

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

Умаров Александр Борисович

**ВЛИЯНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ УДОБРЕНИЙ И ФОСФОГИПСА
НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЕМА ЮЖНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО
ПРЕДКАВКАЗЬЯ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

**ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

**Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Цховребов В. С.**

Ставрополь — 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	8
2. 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	41
2.1. Рельеф, геоморфология, гидрология	41
2.2. Климат	42
2.3. Растительность	43
2.4. Материнские породы	45
2.5. Погодные условия в годы исследований	46
2.6. Методика исследований	51
3. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ФОСФОГИПСА	55
3.1. Содержание макроэлементов.....	55
3.2. Содержание микроэлементов.....	71
4. СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В РАСТЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА И УДОБРЕНИЙ	81
5. ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА И УДОБРЕНИЙ.....	96
5.1. Количество аммонификаторов.....	96
5.2. Количество микроорганизмов преобразующих минеральные соединения азота.....	99
5.3. Количество микромицетов	103
5.4. Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов....	106
6. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	109
6.1. Урожайность сельскохозяйственных культур.....	109

6.2. Качество озимой пшеницы.....	113
7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА И УДОБРЕНИЙ	118
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	124
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ.....	128
Список литературы.....	129
Приложения.....	152

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Почвы агроценозов претерпевают постоянное обеднение за счет выноса элементов питания, чаще всего безвозвратное, вместе с урожаем. Скорость такого выноса определяется массой самой растительности, которая имеет тенденцию к возрастанию в результате применения удобрений.

В 70-х годах прошлого столетия около 80% пашни характеризовались как средне- и высокообеспеченные по содержанию подвижной серы. Это в немалой степени способствовало получению урожая зерновых высокого качества. В настоящее время около 80% почв имеют низкую обеспеченность по этому элементу питания. Дефицит серы можно восполнить внесением ее вместе удобрениями. Необходимо отметить, что обособленной линейки серных удобрений не существует. Сера можно внести только с комплексными удобрениями, где она является не основным вносимым элементом, и ее доза зависит от дозы основного элемента в удобрении. Это не может решить проблему дефицита серы для растений.

Актуальным становится решение данной проблемы с помощью различных горных пород или отходов промышленности. Они, как правило, имеют очень низкую стоимость (себестоимость), длительное последствие, просты в применении. Одним из таких отходов промышленности является фосфогипс. Он идет в отвал в результате орошения апатита серной кислотой для извлечения фосфорной кислоты при производстве фосфорных удобрений. В фосфогипсе содержится более 20% серы и около 1,5% фосфора. По нашему мнению, внесение этого мелиоранта способно ликвидировать дефицит подвижной серы и отчасти фосфора в почве.

Степень разработанности темы. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что применение фосфогипса на бедных по этому элементу питания почвах приводит к увеличению содержания подвижной

серы, количества и качества получаемой продукции (см. Тишков Н. М., 2014; Куликова А. Х., 2019; Григулецкий В. Г. с соавт., 2021; Шеуджен А. Х., 2016; Мударисов Ф. А., 2019; Синявский И. В. с соавт., 2022; Аканова Н. И., 2022; Аканова Н. И. с соавт., 2022, 2023, 2024; Денисов К. Е., 2022; Цховребов В. С., 2021, 2022, 2023). Представленная диссертация во многом подтверждает мнения большинства ученых. Тем не менее есть свои особенности. Прежде всего это относится к качеству получаемой продукции.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось определение эффективности применения фосфогипса как отдельно, так и совместно с азотными и фосфорными удобрениями и в сравнении с серосодержащими удобрениями на черноземе южном в условиях Центрального Предкавказья в звене севооборота: горох → озимая пшеница → озимая пшеница.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить динамику содержания подвижных форм макро- и микроэлементов в 0–20 см слое почвы при внесении удобрений и фосфогипса.
2. Определить содержание макро- и микроэлементов в растениях озимой пшеницы.
3. Выявить изменения в численности микроорганизмов в почве по вариантам опыта.
4. Определить урожайность, качество и экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур в результате применения серосодержащих удобрений и фосфогипса.

Научная новизна исследований: впервые в условиях Центрального Предкавказья изучалось влияние фосфогипса и совместного применения фосфогипса с удобрениями на показатели плодородия чернозема южного карбонатного среднемошного малогумусного среднесуглинистого на лёссовидных суглинках, состояние почвенной микробиоты, продуктивность гороха и озимой пшеницы как звена севооборота.

Теоретическая и практическая значимость состоит в том, что результаты эксперимента лягут в основу расчетов доз внесения удобрений совместно с фосфогипсом для ликвидации дефицита подвижной серы в почве. Выводы исследований могут использоваться в образовательном процессе при проведении лекций и лабораторных занятий по дисциплинам «Почвоведение», «Экология почв» и «Микробиология» для студентов по направлению «Агрономия» и «Экология и природопользование».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Применение фосфогипса и серосодержащих удобрений увеличивает содержание подвижной серы в почве.

2. Увеличение содержания макро- и микроэлементов в почве, за исключением калия, а также элементов питания в растениях озимой пшеницы происходит за счет внесения фосфогипса как отдельно, так и с аммофосом и аммиачной селитрой.

3. Применение фосфогипса как отдельно, так и совместно с удобрениями повышает численность почвенных микроорганизмов.

4. Урожайность озимой пшеницы сорта «Таня» и экономическая эффективность её выращивания возрастает при применении фосфогипса и особенно фосфогипса совместно с аммофосом и аммиачной селитрой, но качество получаемой продукции остается неизменным.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в учебно-опытном хозяйстве СтГАУ и в СПК колхозе «Родина» Красногвардейского района на общей площади в 727 га. Применение предлагаемого метода позволило увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 24–32%.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались ежегодно (2016–2021 гг.) на конференциях Ставропольского ГАУ, конференции «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах» (4–5 октября 2018 г.), Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения

Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина (2019), Сборнике научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ (2018).

Объем и структура работы. Общий объем работы составляет 161 страницу текста, включает введение, семь глав, заключение, предложения производству, список литературы и приложение. Приведено 10 таблиц, 42 рисунка и 9 приложений. Список используемой литературы включает 158 наименований.

Личный вклад автора. Диссертант осуществлял полевые исследования, выраженные в отборе почвенных образцов по фазам развития культур и проведения фенологических наблюдений. Кроме этого, в лабораторных условиях им произведен анализ почв на химический и микробиологический состав, осуществлен учет урожайности сельскохозяйственных культур и расчет экономической эффективности их выращивания.

Автор выражает глубокую благодарность за руководство исследованиями и написанием диссертационной работы доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заведующему кафедрой почвоведения Цховребову В. С. и коллективу кафедры почвоведения Ставропольского государственного аграрного университета за помощь в полевых и лабораторных исследованиях.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В результате антропогенного влияния происходит изменение естественных и сельскохозяйственных угодий. Не является исключением и почвенный покров. В процессе выращивания сельскохозяйственных культур, выноса элементов питания из почвы происходит обеднение последних [Ахтырцев Б. П., 1977]. В итоге отмечается обеднение почв элементами минерального питания, смещение процессов почвообразования, трансформация минеральной и органической материй (Бабьева И. П., 1989).

«Интенсивное использование сельскохозяйственных угодий приводит к постепенному истощению пахотного горизонта. Минеральные элементы питания используются растениями и отчуждаются с урожаем, щелочные и щелочноземельные элементы постепенно вымываются в более глубокие слои почвы. Соответственно, происходит снижение урожайности культурных растений. В современных условиях это приводит к таким негативным последствиям, как уплотнение, слитизация, обесструктурирование и снижение продуктивности обрабатываемых угодий» (Цховребов В. С., 2003, с. 34).

Главными причинами деградации можно признать несоблюдение технологии обработки почв, постоянный вынос элементов питания, возросшую массу растений, перестройку в системе глинистых минералов и распад аутигенных алюмосиликатов (Цховребов В. С. с соавт., 2013).

Производственная деятельность человека с самого начала использования пашни становится решающим фактором трансформации почв, главной задачей которого является повышение плодородия почвы. При этом характер и значимость изменений почвы зависят от социально-экономической ситуации, уровня развития технологии производства, науки и техники. Использование в производстве различных по характеристикам почв без учета их специфических свойств, условий развития, с нарушением научно обоснованных рекомендаций применения того или иного агроприема приводит не только к отсутствию необходимого эффекта в повышении

плодородия почв, но и могут вызвать существенную их деградацию, вплоть до полной утраты [Гамзиков Г. П., 2013; Бамбалов Н. Н., Соколов Г. А., 2022; Дюжева Н. В., Тинькова А. А., 2020; Кармацких А. А., Редозубов Д. С., 2017).

Как считает А. А. Роде (1947, с. 96), «основу почвообразования составляет обмен веществ в системе «почва — растения». Растения в процессе почвообразования играют важную роль, и без их участия и без их корневых выделений этот процесс не может протекать».

И. С. Ющенко (2023), О. В. Сухова (2020) утверждают, что фосфогипс является вторичным сырьем при производстве фосфорных удобрений. Он находит применение в различных отраслях промышленности, но самая главная его ценность состоит в том, что он является ценным мелиорантом для повышения плодородия почв.

Согласно Ю. А. Азаренко (2018), применение крошки известняка-ракушечника совместно с азотной и фосфорной кислотой, а также известняка с навозом в качестве мелиорантов на солонцах способствовало увеличению содержания легкорастворимых солей в пахотном слое за счет реакции нейтрализации и обмена.

Внесение минеральных удобрений в почву несет за собой вмешательство в многовековые внутренние отношения, сложившиеся в природе. При постоянном внесении легкорастворимых минеральных удобрений, в том числе азотных, фосфорных и калийных, они хорошо вымываются поверхностными водами.

Однако Н. И. Аканова, Л. Н. Дубровских, К. Е. Денисов (2021) утверждают, что «при внесении фосфогипса снижается плотность темно-каштановых почв в слое 0–30 см, что в сочетании с минеральными удобрениями привело к увеличению содержания в почве элементов питания, произошел сдвиг реакции почвенной среды в нейтральную сторону и повышению содержания органического вещества». В результате наблюдалась достоверная прибавка урожая — 19,7%. Также ими была определена экологическая оценка эффективности применения фосфогипса.

Она заключается в том, что не было выявлено рисков загрязнения почвы и растений.

В. С. Цховребовым с соавт. (2019) был заложен многолетний опыт на черноземе выщелоченном по изучению последствий внесенных горных пород (апатит, известняк-ракушечник, лессовидный суглинок, фосфогипс) на урожайность озимой пшеницы и содержание элементов питания. На 12-й год последствия реминерализации чернозема выщелоченного были сделаны выводы, при применении известняка-ракушечника отмечалось повышение сбора зерна на 0,37 и 0,44 т/га, при апатите — на 0,41 и 0,55 т/га, при фосфогипсе слабое влияние на урожайность; совместное применение горных пород привело к прибавке урожая озимой пшеницы на 16,4%.

А. Б. Умаровым с соавт. (2019) был проведен полевой опыт на черноземе южном карбонатном с отдельным и совместным применением фосфогипса, сульфаммофоса, аммофоса и аммиачной селитры. Обнаружено, что при совмещении минеральных удобрений с фосфогипсом в дозах 3; 6 и 12 т/га произошло увеличение содержания нитратного азота, подвижного фосфора в среднем на 25–35%, а подвижной серы — в 2–2,5 раза.

В. Ф. Ковязин (2021) выявил, что для обеспечения кальцием обменных реакций с почвенным комплексом вносят кальцийсодержащие вещества в солонцы: гипс, фосфогипс, известняк и др. После окультуривания солонцов проводят посеы кукурузы, сахарной свеклы, пшеницы, посеы трав, сои.

На четвертый год последствий внесения фосфогипса, А. Н. Лиманский с соавт. (2017) сделали вывод, что внесение фосфогипса не оказывает подкисляющего действия на черноземе выщелоченном, напротив, оказывает стабилизирующее действие на уровень кислотности почвы.

По мнению В. С. Цховребова, Д. В. Калугина (2017), для повышения продуктивности земледелия необходимо проводить «омоложение» их минеральной основы. С энергетических позиций препятствий для опасения их инертности нет.

В. В. Кукушкина с соавт. (2018) описали изменение состояния почвеннопоглощающего комплекса по вариантам опыта реминерализации чернозема выщелоченного. Ими было установлено, что при внесении горных пород повышается сумма обменных оснований и уменьшается гидролитическая кислотность.

Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская (2018) установили, что «компенсировать фосфор можно путем внесения различных доз минеральных удобрений и фосфогипса в равной степени. Это обеспечивает культуру доступными питательными веществами, благоприятно воздействует на физиолого-биохимические процессы, накопление сухого вещества растениями, что обеспечило повышение урожая зерна кукурузы и семян подсолнечника».

Д. В. Калугин (2017) отметил, в результате применения горных пород на черноземе выщелоченном наблюдалось следующее: по фазам развития пшеницы закономерное снижение концентрации азота в растениях; содержание фосфора в растениях увеличивалось в зависимости от горной породы и дозы внесения; повысилось содержание молибдена в растительных образцах озимой пшеницы, а также марганца и меди.

По изучению влияния фосфогипса и серосодержащих удобрений в результате исследований полевого опыта на черноземе южном карбонатном при выращивании озимой пшеницы было установлено увеличение в содержании подвижных соединений фосфора и серы при применении не только сульфоаммофоса, но и фосфогипса, при этом не обнаружили разницы в исследуемом показателе между различными дозами мелиоранта [В. С. Цховребов с соавт., 2018].

Согласно исследованиям А. Н. Есаулко, Д. В. Калугина, В. В. Кукушкиной (2017), было установлено, что на 10-й год реминерализации чернозема выщелоченного совместное применение известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса увеличило обеспеченность почвы подвижным фосфором на 4,7 мг/кг, обеспеченность марганцем — на

1,7 и 2,5 мг/кг, а внесение апатита на 0,9 и 1,6 мг/кг повысило применение известняка-ракушечника. (Вариант с применением фосфогипса превосходил контроль на 2,3 мг/кг.) Обеспеченность почв подвижной медью выросла на 0,36 мг/кг при применении максимальных доз горных пород.

Д. В. Калугин, В. С. Цховребов, В. В. Кукушкина (2017) утверждают, что при внесении горных пород увеличивается сумма обменных оснований, доля поглощенного кальция и уменьшается гидролитическая кислотность в черноземе выщелоченном. Изменяется рН среды: при внесении кислых пород происходит слабое подкисление почв, при внесении основных пород — существенное подщелачивание.

По мнению С. Д. Гилева (2015), хорошая растворимость минеральных удобрений есть их основной недостаток.

