностно-отвальной обработки с внесением соломы совместно с NPK позволило увеличить рентабельность производства яровых зерновых на 15-23% и однолетних трав на 21-24% при снижении затрат совокупной энергии на основную обработку в 2,3 раза.

Ответственные за внедрение:

представители от
ООО «ВолАгро»
Директор

Ж.А.Климова / Ж.А.Климова

«16» января 2022 г.

представители от
ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА

С.В. Шукин / С.В. Шукин
Е.А. Горнич / Е.А. Горнич

«16» января 2022 г.