Свойствами почв являются гумусность, кислотность, механический состав, емкость поглощения, плотность, мощность гумусового слоя. Зависимость данных свойств почв и агроклиматических показателей объясняется тем, что хорошо коррелируют с урожайностью на черноземах и каштановых почвах содержание гумуса или его запасы, но этот показатель непригоден для оценки солонцов. Солонцы часто занимают значительные площади среди черноземов и каштановых почв. Их качество будет оцениваться по глубине залегания солонцового горизонта и физико-химическим свойствам профиля солонца. Мощность гумусовых горизонтов и запасы гумуса хорошо коррелируют с урожайностью на Северном Кавказе, но плохо — в Поволжье (В. В. Сизов, А. К. Оглезнев, 2016; В. Н. Горбачев, 2017).

А. Н. Аристархов с соавт. (2010) при обобщении 405 полевых опытов, проведенных агрохимслужбой в различных регионах нашей страны, установил, что микроэлементы, вносимые вместе с микроудобрениями, оказывают влияние на количество и качество урожая зерновых и зернобобовых культур. Увеличение содержания белка в озимой пшенице получали от применения цинка, кобальта, молибдена и меди. На черноземе

обыкновенном и каштановых почвах дополнительный сбор белка составил от 8,5 до 40 кг/га.

В настоящее время при мелиорации различных почв часто используют фосфогипс, который является отходом производства фосфорных удобрений. В нем содержится кальций как структурообразователь, а также фосфорная кислота в пределах 1,8–2,0%. При применении мелиоранта ее последствие сказывается в течение нескольких лет, пока легкодоступный фосфор не перейдет в недоступные трифосфаты кальция (Г. В. Васяев, Т. П. Шевченко, 1974; И. М. Богдевич, Н. И. Смян, В. Д. Лисица, 1997).

По утверждению А. Х. Куликова с соавт. (2007) при внесении гипса, мела и суперфосфата наблюдается повышение содержания обменного кальция. Мел и гипс работают с одинаковой эффективностью.

В настоящий момент для черноземных почв Ставропольского края характерна низкая обеспеченность подвижной серой [В. Н. Слюсарев, 2006]. Еще в 70-е и 80-е годы прошлого столетия почвы характеризовались средним, а иногда и повышенным содержанием этого элемента питания. Но в результате хозяйственной деятельности происходит вынос серы вместе с урожаем. Это является основной причиной обеднения почв.

Сера входит в состав белков и, таким образом, определяет не только количество, но и качество сельскохозяйственных культур. Раньше значительная часть зерна озимой пшеницы была 3-го и 2-го класса. В настоящий момент содержание клейковины редко превышает 26% и зерно преимущественно 4-го и 3-го класса. В отдельные годы около трети зерновой продукции является фуражом [Есаулко А. Н., Агеев В. В., 2005; Власенко В. П., 2012]. Недостаток в почве серы — одна из причин сложившейся ситуации. Микробное население играет особую роль в формировании плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных угодий. Они обуславливают темпы биологического выветривания минеральной основы почв, распада органической мортмассы и переводят недоступные формы элементов питания в доступные для растений.

Количество микроорганизмов различных физиологических групп и их соотношение между собой свидетельствует об особенностях в изменении состава живого вещества в конкретный период. В результате сельскохозяйственного использования почвы претерпевают постоянное обеднение за счет выноса элементов питания и их отчуждение вместе с урожаем. Это относится и к подвижной сере, которая обуславливает качество получаемого урожая. Черноземы Центрального Предкавказья в середине и в конце прошлого столетия характеризовались средним, а иногда и повышенным содержанием подвижной серы. В настоящее время обеспеченность почв по этому элементу питания оценивается как низкая. По мнению многих ученых, ликвидация дефицита серы в почве способствует получению более высокого урожая лучшего качества.

С. С. Миллер, Н. В. Фисунов, В. В. Рзаева (2020) отметили, что источником магния являются природные соли кизерит и каинит, а также доломитовые известняки и доломиты. Для достижения желаемой почвенной реакции отдается предпочтение применению магния в форме доломитового известняка. Известковые удобрения применяются отдельно от местных удобрений и в крайних случаях.

В Ташкентском государственном аграрном университете С. А. Азимбаев, А. Сайымбетов, С. Хайдаров (2016) провели исследования с применением фосфогипса и каолина. Ими установлено, что наилучший эффект в плане повышения урожайности хлопка дает их совместное применение. Они утверждают, что каолин не является инертным веществом. Это утверждение вызывает некоторые сомнения, так как кристаллическая структура и бедность химического состава минерала не позволяют ему проявить соответствующие способности.

А. М. Плотниковым (2018) был заложен опыт на черноземе выщелоченном по изучению влияния фосфогипса в сочетании с минеральными удобрениями на баланс фосфора в севообороте. Согласно результатам, баланс фосфора без удобрения был отрицательный, при

внесении фосфогипса интенсивность баланса составила 20–38%, а при совместном использовании минеральных удобрений и фосфогипса интенсивность баланса фосфора увеличилась до 235%.

По мнению Н. И. Санжаровой (2018), внесение известковых материалов (известняк-ракушечник, молотый известняк, доломитовая мука и др.), органических и минеральных удобрений приводит к изменению питательного режима, усилению конкуренции между ионами, а самое главное — снижению накопления радионуклидов в растениях до 3–5 раз.

В настоящее время после застойных 90-х годов повышается тренд применения минеральных удобрений в сельскохозяйственном производстве. Начиная с 2006 по 2011 их объем увеличился с 1,5 до 2,44 млн тонн. Тем не менее недостаток питательных элементов в современных почвах составляет 53,6%. В этой связи использование местных агрономических руд становится актуальной задачей [Агафонов Е. В., Мажуга Г. Е., Горячев В. П., 2015].

В статье В. В. Кукушкиной с соавт. (2018) описано изменение состояния почвеннопоглощающего комплекса по вариантам опыта реминерализации чернозема выщелоченного в 2018 году. Установлено, что при внесении горных пород повышается сумма обменных оснований и уменьшается гидролитическая кислотность. Рассмотрено прямое действие и последствие фосфогипса, минеральных удобрений на урожайность зерновых культур и продуктивность зернопарового севооборота.

Изложены основные результаты исследований, проведенных в центральной части Курганской области, за 2012–2014 годы. Показана эффективность использования фосфогипса в дозах 0,5 и 1,0 т/га с минеральными удобрениями (N, P) в стационарном опыте. Применение фосфогипса и минеральных удобрений привело к увеличению общей продуктивности севооборота от 6,5 до 34,1% [Плотников А. М., Тарабаев В. П., 2016].

Е. Е. Кузина, Е. Н. Кузин (2017) выявили, что в процессе отравления почвы тяжелыми металлами положительно влияют фосфорные удобрения.

Также они установили, что на кислых почвах целесообразно вместо суперфосфата применять фосфоритную муку. Снизить поступления стронция (Sr), кадмия (Cd), свинца (Pb), меди (Cu) и цинка (Zn) помогло применение цеолитов (клиноптилолитов), которые, будучи емкими ионообменниками, поглощают подвижные формы элементов, поэтому уменьшают их попадание в растения. Благодаря данным мелиорантам можно снизить уровень загрязнения продукции на 30%. Дозы применения цеолита находятся в диапазоне 40–75 т/га.

И. П. Елисеев с соавт. (2019) выявили, что применение органической формы азотного удобрения совместно с фосфорно-калийными минеральными удобрениями под картофель составляет 8% рентабельности, что на 4,2% выше по сравнению минеральной формой азотно-аммиачной селитрой. Также было установлено, что применение насыщенных цеолитов привело к резкому снижению подвижного фосфора. В почвах с добавкой цеолитсодержащей породы содержание нитратного азота снизилось. Происходит аммиакоинтенсивная фиксация и замедляет накопление нитратного азота в избыточном количестве. Также снижалась гидролитическая кислотность на фоне с оптимальными дозами минеральных удобрений при применении цеолита.

Отходы производства и потребления, включающие органические, минеральные и органоминеральные соединения, изменяют условия природных и антропогенных ландшафтов. Современный человек заметно влияет на природные системы, подгоняя их под свои интересы, постоянно вызывая глубокие противоречия общества и природной среды. Влияние человека на природу с каждым годом усиливается (в сравнении с природными явлениями — в несколько раз), вызывая наводнения, пожары и многие другие процессы, сопровождающиеся все более крупными негативными последствиями, что определяется увеличением населения и, по оценке многих ученых, заметно превышает экологически обусловленные нормы [И. С. Белюченко, 2015].

Применение органических и минеральных удобрений способствует стабилизации (а многие исследователи отмечают, что даже некоторому повышению в почве) количества гумуса [Афанасьев Р. А., 2013].

В. В. Коломейченко (2021) на основе результатов опыта установил, что применение органических и минеральных удобрений и их сочетаний способствовало повышению урожайности зерна фуражных культур на 25–29%. Прибавки от органического удобрения составили у овса 6,5%, у ячменя — 16,1%. Применение серосодержащих удобрений положительно сказывалось на агрономических свойствах почвы. При совместном внесении органических и минеральных удобрений произошло повышение количества подвижного фосфора на 39–82%. Органические удобрения повышали содержание гумуса на 0,05–0,20%.

Органические удобрения действуют многосторонне на все основные агротехнические функции почвы. При совместном внесении минеральных и органических удобрений обеспечивается нормальное питание растений в течение более продолжительного периода. Элементы питания, содержащиеся в органических удобрениях, вначале менее доступны для растений и потребляются в более поздние периоды. С органическими удобрениями в почву попадают полезные для растений микроорганизмы, а также ряд физиологически активных веществ, в частности микроэлементы, улучшаются физические свойства почвы (водопроницаемость и влагоемкость), в результате чего возрастает способность почвы полнее улавливать выпадающие осадки, дольше сохранять влагу [Худяков Е. В. с соавт., 2020].

С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова, Ш. Ш. Омариёв (2019) отметили использование мелиоранта — оструктуривателя из смеси терриконовой породы, бентонитовой глины керамзитового отсева и известняка-ракушечника для защиты южных черноземов. Применение такого мелиоранта обеспечило снижение коэффициента стока на 15% и интенсивности стока — на 20%. Они утверждают, что «при внесении фосфогипса снижается плотность темно-каштановых почв в слое 0–30 см,

что в сочетании с минеральными удобрениями привело к увеличению содержания в почве элементов питания, произошел сдвиг реакции почвенной среды в нейтральную сторону и повышению содержания органического вещества». В результате наблюдалась достоверная прибавка урожая — 19,7%. Также ими была дана экологическая оценка эффективности применения фосфогипса.

По утверждению И. С. Белюченко с соавторами (2009), внесение фосфогипса в дозе 5 т/га вызывает удлинение периода вегетации озимой пшеницы на 7–10 дней и более. Это приводит к аккумуляции белков, а также углеводов, различных микроэлементов и аминокислот.

В. С. Цховребов с соавт. (2018) проводил опыт по внесению фосфогипса и серосодержащих удобрений в условиях южного карбонатного чернозема на выращивание озимой пшеницы. Ими выявлено, «что повышение в содержании подвижных фосфатов и серы наблюдалось не только от применения сульфаммофоса, но и фосфогипса. Совместное применение сульфаммофоса, фосфогипса и аммиачной селитры позволило повысить урожайность культуры в среднем на 20–33%». Но на качество зерна озимой пшеницы сорта «Таня», как ими установлено, внесение серосодержащих удобрений не влияет.

Е. О. Башмакова с соавт. (2014) провели эксперимент по внесению фосфогипса и минеральных удобрений. На каждом фоне по шесть вариантов с различными дозами и сочетаниями азотных (аммиачная селитра (34,6% д. в.) в дозах N 40 и N 80) и фосфорных (суперфосфат двойной (46% д. в.) удобрений. От внесения азотных удобрений урожайность повышалась на 40%. При внесении фосфогипса в дозе 1,0 т/га сбор урожая практически не изменился.

В. И. Костин с соавт. (2018) провели полевой опыт по внесению серосодержащих удобрений. Они обнаружили, что наибольшей листовая поверхность в фазу кущения была при использовании аммиачной селитры и серы (10%, или 8,57 тыс. м²/га). Неожиданным представляется результат, что

накопление сухой биомассы к концу вегетации было наивысшим на варианте с 10% серой.

Б. У. Сулейменов (2018) проводил опыт с соавторами по внесению серосодержащих удобрений. Они утверждают, что «сера является необходимым элементом питания для повышения качества и роста урожая сельскохозяйственных культур. С этой целью проведены исследования, направленные на изучение эффективности и разработку практических приемов применения удобрений, содержащих микронизированную серу (моноаммонийфосфат MAP, P₂O₅ — 40%, N — 11%, S — 11%, Zn — 1%, размер частиц серы от 5 до 200 микрон) под озимую пшеницу». По результатам испытаний выявлена возможность использования элементарной серы путем смешивания с аммофосом для широкого применения в сельскохозяйственном производстве.

По мнению Н. И. Санжаровой (2018), внесение известковых материалов (известняк-ракушечник, молотый известняк, доломитовая мука и др.), органических и минеральных удобрений происходит изменение питательного режима, усиление конкуренции между ионами, а самое главное — это снижение накопления радионуклидов в растениях до 3–5 раз.

Д. В. Калугин, А. М. Никифорова, С. В. Цховребов (2017) установили, что при внесении апатита повышается содержание подвижного фосфора на 2,3–3,4 мг/кг, обменного калия — на 10–15 мг/кг и подвижной серы — на 0,3–0,5 мг/кг. Также изменяется урожайность подсолнечника по вариантам реминерализации чернозема выщелоченного.

М. И. Езиев (2018) провел эксперимент по повышению качества зерна путем внесения серосодержащей нитроаммофоски на посевах озимой пшеницы. Полевые исследования по данному вопросу проводили с серосодержащей нитроаммофоской и азофоской. Повышалось содержание белка, клейковины и улучшались ее качественные показатели. При внесении нитроаммофоски качество зерна по содержанию белка и клейковины повышалось от 1–2% в зависимости от сорта и погодных условий. Сравнив

нитроаммофоску с содержанием серы 2% и азофоску без содержания серы, в результатах внесения нитроаммофоски показатели зерна были больше.

Ф. А. Мударисов с соавт. (2018) проводил эксперимент по выявлению влияния серосодержащих удобрений на качество муки озимой пшеницы. Исследования проводились на черноземе выщелоченном. По утверждению многих исследователей, обеспеченность растений серой является определяющим фактором получения высококачественного урожая. Авторами изучалось влияние ранневесенней подкормки аммиачной селитрой совместно с сульфатом аммония. Установлено, что серосодержащие удобрения определенным образом увеличивают качество получаемой продукции.

В. Г. Небытов (2012) в своем опыте на определение влияния суперфосфата и фосфоритной муки на урожайность культур выявил, что при засухе с максимальной температурой 35–36 °С в августе урожайность зерна озимой пшеницы увеличилась в 3,7 раза от внесения органики в дозе 24 т/га. При внесении N60K60 прибавка урожая озимой пшеницы возросла на 0,34 т/га. Фосфорные удобрения, внесенные на фоне N60K60 и на фоне навоз + N60K60, способствовали получению прибавки урожайности зерна пшеницы на 0,45–0,50 т/га. На фоне навоз + N60K60 суперфосфат по сравнению с фосфоритной мукой при ежегодном и запасном их внесении был более эффективным, прибавки урожайности составили 0,16–0,25 т/га.

Н. И. Волынкин и О. В. Волынкина (2012) проводили опыт на протяжении 40 лет в зернопаровом севообороте с внесением суперфосфата. Показанные результаты длительного (40 лет) стационарного опыта, в котором изучались действие различной обеспеченности культур фосфором в зернопаровом севообороте (естественный фон, двухразовое внесение суперфосфата в запас в суммарной дозе P240-360-720) и длительность последствий разных доз его запасного внесения. На этих фонах вносили P20, чтобы определить момент, когда добавление P20 к запасному внесению давало дополнительный эффект. Внесение P720 обеспечило эффективное

последствие до 10-й ротации, за исключением стационара 4, где на этом фоне последствие фосфорного удобрения было слабым.

Е. П. Добрыднев, М. Ю. Локтионов (2013) провели эксперимент по эффективности внесения фосфогипса на улучшение плодородия почвы и урожайности культур. Установили, что применение мелиоранта от 2 до 4 т/га повышает содержание серы в почве и удовлетворяет потребности растений. Эффект дает не только «гипсование, но и известкование, при совместном внесении мелиорантов можно добиться еще более высокого результата. Этот вид химической мелиорации не является новым изобретением. Установлено сильное влияние как совместного, так и отдельного применения мелиорантов на физико-химические свойства почв, кислотно-щелочной потенциал и трансформацию органического вещества».

Рассмотрено прямое действие и последствие фосфогипса, минеральных удобрений на урожайность зерновых культур и продуктивность зернопарового севооборота. Изложены основные результаты исследований, проведенных в центральной части Курганской области, за 2012–2014 годы. Показана эффективность использования фосфогипса в дозах 0,5 и 1,0 т/га с минеральными удобрениями (N, P) в стационарном опыте. Применение фосфогипса и минеральных удобрений привело к увеличению общей продуктивности севооборота от 6,5 до 34,1% (Плотников А. М., Тарабаев В. П., 2016).

В условиях Южного Казахстана, где в корнеобитаемом слое интенсивно протекают процессы магниевого осолонцевания и ощелачивания почв, наиболее дешевым и доступным мелиорантом является фосфогипс. Внесение в почву фосфогипса нормой 5–7 т/га, обеспечивает не только снижение содержания магния в почвеннопоглощающем комплексе (ППК), но и повышение запасов подвижных форм фосфора в корнеобитаемом слое [Бекбаев Р., 2016].

С. И. Колесников с соавт. (2011) провели опыт на влияние мочевины и фосфогипса на нефтезагрязненных почвах. Фосфогипс вносили в дозе 50 г/кг

почвы. Мочевину вносили в количестве, приводящем соотношение углерода и азота (C : N) как 5 : 1. В качестве объекта исследования был использован чернозем обыкновенный североприазовский. Учеными установлено, что «при загрязнении почвы нефтью сильно снижается ее каталазная активность. Проблему можно решить с помощью применения фосфогипса и мочевины как отдельно, так и совместно». При упомянутом загрязнении снижается целлюлозоразрушающая активность. В результате применения мелиоранта и удобрения выявлено возрастание целлюлозоразрушающей способности почвы. Также при внесении мелиорантов улучшилось дыхание почвы.

Р. Р. Гайфулин (2010) провел опыт внесения (при некорневой подкормке) мочевины и серосодержащих удобрений. Было выявлено, что в результате листовой подкормки мочевиной в фазу молочной спелости озимой пшеницы образование клейковины происходит значительно быстрее. В результате применения серы количество клейковины было выше в сравнении с контролем на 0,8–6,8%. К тому же установлено, что выявленный эффект находится в тесной прямой зависимости с суммой активных температур за декадный период после применения.

Е. В. Терещенко с соавт. (2010) интересовал фосфогипс как серосодержащее удобрение. Сера поступает в растение преимущественно в окисленной форме. В таком виде она и представлена в фосфогипсе, но его растворимость составляет всего 0,1%, что в начальный период не проявляет мелиоративный эффект. Анализ почвенных образцов после уборки урожая показал, что «содержание главного изучаемого компонента — серы — в виде сульфат-иона меньше предела обнаружения, что может быть связано с полным взаимодействием вносимых веществ с компонентами почвы и выносом серы растениями». Содержание органического вещества почвы увеличивается при внесении фосфогипса.

С. В. Кизинек (2013) провел опыт по изучению экологических и агроэкономических аспектов применения фосфогипса в сельском хозяйстве. Им установлена способность фосфогипса устранять засоленность почвы. Это

утверждение вызывает большие сомнения, так как действие мелиоранта направлено в первую очередь на устранения солонцеватости почв. Автором также установлено, что фосфогипс имеет эффект на почву более сильный, чем гипс. Фосфогипс, как указывает исследователь, оказывает влияние на плодородие почв быстрее, чем гипс. Он также увеличивает устойчивость растений к полеганию, болезням и вредителям. Кроме оструктурирующего действия, он увеличивает содержание серы. После применения мелиоранты почвы обогащаются гумусом, отличаются активной работой свободного кальция. Это оказывает благоприятное влияние на их физико-химические свойства.

Е. И. Муравьев (2010) проанализировал перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве. Он привел мнения многих ученых и продемонстрировал их опыт, все опыты положительно сказались на участии фосфогипса в повышении плодородия почвы. Фосфогипс служит для почвы и выращиваемых культур источником серы, которая хорошо сказывается на урожайности и качестве зерна, а также уменьшает вынос минеральных веществ. Улучшаются физические и химические свойства почвы. Фосфогипс влияет на рН и служит мелиорантом в истощенных почвах.

В результате исследования Я. В. Иваницкий с соавт. (2011) установил влияние серы на основные показатели продуктивности озимой пшеницы. При изучении действия некорневой подкормки установлено, что «влияние серы на формирование биомассы озимой пшеницы происходит как напрямую, так и опосредованно, через взаимодействие с другими факторами. Наибольший эффект был достигнут при ее внесении в момент формирования зерна». Содержание серы в почве колебалось незначительно и составляло 4,1–4,2 мг/кг, что соответствует низкому уровню обеспеченности. Серосодержащие удобрения применялись в фазу формирования листа, что положительно сказалось на фотосинтетическом аппарате и зерновой продуктивности.

Р. Е. Юркова и Л. М. Докучаева (2013) провели полевой опыт в Сальском районе Ростовской области на черноземе южном по нескольким способам внесения фосфогипса. Кроме чернозема южного, изучалось влияние фосфогипса и на свойства солонцов. Исследования проводились при применении глубокого рыхления почв. Установлено, что сплошной или выборочный способ внесения фосфогипса не оказывает значительного действия на физические свойства. Сочетание глубокого рыхления и применения фосфогипса имеет наиболее действенный эффект. Хорошие результаты получены на солонце при их сидерации, глубоком рыхлении и внесении мелиоранта дозой до 10 т/га. На черноземе южном фосфогипс также был эффективен, но в дозе 5 т/га (полная расчетная доза). Удвоение дозы не оказывало существенного влияния на изучаемые показатели.

В. В. Гукалов и Д. А. Славгородская (2011) при проведении исследований по влиянию фосфогипса на водно-физические свойства черноземных почв установили, что используемый мелиорант участвует в накоплении влаги в почве, что приводит к увеличению продуктивности сельскохозяйственных угодий. Выявлен также эффект удлинения вегетационного периода примерно на 10–12 дней.

Т. В. Жеруков (2016) провел исследование по влиянию серосодержащей нитроаммофоски на качество зерна озимой пшеницы. Применение минеральных удобрений, бесспорно, является мощнейшим инструментом в реализации задач по повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Им установлено, что минеральные удобрения не всегда соответствуют запланированному повышению урожая и улучшению качества продукции. Было также отмечено понижение содержания белка и клейковины.

В. А. Кирпичников и С. П. Бижан (2018) провели полевой опыт на определение эффективности фосфоритной муки и суперфосфата при периодическом известковании. При известковании существенно изменились физико-химические показатели почвы, особенно при высоких дозах внесения

известии. После известкования реакция почвенной среды по 3,0 г. к. повысилась от 4,2 до 6,4, гидролитическая кислотность уменьшена в 6 раз, сумма поглощенных оснований повысилась в 2 раза. При этом значительно увеличилось содержание подвижного алюминия в почве 12,6 мг / 100 т, то есть на уровне вредного на растения. Незначительное уменьшение этого элемента в почве достигалось путем внесения фосфорных удобрений.

Влияние фосфогипса на восстановление деградированных почв изучали Н. П. Карпенко с соавт. (2019). Исследователями предложена технология и способ внесения гипса на деградированных почвах Жамбылской области. Кроме мелиоранта, в почву вносили навоз крупного рогатого скота с добавлением измельченной верблюжьей колючки. Исследователями установлено, что это позволяет снизить потери азота и органического вещества. Кроме того, за короткий срок появляется возможность получения нового высокоэффективного удобрения, которое способствует улучшению физико-химических свойств почвы, повышению микробиологической активности и увеличению урожайности сельскохозяйственных культур.

И. М. Кочетова с соавт. (2019) проводила исследования эффективности внесения серосодержащих (NPKS и PKS) удобрений в сосудах Митчерлиха с дерново-подзолистой почвой тяжелосуглинистого и супесчаного гранулометрического состава. В сложных комплексных удобрениях фосфор вносили в виде суперфосфата, а сера вносилась в виде гипса. Определено в опыте достоверное увеличение как урожая, так и качества озимого рапса и озимого ячменя. Кроме этого, было установлено пролонгированное действие удобрений и на следующий год исследований. Обеспечивало достигнутый эффект создание сложных серосодержащих фосфорно-калийных удобрений (Федотов П. С., 2016).

М. В. Гнилицкий и Д. А. Семеняков (2020) в результате многолетних исследований установили, что «под технические пропашные культуры

можно рекомендовать применение азотно-калийного удобрения в дозе 20 кг/га д. в. совместно с 4 т/га фосфогипса под основную обработку почвы».

Н. И. Аканова, Л. Н. Дубровских, К. Е. Денисов (2021) изучали внесение фосфогипса не только в качестве мелиоранта, но и в качестве землеудобрителя, то есть вещества, содержащего большое количество серы. Ими определена высокая эффективность его использования в сельскохозяйственном производстве. Мелиорант кардинально влияет на физические свойства, снижает плотность темно-каштановых почв в пахотном. Использование фосфогипса существенно повышало содержание в почве многих элементов питания и количества органического вещества. Отдельно можно отметить фон внесения минеральных удобрений, когда проявлялся удобрительный эффект фосфогипса.

Ж. Ж. Куанышкалиев, К. Е. Денисов (2021) в условиях Левобережья Саратовской области установили положительное влияние фосфогипса как элемента питания на содержание тяжелых металлов на темно-каштановых, среднеспелых, тяжелосуглинистых почвах. При этом выявлено увеличение сбора урожая подсолнечника и его качества.

Э. П. Базегский с соавт. (2010) использовали фосфогипс совместно с жидкими органоминеральными удобрениями. В результате исследований они выявили, что применение фосфогипса способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур в среднем на 15–20%. При совместном применении с органоминеральными удобрениями этот показатель возрастает до 25–30%.

Целью исследований Е. И. Ергина и М. В. Вердыш (2018) являлось определение стоимости использования фосфогипса для химической мелиорации засоленных земель на Крымском полуострове. Источником фосфогипса являются отходы производства Армянского филиала ООО «Титановые инвестиции». Ими проанализированы достоинства и недостатки фосфогипса как мелиоранта. Установлено, что затраты на гипсование окупаются прибавкой урожая сельскохозяйственных культур. Но затраты

довольно существенные, и для расширения площадей химической мелиорации в Республике Крым необходима государственная поддержка гипсования почв в рамках разрабатываемых Государственных программ развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на будущие периоды.

В исследованиях М. С. Васильевой (2018) доказана целесообразность использования фосфогипса на дерново-подзолистых почвах в ресурсосберегающих технологиях сельскохозяйственного производства. Выявлено улучшение физико-химических свойств почвы. Так, отмечено возрастание емкости катионного обмена, доли обменного кальция и снижения кислотности с 4,1 до 5,0.

Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская (2019) представили результаты эффективности фосфогипса ООО «ЕвроХим-БМУ» в земледелии Краснодарского края на посевах риса в условиях лугово-черноземных почв. Учеными установлено, что «увеличение урожайности риса зависело от доз фосфогипса и его сочетания с минеральными удобрениями, включения фосфогипса в систему удобрения риса в дозе 4 т/га в сочетании с азотным и калийным удобрением (N18+55,2+46K60). Каждый затраченный килограмм действующего вещества азотно-калийного удобрения, внесенного в сочетании с фосфогипсом, окупается 8,5 кг прибавки урожая при прямом действии и 8,72 кг — при использовании его последствия. Внесение фосфогипса два года подряд отрицательно сказывается на росте и развитии растений риса, что проявляется в снижении урожайности по сравнению с внесением полного минерального удобрения на 11,9% и качества зерна».

Л. С. Федотова, Н. И. Аканова, К. С. Косодуров (2019) утверждают, что «снижение темпов внесения минеральных и органических удобрений в Нечерноземной зоне является причиной снижения урожаев картофеля и ухудшения питательного режима почв. Установлено благотворное влияние фосфогипса на почвенно-поглощающий комплекс и увеличение урожайности и качества получаемой продукции».

Р. В. Некрасов и др. (2019) изучали эффективность нейтрализованного фосфогипса в почвах рисовых севооборотов Краснодарского края. В результате многолетних исследований ими установлено, что внесение фосфогипса имеет высокую эффективность в условиях сельскохозяйственного производства и на слитых почвах рисовых чеков. Таким образом можно добиться утилизации фосфогипса, запасы которого исчисляются многими миллионами тонн.

Э. Ш. Миначева с соавт. (2020), проводившие исследования в Ульяновской области, установили, что на почвах с недостатком серы установили благотворное «влияние серосодержащих азотных удобрений на качество белка в зерне озимой пшеницы. Варианты опыта отличаются по количеству вносимых серосодержащих удобрений и способам внесения. По результатам расчета аминокислотного сора наиболее сбалансированным по содержанию незаменимых аминокислот является вариант с использованием серосодержащей аммиачной селитры с содержанием серы 10%».

По мнению В. А. Милюткина с соавт. (2021), можно решить проблему получения высокой урожайности и качества сельхозкультур за счет использования более эффективных, особенно в засушливых условиях Поволжья, жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-аммиачных смесей-КАС с содержанием трех форм азота с пролонгирующим действием и добавлением в удобрения необходимой для развития растений серы S.

А. М. Солтанаева и др. (2020) проводили исследования на серо-коричневых почвах юга Казахстана. Установили, что применение серосодержащих фосфорных удобрений положительно влияет на питательный режим серо-коричневых почв по сравнению с контролем. Определено увеличение содержания подвижных серы и фосфора. Продуктивность озимой пшеницы в сильной степени зависело от применения удобрений.

Д. А. Захарова, Е. А. Яшин, А. В. Карпов (2018) применяли серосодержащие удобрения для предпосевной обработки семян как в чистом виде, так и на фоне минерального удобрения. В результате исследований установили, что разработка эффективных технологий возделывания яровой пшеницы востребована не только вследствие возрастания стоимости энергоносителей, удобрений, средств защиты растений, сельскохозяйственной техники, но и объективности самого показателя (энергоёмкости), который не зависит от конъюнктуры рынка и характеризует совершенство развития средств, необходимых для осуществления технологических процессов.

В почвах Ульяновской области проводили исследования и А. Х. Куликова с соавт. (2019). Показано, что доля почв с низкой обеспеченностью данным элементом на начала 2017 г. составила 74,4%. Установлено, что «использование серосодержащих соединений в технологии возделывания яровой пшеницы способствует повышению ее продуктивности». Неожиданно предпосевная обработка семян сульфатом аммония привела к увеличению сбора семян изучаемой культуры: прибавка зерна составила 0,32 т/га (13%) при применении в чистом виде и 0,57 т/га (23%) на фоне минерального удобрения (N40P40K40).

Л. В. Левшаков с соавт. (2019) установили, что традиционно и общеизвестно благотворное влияние минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и многие показатели агрохимического состояния почв. Возможно влияние, как они утверждают, и на агрофизические параметры. При внесении комплексных минеральных серосодержащих удобрений в Центральном Черноземье выявлен мелиоративный и землеудобрительный эффект, что является спорным фактом и выводом в современном земледелии. Это касается величин водопотребления и некоторых водных свойств, Но бесспорно влияние серосодержащих минеральных удобрений на содержание доступных для

растений основных элементов питания, таких как азот, фосфор, калий и сера в черноземах и серых лесных почвах.

Г. К. Муталибова и З. М. Муталибов (2019) утверждают, что при использовании отходов камнедобычи известняков-ракушечников решается комплексная проблема почв: оптимизируется уровень кислотности почв, сокращается количество тяжелых металлов, ускоряется процесс рекультивации нарушенных земель.

По результатам полевого опыта К. С. Косодуров с соавт. (2018) отметили, что «применение фосфогипса способствовало повышению плодородия дерново-подзолистых почв и продуктивности культур звена севооборота с картофелем на 19–24%, а также не было выявлено сверхнормативного накопления тяжелых металлов в клубнях картофеля и зерне ячменя».

Д. А. Захарова, А. Х. Куликова и А. В. Карпов (2018) производили предпосевную обработку семян сульфатом цинка, аммония, кальция как в чистом виде, так и на фоне минерального удобрения. Установили, что применение элементарной серы привело к увеличению количества и качества получаемой продукции.

Г. В. Пироговская, Д. Г. Мысливец, И. М. Почицкая (2014) проводили исследования по влиянию комплексных удобрений с микроэлементами (хлорсодержащих и бесхлорных) и азотно-серосодержащих удобрений на фоне РК и капельного орошения на качественные показатели (каротин, витамин С, растворимые сахара, органические кислоты и пектиновые вещества) корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки. Установлено, что применение вышеуказанных агротехнических приемов и при возделывании моркови положительно сказывается на улучшении качества корнеплодов при разных сроках уборки.

А. Х. Шеуджен с соавт. (2018) утверждают, что использование фосфогипса положительно сказывается на свойствах почвы и содержании в ней подвижного фосфора. Не вызывает снижения урожайности замена

фосфорного удобрения фосфогипсом, нейтрализованным в системе севооборота. Сочетание фосфогипса с азотным и калийным удобрением экономически выгодно и приводит к увеличению урожайности риса на 12–20%, а также уровня рентабельности на 22–24%.

Т. А. Мартыненко (2014) определил наиболее рациональный способ использования фосфогипса в качестве мелиоранта при выращивании лука репчатого. Он гарантирует сохранение производительности почвы и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур.

При исследовании влияния внесения фосфогипса на плодородие чернозема выщелоченного и урожайность горчицы В. С. Цховребов с соавт. (2022) пришел к выводу, что «его применение на черноземе выщелоченном привело к увеличению содержания подвижной серы в 1,8–1,9 раза и урожайности горчицы на 12,7%».

А. М. Плотников (2018) проводил исследования в условиях Зауралья в четырехпольном зернопаровом севообороте на черноземе выщелоченном. Предметом исследования была аммиачная селитра, суперфосфат двойной и фосфогипс. Внесенные удобрения неодинаково повлияли на содержание подвижного фосфора. Применение фосфогипса не увеличивало содержания изучаемого элемента питания. Этому способствовало увеличение выноса фосфора из почвы. Особенно это отмечено на фоне внесения азотных удобрений.

Б. У. Сулейменов и А. М. Солтанаева (2018) утверждают, что сера является необходимым питательным веществом для улучшения качества сельскохозяйственных культур. Авторы с этой целью «провели исследования по изучению эффективности и разработке практических приемов использования удобрений, содержащих микронизированную серу (моноаммонийфосфат МАФ, P₂O₅ — 40%, N — 11%, S — 11%, Zn — 1%, под озимую пшеницу в условиях Южного Казахстана. По результатам испытаний выявлена возможность использования казахстанской элементарной серы путем смешивания с аммофосом на отечественном

предприятию «Казфосфат» для широкого применения в сельскохозяйственном производстве».

А. А. Хошимовым с соавт. (2021б) рассмотрены способы улучшения свойств аммиачной селитры (добавки, связывающие свободную влагу, добавки, влияющие на процесс полиморфных превращений, добавки, образующие центры кристаллизации, опудривание гранул и обработка их поверхностно-активными веществами). Показано, что опудривание поверхности гранул селитры измельченными порошками фосфор- и серосодержащих удобрений (простого и аммонизированного суперфосфата, аммофоса, супрефоса-NS в присутствии насыщенного раствора сульфата аммония) позволяют значительно повысить прочность и улучшить гигроскопические свойства ее гранул. При этом состав селитры обогащается такими питательными компонентами, как фосфор, сера и кальций, исключительно в усвояемых формах, которые значительно повышают агрохимическую эффективность минеральных удобрений.

А. Х. Шеуджен, Н. И. Аканова, М. Ю. Локтионов, Т. Н. Бондарева (2016) установили, что «образование многотоннажных отходов промышленности, в том числе фосфогипса (ФГ), требует постоянного расширения площадей отвалов, что приводит к глобальным негативным экологическим проблемам».

А. А. Хошимовым с соавт. (2021а) показано, что механическое истирание фосфоритовой муки в смеси с продуктом, состоящим из фосфата и сульфата аммония, а также фосфата кальция, позволяет получить эффективные сложносмешанные удобрения с высоким содержанием усвояемой формы фосфора. Получаемые тукосмеси легко поддаются гранулированию методом прессования либо окатывания. Применение супрефосной пульпы, состоящей из раствора фосфата, сульфата аммония и фосфата кальция, также активизирует фосфоритную муку, то есть переводит в ней неусвояемой формы P_2O_5 в усвояемые для растений формы.

Л. В. Левшаков, А. В. Малахов, А. И. Шахов (2022) провели исследования по применению серосодержащих удобрений на почвах, слабо обеспеченных подвижной серой. Опыты проведены в условиях Центрального Нечерноземья на светло-серых лесных почвах. Авторами установлено, что применение исследуемых удобрений эффективно и коррелирует с количеством доступных соединений серы. Выявлено значительное увеличение урожайности яровой пшеницы после применения серосодержащих удобрений. Прибавка по сравнению с контролем составила от 14 до 17 ц/га. Кроме того, установлено улучшение качества зерна, что позволило получить зерно 1-й группы качества.

Н. И. Аканова, Т. В. Гребенникова, М. М. Визирская (2022) исследовали влияние серы на урожайность и качество некоторых сельскохозяйственных угодий. Установлено, что дефицит серы наблюдается на почвах с низким содержанием гумуса, наибольшее количество серы находится в черноземах, темно-серых лесных почвах. Почвенным мониторингом агрохимической службы МСХ РФ выявлено, что более 89% обследованных пахотных угодий не в полной мере обеспечены подвижной серой. Средневзвешенный показатель содержания серы в почвах близок к минимальному — 6,4 мг/кг, а в ряде регионов достигает 1,5 мг/кг.

В. Н. Слюсарев, Н. М. Тишков, А. А. Дряхлов, А. П. Пинчук (2014) исследовали содержание серы в зональных черноземах выщелоченных и последствия применения серосодержащих удобрений. Выявлено увеличение урожайности и качества таких культур, как соя и озимый рапс.

По мнению Н. И. Хаджинова (1983), вместо минеральных удобрений можно вносить горные породы и отходы промышленности, богатые элементами питания растений. Можно не сомневаться, что внесение их в научно обоснованных нормах повысит урожайность культур.

В. Г. Сычев (2013) считает, что для повышения плодородия почв могут быть использованы различные породы. В частности, применение глауконита

увеличило урожайность сахарной свеклы на 36,5 ц/га, а вместе с фосфоритом увеличило урожайность кукурузной в восемь раз по сравнению с контролем.

Р. М. Бикбаев (2017) проводил исследования на орошаемых солонцеватых почвах Южного Казахстана. Он установил, что внесение в почву 5–7 т/га фосфогипса способствует рассолонцеванию почв и увеличению содержания элементов питания, среди которых особое положение занимал подвижный фосфор. Аналогичные результаты получили А. И. Подколзин, С. В. Беликова, А. В. Бурлай (2004), Н. И. Аканова (2013).

В. В. Окорков (2012) установил, что применение фосфогипса эффективно и целесообразно на щелочных и нейтральных почвах. На почвах, имеющих кислую реакцию среды, его действие не дает желаемого результата. С этим утверждением согласны О. Ю. Шалашова, Н. А. Иванова (2020)

В Красноярском крае проводили исследования Ю. П. Танделов и М. С. Быстрова (2007). Они установили, что применение серосодержащих удобрений увеличивает урожайность и качество зерна яровой пшеницы, особенно на почвах легкого гранулометрического состава.

Н. М. Тишков (2014) с соавт. установил, что применение серосодержащих удобрений на черноземах выщелоченных Краснодарского края целесообразно. Автор исследовал только землеудобрительный эффект. Урожайность семян сои увеличивалась на 0,29–0,34 т/га. На почвах данного типа ими также было выявлено повышение содержания протеина в результате применения только серосодержащих удобрений. По мнению авторов, удобрения, не содержащие серу, не влияют на качество семян сои.

В условиях Ульяновской области А. Х. Куликова с соавт. (2019) проводили исследования на черноземах выщелоченных, которые имеют низкую обеспеченность подвижной серой. При обработке семян сульфатом аммония была получена прибавка урожая яровой пшеницы в 0,32 т/га, а при применении в почву — 0,57 т/га. При этом они наблюдали и улучшение качества получаемой продукции. Аналогичного мнения придерживаются

Л. В. Левшаков и А. В. Чевычелов (2016), проводившие исследования на серых лесных почвах и черноземах, типичных для Курской области, а также Э. П. Базегский и др. (2010).

М. М. Визирская, Н. И. Аканова, Л. П. Бельтюков (2020) установили, что при внесении фосфогипса (ФГ) увеличивается содержание кальция в почвенном поглощающем комплексе до оптимальных параметров (85%), достигается хорошая водопрочность, повышается содержание подвижных фосфора и серы. Отмечено значительное улучшение физических свойств почвы под воздействием ФГ: порозность увеличилась от 46 (удовлетворительная) до 56% (отличная), количество водопрочных агрегатов — от 30 до 50% (водопрочность изменилась от удовлетворительной до хорошей). Применение ФГ обеспечило повышение урожайности семян льна, прибавка составила 0,36 т/га, или 27%. Наибольшие содержание и сбор масла с единицы площади обеспечивал вариант с применением ФГ. Учет урожая зерна озимой пшеницы при внесении ФГ составил 5,48 т/га, прибавка — 0,74 т/га, или 15,6%. Уборочный индекс озимой пшеницы был более высоким в условиях внесения ФГ и составил 50%, а на контроле — 38%. Последствием ФГ оказало положительное влияние и на качество зерна.

В. Г. Григулецким, О. В. Ширяевым, Р. А. Ивакиным (2021) предложена методика оценки целесообразности применения фосфогипса для повышения плодородия почв. Создана новая математическая модель, в которой были учтены, по мнению ученых, все факторы. Исследователями получены общие формулы, позволяющие находить значение «коэффициента действия фактора роста». Рассмотрены примеры нахождения «коэффициента действия фактора роста» при использовании фосфогипса при выращивании картофеля.

В 2012–2014 гг. Я. В. Докшин и Л. С. Федотова (2015) изучали эффективность внесения NPK удобрений с хлором, магнием и серой на дерново-подзолистой почве в условиях Нечерноземной зоны России. Удобрения увеличивали продуктивность картофеля на 29–66% в зависимости

от сорта. При применении удобрений с магнием и серой отмечено получение более высокой урожайности. Дробное внесение высоких доз удобрений обеспечивало снижение качества клубней. Аналогичные данные получили И. М. Ханиева с соавторами (2018).

Влиянию комплексных удобрений с микроэлементами (хлорсодержащих и бесхлорных) и азотно-серосодержащих удобрений на фоне РК и капельного орошения на качественные показатели (каротин, витамин С, растворимые сахара, органические кислоты и пектиновые вещества) корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки изучали Г. В. Пироговская, Д. Г. Мысливец и И. М. Почицкая (2014). Установлено, что применение вышеуказанных агротехнических приемов при выращивании моркови приводит к улучшению качества корнеплодов.

Включение фосфогипса в систему удобрения риса изучали А. Х. Шеуджен с соавт. (2018). Установлено положительное влияние на физико-химические свойства почвы и динамику содержания подвижного фосфора. При замене фосфорного удобрения мелиорантом не происходит понижения урожайности риса. Внесение фосфогипса даже в количестве 4 т/га в сочетании с азотным и калийным удобрением приводит к значительному экономическому эффекту.

Как утверждает А. Х. Шеуджен с соавт. (2016), последствие фосфогипса в дозах 4 и 6 т/га может сохраняться на протяжении двух и более лет после его применения. Аналогичного мнения придерживается и Н. И. Аканова (2013).

В условиях Зауралья в четырехпольном зернопаровом севообороте на черноземе выщелоченном легкосуглинистом изучено влияние аммиачной селитры, суперфосфата двойного и фосфогипса на баланс фосфора (Левшаков Л. В., 2018). Исследования проводились в стационарном опыте на опытном поле Курганской ГСХА в 2012–2014 годах. Расчет хозяйственного баланса фосфора проведен с учетом урожайности основной и побочной продукции каждой культуры севооборота, а также определением элемента в

зерне и соломе. Вносимые в опыте удобрения неодинаково влияли на баланс фосфора в севообороте. Сочетание в использовании минеральных удобрений и фосфогипса повышало эффективность его применения.

По мнению Ф. А. Мударисова и др. (2019), наличие в культурных растениях достаточного количества серы — это основной фактор получения качественного белка. Ими было исследовано влияние ранневесенней подкормки аммиачной селитрой с добавлением сульфата аммония в количестве 5 и 10%. Это определило качество готовых изделий. При внесении серосодержащего удобрения в количестве 10% получили высокие показатели качества хлеба.

А. Н. Воронин, В. В. Никитин, В. Д. Соловинченко (2015) установили, что на черноземе, типичном за две ротации севооборота, содержание кислоторастворимого и подвижного фосфора не изменяется. Многие ученые [Маслов А. В., Ивойлов А. В., Костров К. А., 1989; Минеев В. Г. и др., 2009; Алексеева Е. Н., 1978] отмечают снижение содержания подвижного фосфора без применения минеральных удобрений.

В результате сорокалетнего наблюдения в условиях стационарного опыта В. И. Волынкин и О. В. Волынкина (2012) пришли к выводу, что внесение фосфорных удобрений положительно сказывается на его запасах в почве. К такому же выводу приходит и ряд других ученых (Носко Б. С., 1996, 2008; Шафран С. А., 2011; Никитишен В. И., Личко В. И., Орехова Е. В., 2001).

С. А. Шафран (2015), обобщая многолетние исследования агрохимической службы и опираясь на материалы некоторых ученых [Батьков Б. О., 1976; Касицкий Ю. И., Хачитрян С. М., Трофимов С. Н., 1988; Касицкий Ю. И., 1988; Шафран С. А., 2004; Лукин С. В., 2009], установил, что урожайность зерновых культур формируется в основном за счет содержания в почве подвижного фосфора и в меньшей степени — за счет их генетических параметров. Это спорный вопрос, так как генетические

свойства и параметры лежат в основе плодородия любой почвы и не могут быть заменены одним элементом питания и в одной форме.

В. Г. Небытов (2012) проводил исследования в условиях стационара, определяя эффективность внесения суперфосфата и фосфоритной муки. Он выявил, что наиболее целесообразно применять минеральное удобрение. Аналогичные результаты были получены и другими учеными (Трифонов А. А., 1925; Трусс П. С., 1940; Аканова Н. И., Дубровских Л. Н., Денисов К. Е., 2021; Аверкина С. С., Науменко И. В., 2017; Сычев В. Г., Шафран С. А., Адрианов С. Н., 2010; Чумаченко И. Н., 1999; Сушеница Б. А., 2007; Ломако Е. И., 1981).

В. Г. Григулецкий с соавт. (2021б) представили методику оценки эффективности применения фосфогипса в земледелии. Они ее апробировали как в полевых, так и в вегетационных исследованиях. Математическая модель позволяет успешно выявить целесообразность применения мелиоранта на различных культурах.

И. В. Синявский с соавт. (2022) проводили исследования в Зауралье и установили, что внесение 1 т/га фосфогипса совместно с азотными и фосфорными удобрениями позволило увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 20–25%.

Аналогичные исследования, проведенные Н. И. Акановой (2022) при возделывании сои указали на эффективность совместного применения фосфогипса и минеральных удобрений. Кроме увеличения урожайности культуры, зафиксировано снижение гидролитической кислотности и увеличение содержания кальция. Повышение количества кальция обосновано при внесении кальцийсодержащего мелиоранта. Непонятно снижение кислотности, учитывая, что фосфогипс имеет кислую реакцию среды.

В посевах сои на орошении проводили исследования К. Е. Денисов (2022) и другие. Ими убедительно доказано, что на фоне орошения возрастает эффективность применения фосфогипса с удобрениями. При

внесении 6 т/га мелиоранта увеличивается не только урожайность культуры, но и ее качество.

Ж. Ж. Куанышкалиев, К. Е. Денисов (2021) в условиях Саратовской области установили, что применение фосфогипса на каштановых почвах не влияет на экологическую обстановку и не приводит к увеличению содержания тяжелых металлов в почве. К аналогичным заключениям пришли и Н. И. Аканов с соавт. (2022; 2023); Е. С. Воронова (2023).

Л. Н. Холомьева и др. (2023) исследовали экономическую эффективность применения фосфогипса на орошаемых участках. При внесении мелиоранта от 2 до 8 т/га увеличивалась урожайность и качество сои. Кроме этого, достоверно возрастала и экономическая эффективность.

В исследованиях П. В. Агаповой, М. В. Киселевой и И. А. Фрейдкина использовался обесфторенный фосфогипс. Авторы утверждают, что его можно использовать как фосфорное удобрение. Такое утверждение не совсем верно. Гипс и фосфогипс всегда являлись мелиорантами. Удобрительный эффект является побочным.

Н. И. Аканова с соавт. (2024) изучили возможность применения фосфогипса на дерново-подзолистых почвах. Применение мелиоранта в дозах 1–3 т/га обеспечивало прибавку урожая озимой пшеницы в пределах 8–12%. Совместное применение фосфогипса с удобрениями позволяло увеличить урожайность культуры до 52% по сравнению с контролем. К аналогичным результатам на зерновых культурах пришли Л. Н. Холомьева и М. Н. Можаренко (2023). Ученые также выявили снижение гидролитической кислотности почв, что вызывает некоторые сомнения. Фосфогипс является кислым продуктом, а удобрения — физиологически кислыми солями.

А. А. Верещакова, Т. Н. Бондарева (2023) изучали эффективность применения нейтрализованного фосфогипса. Ими установлено, что в посевах риса достаточно эффективно применение мелиоранта в дозе 4 т/га для оптимизации питания изучаемой культуры.

В. С. Цховребов с соавт. (2022а, 2022б) применяли фосфогипс на черноземах выщелоченных. Отмечено, что после 15 лет последствий от внесения фосфогипса в дозе 12 т/га, наблюдается затухание мелиоративного эффекта. Разница в урожайности сельскохозяйственных культур по сравнению с контролем находится на недостоверном уровне.

Таким образом, многие свойства почв (состояние ППК, гумусность, кислотность, водные свойства, емкость поглощения, плотность, содержание макро- и микроэлементов питания) могут регулироваться кальцийсодержащими мелиорантами, в данном случае фосфогипсом, и удобрениями. Хорошо коррелируют с урожайностью на черноземах и каштановых почвах содержание гумуса или его запасы, но этот показатель непригоден для оценки солонцов. Солонцы часто занимают значительные площади среди черноземов и каштановых почв. Однако удобрительные или мелиоративные свойства фосфогипса могут быть обнаружены не только на солонцах и солонцовых разновидностях, но и на зональных почвах карбонатного типа.

2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Рельеф, геоморфология и гидрология

Исследования проводились на базе СПК колхоза «Родина» Красногвардейского района. Площадь хозяйства имеет почвенный покров преимущественно в виде чернозема южного. Рельеф территории преимущественно равнинный, иногда слабопересеченный по рекам Егорлык и Малый Гок. Кроме того, на территории хозяйства встречаются балки и протяжены. Долина реки Егорлык широкая, ровная и имеет небольшой уклон на северо-запад. В виде западин, блюдца и микроповышений представлен микрорельеф. В долине наблюдаются пойменные террасы.

В центре хозяйства находится водораздел с высотами до 190 м. Северные и южные склоны являются относительно пологими. Южные переплетены балками и понижениями. Север территории расположен у реки Малый Гок.

Три реки — Егорлык, Малый Гок и Кугульта — являются основой гидрографической сети. Пойменное пространство Егорлыка составляет от 1,5 до 2,2 км. Река Кугульта впадает в Егорлык. Ее русло представляет собой заболоченную равнину, заросшую тростниковой растительностью. В Егорлык впадает еще одна малая река — Малый Гок.

Уровень грунтовых вод гарантирует автоморфный тип водного режима. Их глубина находится чаще всего на отметке ниже глубины в 6 м. В зоне орошения Право-Егорлыкского канала наблюдается подтопление в результате подъема уровня грунтовых вод. Водный режим из автоморфного переходит в гидроморфный, а почвы из зональных — в луговатые и в луговые. Местами отмечено выклинивание грунтовых вод на дневную поверхность.

Аналогичная ситуация наблюдается и в поймах рек. Вода минерализована в различной степени. В конечном итоге это может спровоцировать засоление и осолонцевание почв.

2.2. Климат

В. С. Цховребов с соавт. (2020) утверждают, что «климат хозяйства континентальный, жаркий, неустойчивый. ГТК характерен для переходной зоны от засушливой к зоне недостаточного увлажнения и составляет 0,7–0,9. Лето умеренно жаркое, зима непродолжительная, малоснежная и умеренно мягкая. Осень, как правило, теплая (таблица 1). Среднегодовая температура находится в пределах 10,4 °С. В январе среднесуточные температуры в районе –4,0°С. В течение зимних месяцев часты оттепели, поэтому высота снежного покрова колеблется в пределах 4–8 см. Сход снежного покрова обычно происходит в начале марта, а вегетация растений возобновляется в конце этого месяца. Продолжительность безморозного периода продолжается 180–190 дней».

Таблица 1 — Основные показатели климата, метеостанция с. Красногвардейского

Показатель	Месяцы												За год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С	–4,0	–3,3	2,3	10,0	16,7	20,7	23,6	24,0	17,1	10,4	3,7	–1,3	10,4
Среднее месячное и годовое количество осадков, мм	30	30	26	28	35	47	67	54	39	36	37	41	472

Лето сухое и жаркое. Среднемесячная температура в июле составляет 23,5 °С, а максимальная достигает 43 °С. Количество дней со средней

суточной температурой воздуха более 20 °С составляет 91. Сумма положительных температур за период вегетации растений насчитывает 3200–3500°С.

Среднегодовое количество осадков находится в пределах 472 мм и имеют часто ливневый характер. За вегетационный период выпадает 275 мм. В летний период относительная влажность воздуха может быть ниже 53%, а зимой — выше 90%.

На исследуемой территории часто наблюдаются суховеи и за год количество дней с этим неблагоприятным явлением может составлять до 82–91. Роза ветров имеет восточное направление.

2.3. Растительность

На площади чернозема южного преобладает разнотравно-злаковая и бобово-разнотравно-злаковая ассоциация целинных трав. Бессистемный выпас вносит в структуру растительного покрова, в его видовой состав глубокие изменения. Лучшие по поедаемости травы и травы, плохо переносящие вытаптывание и частое стравливание, постепенно ослабевают и уступают свое место растениям, в кормовом отношении худшим или даже несъедобным.

Все пригодные кормовые угодья находятся в стадии среднего и сильного сбоя. Среднесбитые пастбища характеризуются типчаково-злаково-полынными, злаково-бурьянисто-полынными и полынными растительными группировками. Они располагаются преимущественно по крутым и очень крутым склонам балки, а также на равнинных участках, находящихся около границ полей. Травостой таких пастбищ имеет общее проективное покрытие 55%. Высота травостоя — 15–20 см. Кормовое значение они приобретают после осенних дождей или первых заморозков, когда доминант данных пастбищ полыни — таврическая и морская — теряют горечь и становятся съедобными. Основные представители первобытной растительности, такие

как ковыли, житняки, отмечены рассеянно. На типчаково-злаково-полынных пастбищах до 15% в травостое встречаются ценный степной злак — типчак. Кроме того, до 20% других злаков: тонконога стройного, костра, мятлика луковичного.

На злаково-бурьянисто-полынных пастбищах злаки в травостое 15% и представлены теми же видами, что и на типчаково-злаково-полынных пастбищах. Бурьянистые виды в травостое составляют 35%. Это василек растопыренный, гулявник струйчатый, бурачок малый, чертополох акантовый, липучка, лапчатка серебристая, шадра ранняя, вопник колючий, дурнишник колючий.

Урожайность пастбищ — 4–6 ц/га. Сильносбитые пастбища характеризуются главным образом злаково-бурьянистыми эфемерово-однолетниковыми и однолетниковыми растительными группировками. Располагаются они на разных элементах рельефа преимущественно вокруг животноводческих помещений, у водоемов, на местах тырловок, где нагрузка на пастбища особенно высока. Приурочены они к разным почвенным разностям, но в силу длительной и бессистемной пастьбы скота какие-либо существенные различия в растительности этих местообитаний сейчас уже почти не улавливается, если не принимать в расчет несколько большую разреженность травостоя на солонцах, да и то кустиков белой полыни и прутняка, а из разнотравья встречаются лютик пряморогий, клоповник пронзенолистный, бассия очитковидная.

Злаково-бурьянистые участки характеризуются травостоем с общим проективным покрытием 55%. Бурьянистые виды составляют в травостое 70%. Это в основном василек растопыренный, молочай Жерара, змееголовник тимьянолистный, тысячелистник благородный, шпорник посевной, клоповник кавказский, бурачок маленький, лапчатка серебристая, липучка, дурнишник колючий. На долю злаков приходится 25%. Однако это преимущественно злаки невысокого кормового качества: костры кровельный и растопыренный, тонконог стройный, а ценные злаки отмечены рассеянно:

мятлик узколистый, пырей-острец, мятлик луковичный. Из бобовых следует отметить клевер полевой, люцерну малую. Кормовое значение описанных пастбищ очень низкое. Продуктивность их — 4–5 ц/га.

После влажной осени и теплой зимы, особенно если снег упадет на теплую почву, мятлик луковичный дает в мае большую массу. Он разрастается настолько пышно, что его можно косить, собирая с гектара по 4–5 ц/га. Но годы с пышным развитием мятлика случаются редко. В годы с холодной осенью и гололедицей преобладающими являются эбелек, который служит хорошим кормом для лошадей, но не для овец, с примесью бурачка пустынного, клоповника кавказского и других однолетников. Летом в случае дождей появляются дружные всходы гусятника, являющегося если не питательным, то лакомым кормом для овец.

В. И. Фаизова (2017) определила, что «территория расположена в зоне разнотравно-дерновинно-злаковых обедненных степей. Вместо дерновинных злаков типчака (*Festuca rupicola*) и ковылей (*S. ucrainica*, *S. Capillata*, *Stipa lessingiana*,) в результате антропогенной нагрузки разрослись полынь австрийская (*Australiana bsinthium*), желтушник растопыренный (*Zheltushnik splayed*), василек растопыренный (*Centaurea splayed*), белек (*Belek*), синеголовник полевой (*Eryngium campestre*), пырей ползучий (*Stratum*), мятлик гребневидный (*Naeviet favum*). Разнотравье представлено в основном видами сорного и полусорного характера: дурнишником колючим (*Caulis cocklebur*), осотом реснитчатым (*Seminanttri bulusciliatis*), пасленом колючим (*Creatsolani*) и лебедой татарской (*Quinoa tatar*)».

2.4. Материнские породы

Почвообразующие породы являются материальной основой почвы и передают ей свой гранулометрический состав, минералогический, химический, а также физические, химические, физико-химические свойства, которые в дальнейшем под воздействием почвообразовательного процесса изменяются в различной степени.

Свойства почвообразующих пород оказывают влияние на биологическую продуктивность растений, на скорость разложения органических остатков и на количество образуемого гумуса.

Всего на территории хозяйства обнаружены три типа почвообразующих пород. Доминирующей подстилающей породой являются лессовидные суглинки (засоленные и незасоленные). В зоне размещения участков, отобранных для восстановления, основными являются лессы и лессовидные суглинки. Лессовидные породы получили наибольшее распространение по всей территории хозяйства. Характерными признаками этих пород является палево-желтый цвет, хорошая отсортированность с рыхлым сложением и отсутствием слоистости.

Карбонаты встречаются в виде белоглазки, содержат от 4,57 до 7,77% углекислоты. Гипс, легкорастворимые соли отсутствуют. Лессовидные породы имеют преимущественно тяжелосуглинистый механический состав.

Повышенное содержание крупнопылеватых частиц (0,05–0,01 мм), от 28,63 до 40,03%, указывает на лессовидность описываемых пород. Реакция среды щелочная $pH = 8,37–8,60$. Содержание гумуса колеблется от 0,5% до 1,0%. На лессовидных породах сформировались черноземы южные с благоприятными физическими и химическими свойствами.

Делювиальные отложения выделены по днищам балок на пологих и покатых склонах. По механическому составу породы близки к средним и тяжелым суглинкам, содержание физической глины — от 42,53 до 52,33%, содержание крупнопылеватых частиц — от 29,72 до 38,55%. Реакция среды — 8,46–8,40.

2.5. Погодные условия в годы проведения исследований

Анализируя погодные условия, можно прийти к выводу, что температура воздуха по годам исследований в целом превосходила температурные показатели среднемноголетних наблюдений. При

среднегодовых температурах, равных $10,5^{\circ}\text{C}$, наибольшее их превышение было в 2015 году ($+1,6^{\circ}\text{C}$), а наименьшее — в 2016 году ($+0,8^{\circ}\text{C}$) (рис. 1).

В годовом цикле в 2015 году отмечено превышение климатической нормы во все месяцы, кроме апреля и октября (-1 и $-1,1^{\circ}\text{C}$ соответственно). В целом по температуре осенне-зимнего периода в 2015 году складывались благоприятные условия для урожая 2016 года (рис. 3).

В 2016 году таких месяцев было уже 5. Это май ($-0,1^{\circ}\text{C}$), сентябрь ($-0,7^{\circ}\text{C}$), октябрь ($-1,5^{\circ}\text{C}$), ноябрь ($-0,2^{\circ}\text{C}$) и декабрь ($-4,2^{\circ}\text{C}$). Надо признать, что отклонения были незначительными и температурные параметры были близки к норме, кроме декабря.

В 2017 году незначительные отклонения температуры в отрицательную сторону от среднегодовых показателей обнаружены только в апреле, мае и июне ($0,8^{\circ}\text{C}$; $0,6^{\circ}\text{C}$ и $0,1^{\circ}\text{C}$). Превышение температур по годам исследований составляло в среднем $2-3^{\circ}\text{C}$ в течение сезона. Таким образом, температурный фактор был относительно благоприятным для сельскохозяйственных культур.

По количеству выпадающих осадков (рис. 2) можно отметить, что 2015 год был близок к климатической норме. В мае и июне выпало осадков выше к среднегодовым показателям (186 и 172% к норме). Это, безусловно, положительно повлияло на рост и развитие гороха. Неблагоприятное погодное явление отмечено в августе. В этом месяце не выпало осадков. Но это уже не имело влияние на культуру, так как уже прошла ее уборка.

Осенний период и начало зимы выдались относительно влажными с превышением среднегодовых значений. Такой факт способствовал успешному прорастанию озимой пшеницы и ее развитию в осенний период.

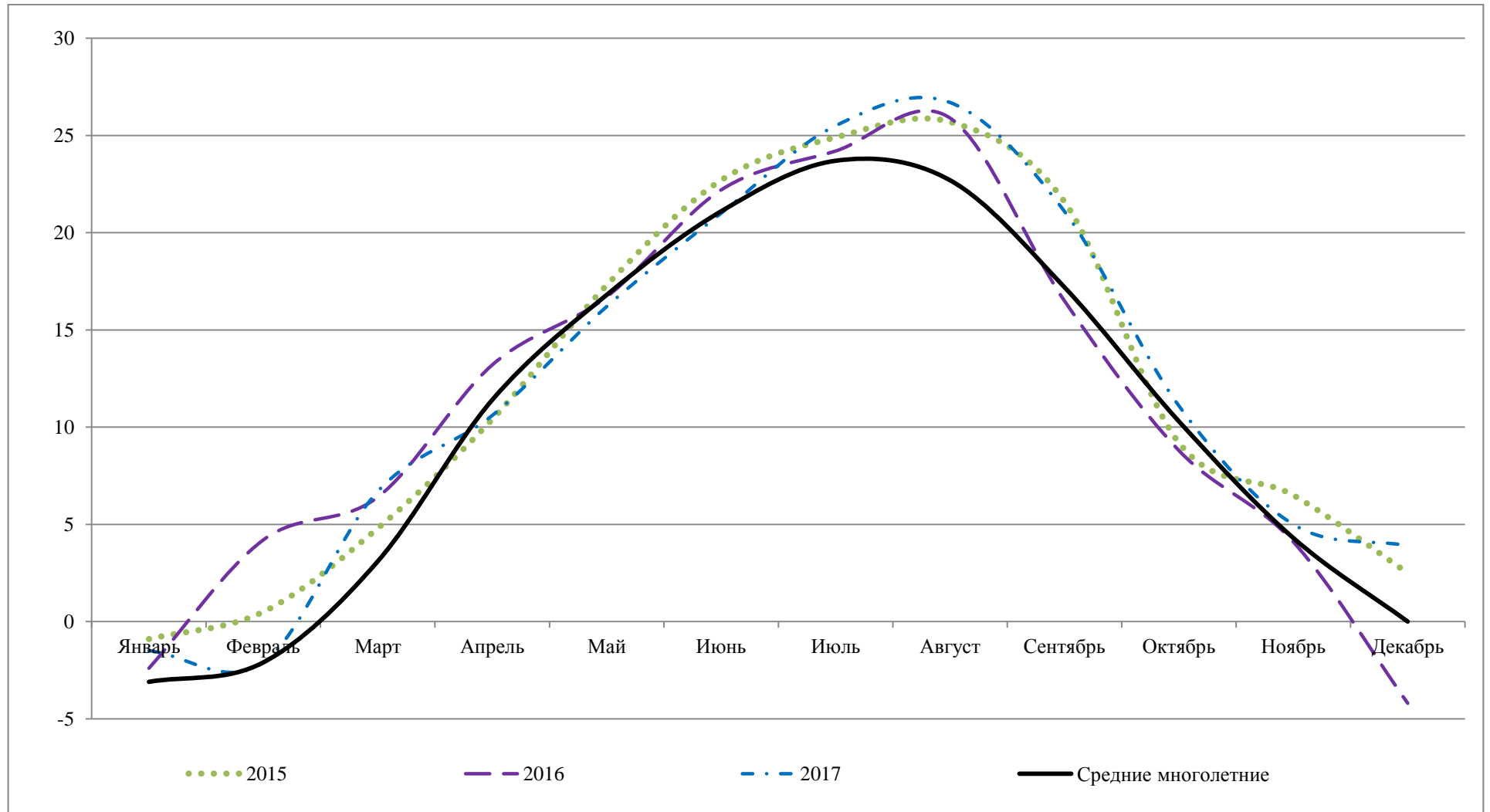


Рис. 1. Среднесуточные температуры воздуха за годы исследований по данным метеостанции с. Красногвардейское

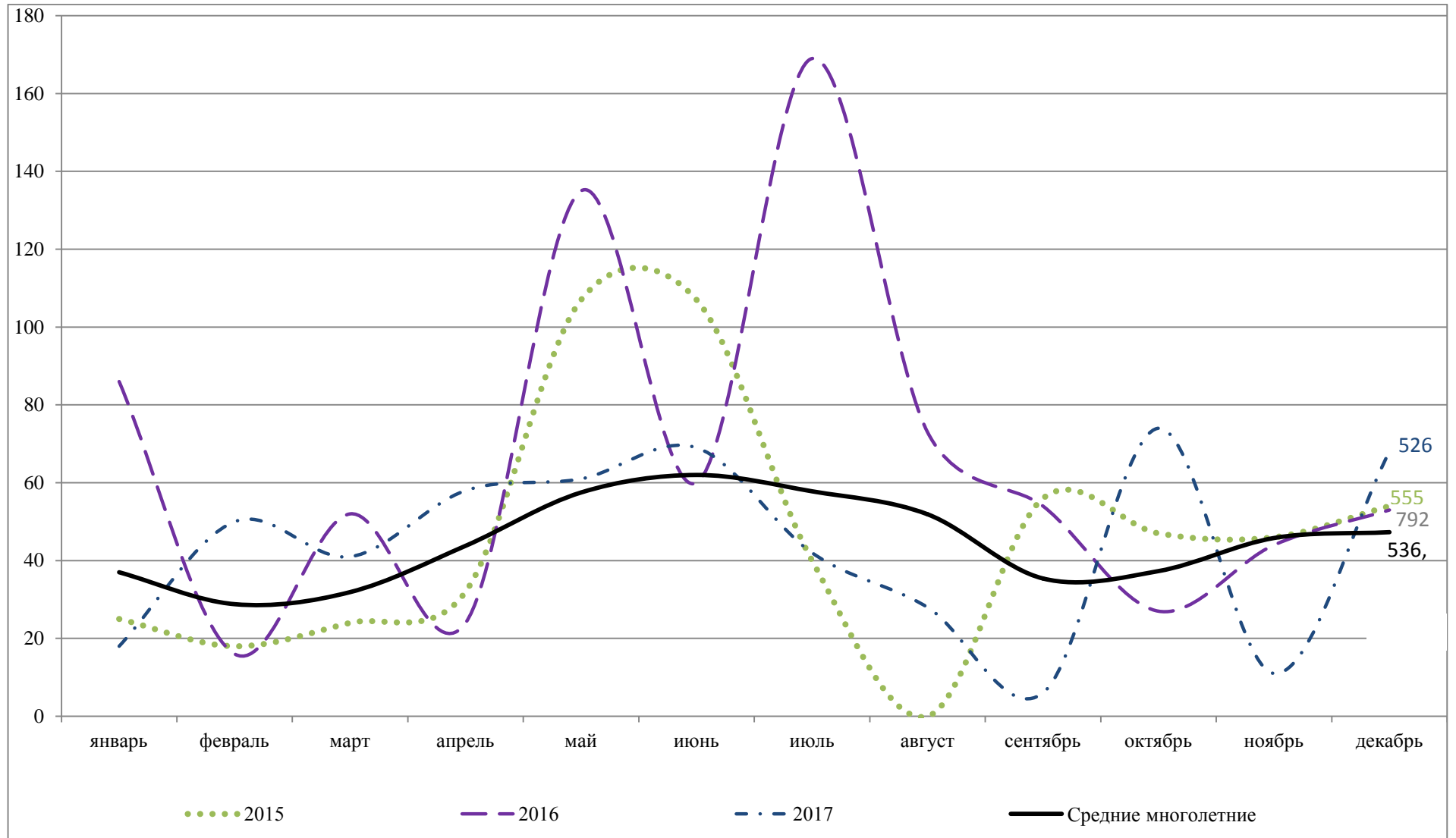


Рис. 2. Сумма осадков за годы исследований по данным метеостанции с. Красногвардейского

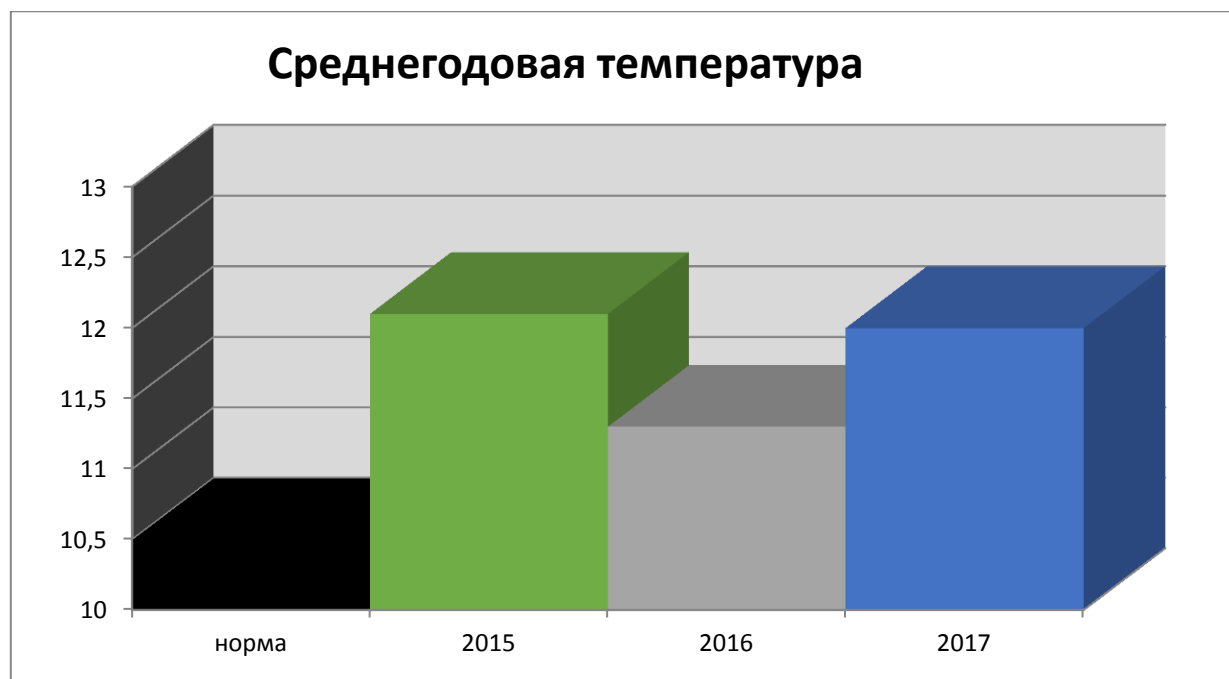


Рис. 3. Среднегодовая температура воздуха (°C) по годам исследований

В 2016 году выпало 792 мм осадков, что составило 147% к среднемноголетним показателям (рис. 4). Таким образом, год выдался влажным. При высоком количестве осадков в зимний период и в начале весны (232% к норме в январе и 163% в марте) был создан хороший запас почвенной влаги. Благоприятным показателем можно считать и то, что в мае влаги выпало 237% к климатической норме. А как известно, осадки этого месяца имеют решающее значение для формирования урожая озимой пшеницы.

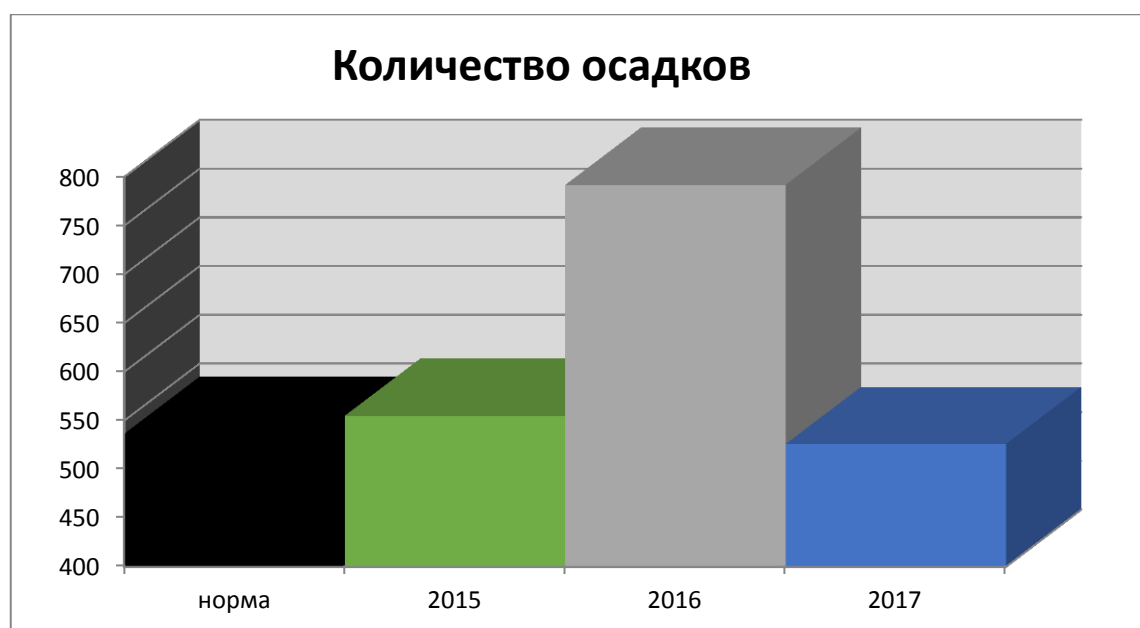


Рис. 4. Сумма осадков по годам исследований, мм

Относительно неплохими были условия и осеннего периода. Так, в сентябре в предпосевной и посевной период выпало 54 мм осадков, что составило 154% к среднемноголетним. Незначительно отличались от нормы и осадки ноября и декабря. Это создавало дополнительный запас влаги зимнего периода.

Запасы влаги были пополнены и в 2017 году. В феврале месячная норма выпавших осадков превысила среднемноголетнюю на 73%, а в марте — на 28%. Особенно благоприятным был тот факт, что в апреле, мае и июне количество выпадающих осадков было выше нормы. Растения озимой пшеницы получали влагу в оптимальные сроки.

В июле выпало всего 4 мм осадков, что составило всего 7% от среднемноголетних значений. Это также является благоприятным фактором для озимой пшеницы, возделываемой в опыте. Началась уборка культуры, которая прошла без потерь.

Таким образом, погодные условия для всех культур опыта (гороха в 2015 году и пшеницы 2016 и 2017 годов) можно считать благоприятными и относительно оптимальными для данной зоны.

2.6. Методика исследований

Объектом исследований являлся чернозем южный карбонатный среднесплодный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,8%, рН — 8,3; сумма обменных оснований — 25,4 мг-экв/100 г; содержание подвижного фосфора и обменного калия — 24,7 и 370 мг/кг соответственно; содержание подвижной серы — 3,5 мг/кг. Опыт заложен в соответствии с общепринятой методикой, размещение вариантов рендомизированное, повторность трехкратная по следующей схеме:

1. Контроль.
2. Сульфоаммофос — 150 кг/га, N₃₀ P₃₀ S₂₁.

3. Сульфоаммофос — 250 кг/га, N₅₀ P₅₀ S₃₅.
4. Фосфогипс — 3 т/га.
5. Фосфогипс — 6 т/га.
6. Фосфогипс — 12 т/га.
7. Фосфогипс — 3 т/га + аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га, -(N42 P36).
8. Фосфогипс — 6 т/га + аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га, -(N42 P36).
9. Фосфогипс — 12 т/га + аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га -(N42 P36).
10. Аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га -(N42 P36).

Размер делянок — 3 м×20 м, учетная площадь — 2 м×18 м.

Исследования проводились в 2015, 2016 и 2017 годах. В первый год высевался горох, во второй и третий год высевалась озимая пшеница сорта Таня. Таким образом, исследовалось звено севооборота: горох — озимая пшеница — озимая пшеница. В первый год схема опыта имела несколько другой вид: вместо 100 кг/га вносили под горох всего 30 кг/га селитры как стартовую дозу перед посевом.

Фосфогипс является продуктом химической флотации апатитового концентрата. Его получают путем орошения апатита серной кислотой. При этом полученная фосфорная кислота идет на приготовление фосфорных удобрений, а гипс идет в отвал. Он содержит в среднем 20–22% Ca, 1,4% Mg; 0,6% P₂O₅; 20,2% S; 0,17–0,20% F; 0,1% B; 1% Mn; 0,01% Cu; 0,05% Zn; 0,03% Co; 0,05% Mo.

Фосфогипс вносили в два приема. Вначале половину от применяемой дозы, затем лущение на глубину 12–14 см с последующей вспашкой. После этого вносили вторую половину дозы с последующим дискованием. Таким образом добивались полной перемешиваемости фосфогипса с почвой. Сульфоаммофос и аммофос вносили при посеве, аммиачную селитру — в весеннюю подкормку.

Применение аммофоса в дозе 70 кг/га при посеве и аммиачной селитры в дозе 100 кг/га в ранневесеннюю подкормку является традиционным для хозяйства.

Полевые и лабораторные исследования производились в течение вегетации гороха и озимой пшеницы.

При проведении исследований применялись следующие методики:

- определение нитратного азота ионометрическим методом (ГОСТ 26951–86);
- определение подвижных форм фосфора по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205–91);
- содержание подвижного калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205–91);
- определение подвижных форм серы по методу ЦИНАО (ГОСТ 26490–85);
- определение подвижного бора атомно-абсорбционным методом;
- определение подвижных соединений марганца по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50685–94);
- определение подвижных соединений цинка по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50686–94);
- определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 50683–94);
- определение подвижного молибдена атомно-абсорбционным методом;
- содержание гумуса по И. В. Тюрину в модификации Симакова (ГОСТ 26213–91);
- определение рН водной суспензии потенциометрическим методом (ГОСТ 26423–85);

- влажность почвы — термовесовым методом (ГОСТ 5180–84);
- измерение температуры почвы метеорологическим термометром testo 905–T1.

Количество почвенных микроорганизмов определяли на твердых селективных питательных средах: аммонификаторов — на мясопептонном агаре (МПА); нитрификаторов и других микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, — на крахмало-аммиачном агаре (КАА); микромицетов — на среде Чапека–Докса; целлюлозолитиков — на среде Гетчинсона; аэробных азотфиксаторов — на среде Эшби.

Урожайность сельскохозяйственных культур определяли методом прямого комбайнирования комбайном Sampo.

Математическая обработка результатов исследований проведена с использованием дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (2011).

Перечисленные методики были взяты из практикумов по агрохимии под ред. Минеева В. Г. (2001) и почвоведению [Штомпель Ю. А., Цховребов В. С. и др., 2003].

3 ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ФОСФОГИПСА

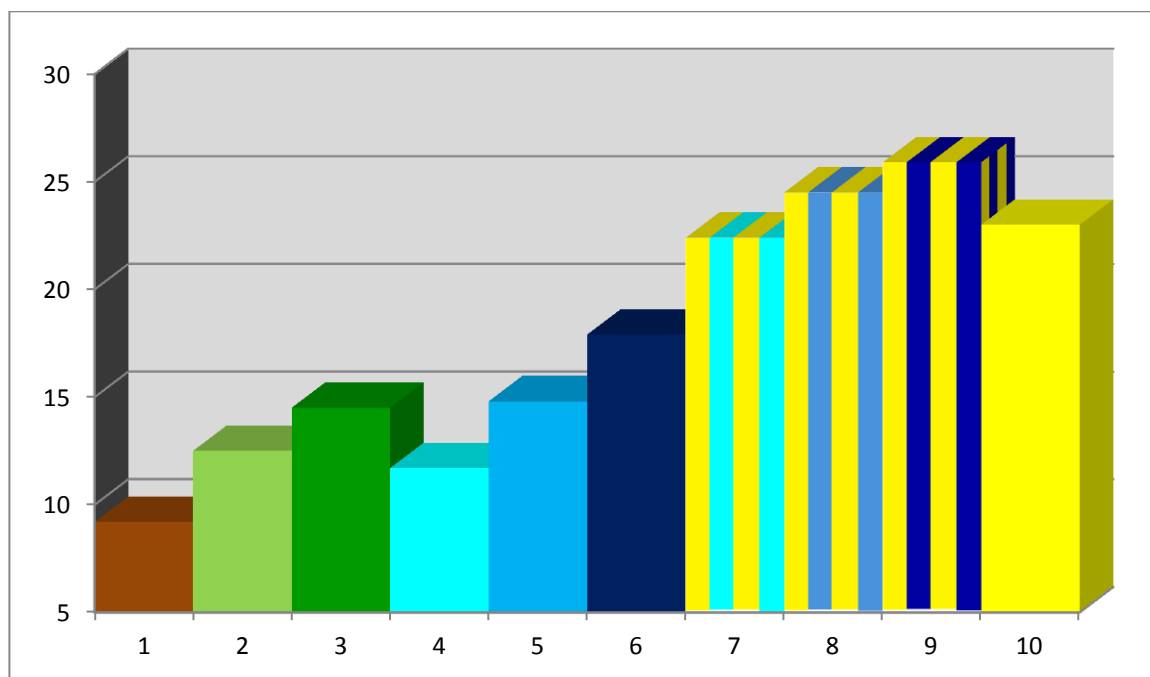
3.1.Содержание макроэлементов

Среди макроэлементов особый интерес представляет изучение содержания азота, фосфора, калия и серы. Это обусловлено тем, что в опыте применялись удобрения, содержащие эти элементы питания, кроме калия. Кроме того, основной задачей исследования было ликвидировать дефицит серы, сложившийся на черноземных почвах и установить степень участия в этом процессе фосфогипса.

В первый год исследований высевался горох. Аммиачную селитру вносили в стартовой дозе — 20 кг д.в. / га (рис. 5).

Как показали результаты анализов, уже в первый год исследований содержание элементов питания по вариантам опыта было различным. Количество нитратного азота при применении сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га возрастало по сравнению с контролем незначительно (на 3,3–5,3 мг/кг соответственно), но достоверно. Внесение фосфогипса в чистом виде в дозе 3 т/га не оказало влияние на изучаемый показатель, так как увеличение содержания NO_3 находилось на уровне ошибки опыта. Применение мелиоранта в дозе 6 и особенно 12 т/га повысило содержание нитратов почти в 2 раза.

Наибольшее содержание нитратного азота наблюдалось на вариантах совместного применения фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой. Причем в данном случае при одинаковом применении удобрений различия в дозе мелиоранта не имели столь существенного влияния на исследуемую величину и находились в пределах 22,4–25,9 мг/кг. Следовательно, на содержание этого элемента питания большее влияние оказывает применение аммиачной селитры, чем фосфогипса.



- | | |
|--|--|
| 1. Контроль | 6. Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7. Фосфогипс – 3т/га+ N ₁₈ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8. Фосфогипс – 6т/га+ N ₁₈ P ₃₆ |
| 4. Фосфогипс – 3т/га | 9. Фосфогипс – 12т/га+ N ₁₈ P ₃₆ |
| 5. Фосфогипс – 6т/га | 10. N ₁₈ P ₃₆ |

Рис. 5. Содержание нитратного азота в почве в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения гороха в 2015 году, мг/кг (НСР₀₅=3,1)

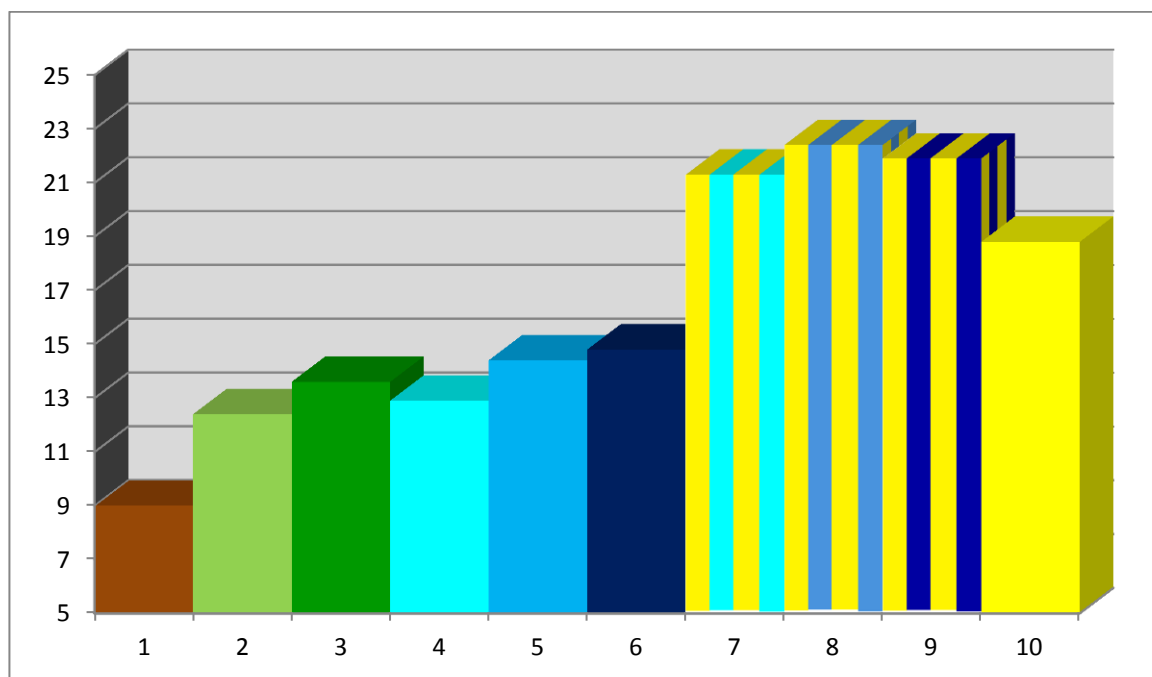
Отдельное применение аммофоса и аммиачной селитры обеспечило содержание нитратного азота на уровне 22,0 мг/кг, что всего на 2,9 мг/кг ниже, чем на варианте с применением удобрений и 12 т/га мелиоранта.

Исследования под озимой пшеницей, проведенные в 2016 году, показали, что применение фосфогипса и удобрений еще в большей степени оказали влияние на содержание элементов питания по сравнению с 2015 годом.

Меньше всего нитратного азота было на контроле и составило 9,0 мг/кг (рис. 6). Применение сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га позволило увеличить изучаемую величину на 3,4 и 4,6 мг/кг соответственно. Такое увеличение незначительно, но достоверно. Такая же тенденция наблюдается и при внесении фосфогипса в различных дозах. Это можно связать с

активизацией микробиологической деятельностью при внесении относительно богатого субстрата, каким является фосфогипс.

Более значительное увеличение исследуемого показателя обнаружено при совместном внесении мелиоранта и удобрений. Возрастание по сравнению с контролем составили 12,3–13,4 мг/кг при несущественной и недостоверной разнице внутри вариантов опыта.

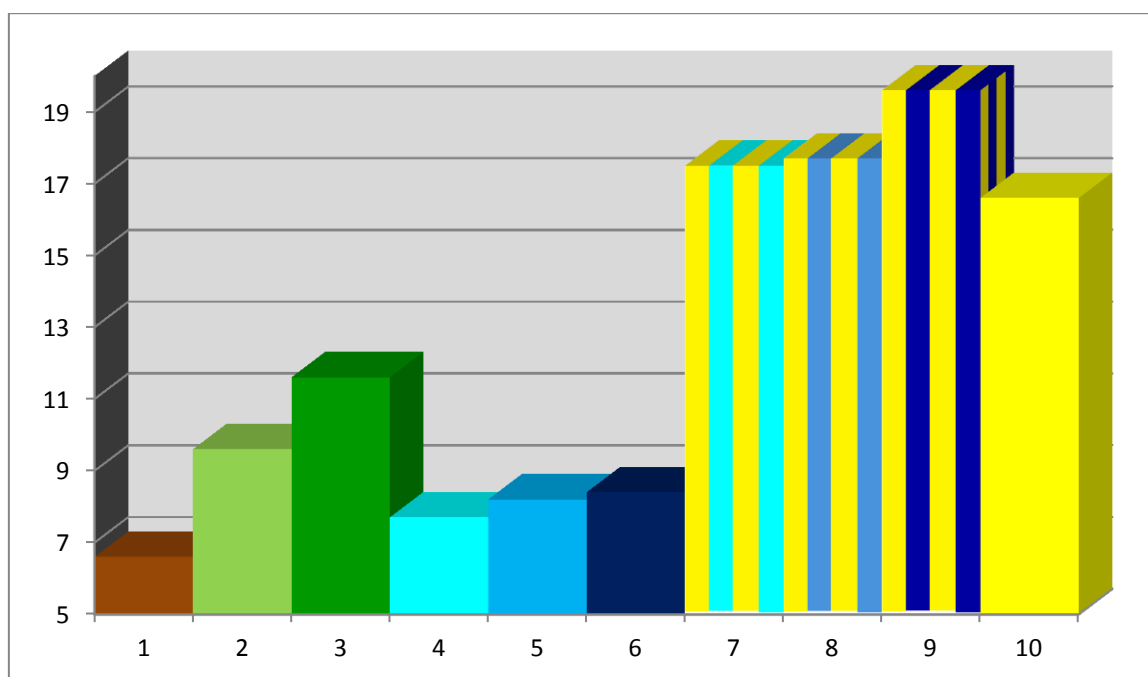


- | | |
|--|--|
| 1. Контроль | 6. Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7. Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8. Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4. Фосфогипс – 3т/га | 9. Фосфогипс – 12т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 5. Фосфогипс – 6т/га | 10. N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 6. Содержание нитратного азота в почве в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2016 году, мг/кг (НСР₀₅ = 2,8)

Отдельное внесение аммофоса и аммиачной селитры привело к возрастанию содержания нитратного азота по сравнению с контролем на 9,8 мг/кг. Следовательно, фосфогипс оказывает влияние на содержание изучаемого элемента питания как совместно с удобрениями, так и отдельно. Возможно, это связано с активизацией микробиологической деятельности при внесении богатого по химическому составу мелиоранта.

Как показали исследования, в 2017 году применение фосфогипса и удобрений также ожидаемо повлияло на содержание элементов питания (рис. 7). Наименьшим содержанием нитратного азота было на контроле и составляло 6,6 мг/кг. Применение сульфоаммофоса и фосфогипса хотя и слабо, но достоверно повлияло на данный показатель. Внесение аммофоса в дозе 70 кг/га и аммиачной селитры в дозе 100 кг/га позволило увеличить изучаемый показатель в 2,8 раза.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

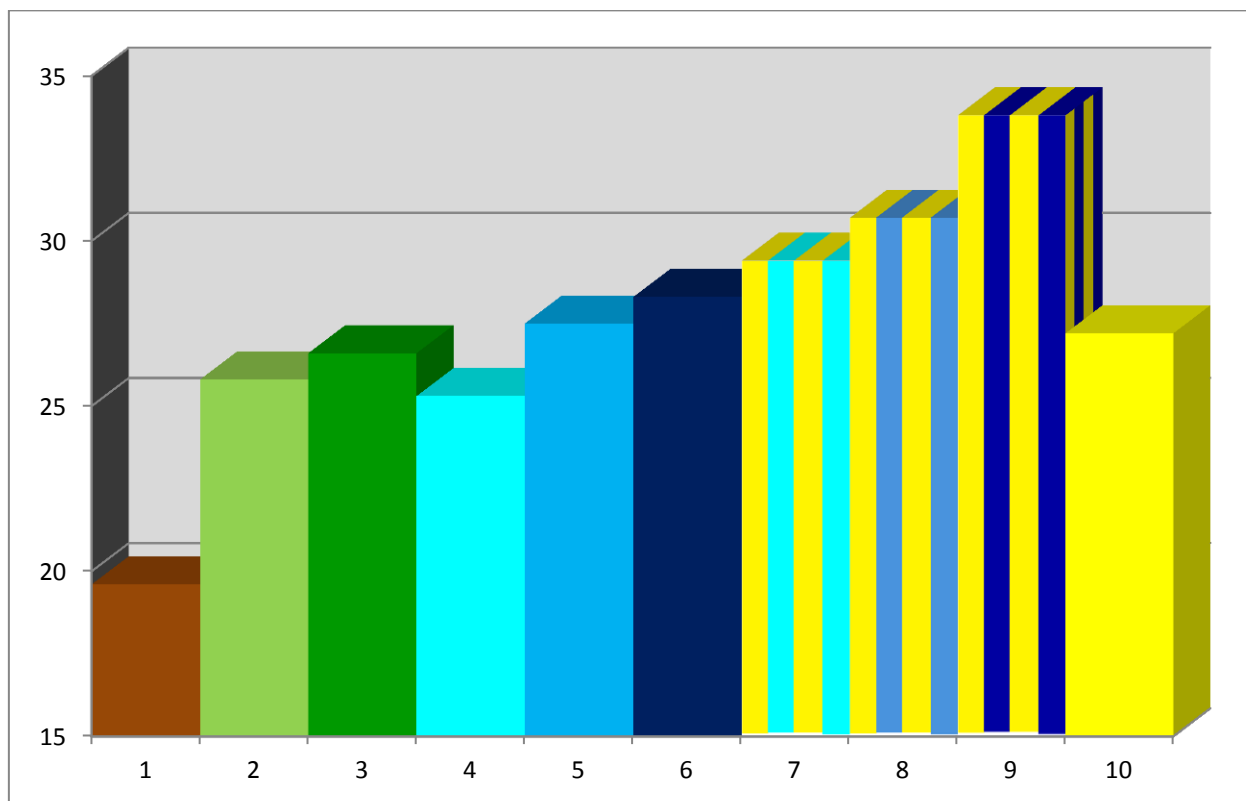
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 7. Содержание нитратного азота в почве в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2017 году, мг/кг (НСР₀₅ = 2,2)

При совместном внесении фосфогипса и удобрений выявлено наибольшее количество нитратов. Это согласуется с полученными в предыдущие годы данными. Так, при применении фосфогипса в дозе 12 т/га и удобрений исследуемая величина возросла до 19,6 мг/кг, что выше контрольного в 3 раза.

В целом различия в содержании нитратного азота в 2017 году по вариантам опыта аналогичны 2016 и 2015 годам.

При исследовании содержания подвижного фосфора в 2015 году под горохом выявили, что наименьшим оно было на контроле и составляло 19,6 мг/кг (рис. 8).



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₁₈ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₁₈ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₁₈ P₃₆

10. N₁₈ P₃₆

Рис. 8. Содержание подвижного фосфора в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения гороха, мг/кг (НСР₀₅ = 2,1)

Применение удобрений и фосфогипса существенным образом повысило исследуемую величину. Внесение сульфоаммофоса в дозе 150 и 250 кг/га увеличили содержание фосфора на 6,2 и 7,0 мг/кг.

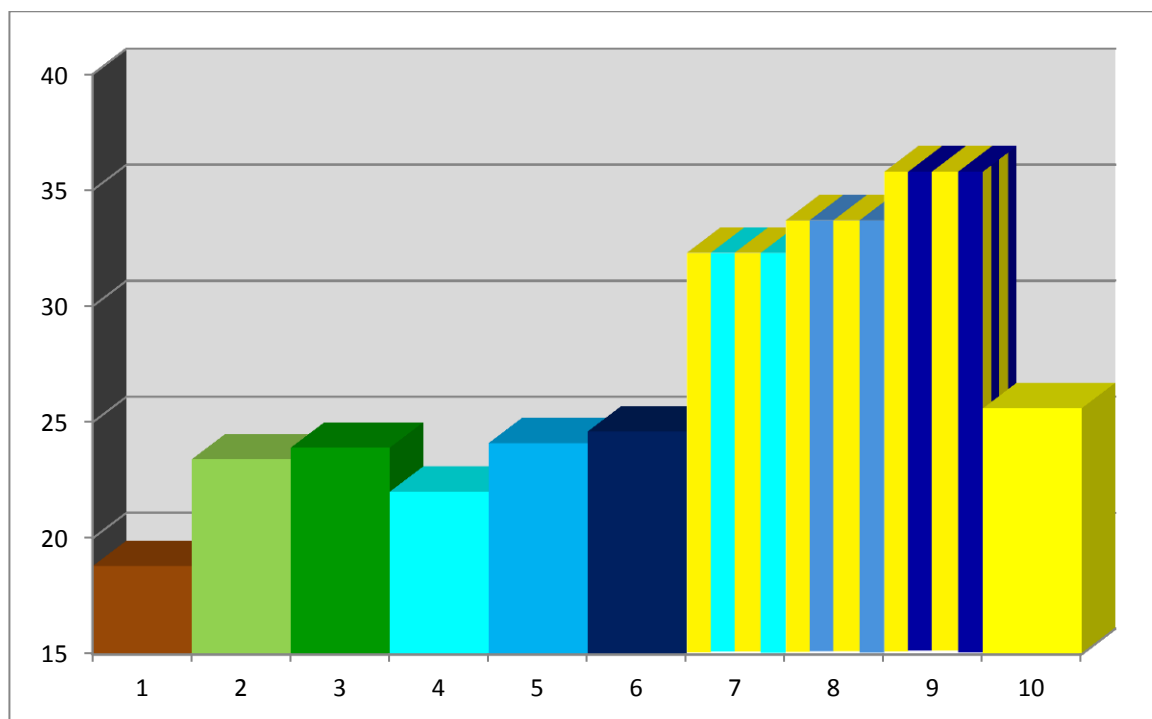
Применение фосфогипса привело к возрастанию содержания подвижного фосфора в зависимости от дозы внесения. Но надо отметить, что

в первый год действия мелиоранта особой разницы между дозами его внесения не наблюдается. Установлено, что на варианте с применением 12 т/га увеличение было наиболее высоким и составляет 28,3 мг/кг. Это на 8,7 мг/кг больше, чем на контроле.

Значительное влияние на количество подвижного фосфора в почве оказало совместное применение фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой (В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, В. И. Фаизова, Д. В. Калугин, 2019). Так при внесении 12 т/га мелиоранта совместно с аммофосом (70 кг/га) и аммиачной селитрой (20 кг/га) количество P_2O_5 составило 33,8 мг/кг, что выше контроля на 14,2 мг/кг. К тому же почвы по этому показателю перешли из разряда среднеобеспеченных в разряд с повышенной обеспеченностью.

При исследовании содержания подвижного фосфора в 2016 году установили, что наименьшим оно было на контроле и составляло 18,8 мг/кг (рис. 9). Применение сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га увеличивает исследуемый показатель на 4,6 и 5,1 мг/кг соответственно (В. С. Цховребов, А. Б. Умаров и др., 2019). Аналогичным было и влияние фосфогипса, причем значительной разницы между изучаемыми дозами не наблюдается. Внесение аммофоса и аммиачной селитры повысило содержание фосфора на 6,8 мг/кг. Наиболее высокие значения изучаемой величины обнаружены при совместном внесении фосфогипса, аммофоса и аммиачной селитры. Увеличение составило от 13,5 до 17,0 мг/кг при наибольших значениях на варианте применения фосфогипса в дозе 12 т/га совместно с удобрениями.

Как известно, фосфогипс является отходом промышленности при производстве фосфорных удобрений. Его невозможно удалять в отвал в чистом виде. Определенное количество фосфорной кислоты остается в фосфогипсе. Проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что около 1,2% кислоты и выше остается в отходе. Это неизменно влияет на содержание подвижного фосфора.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

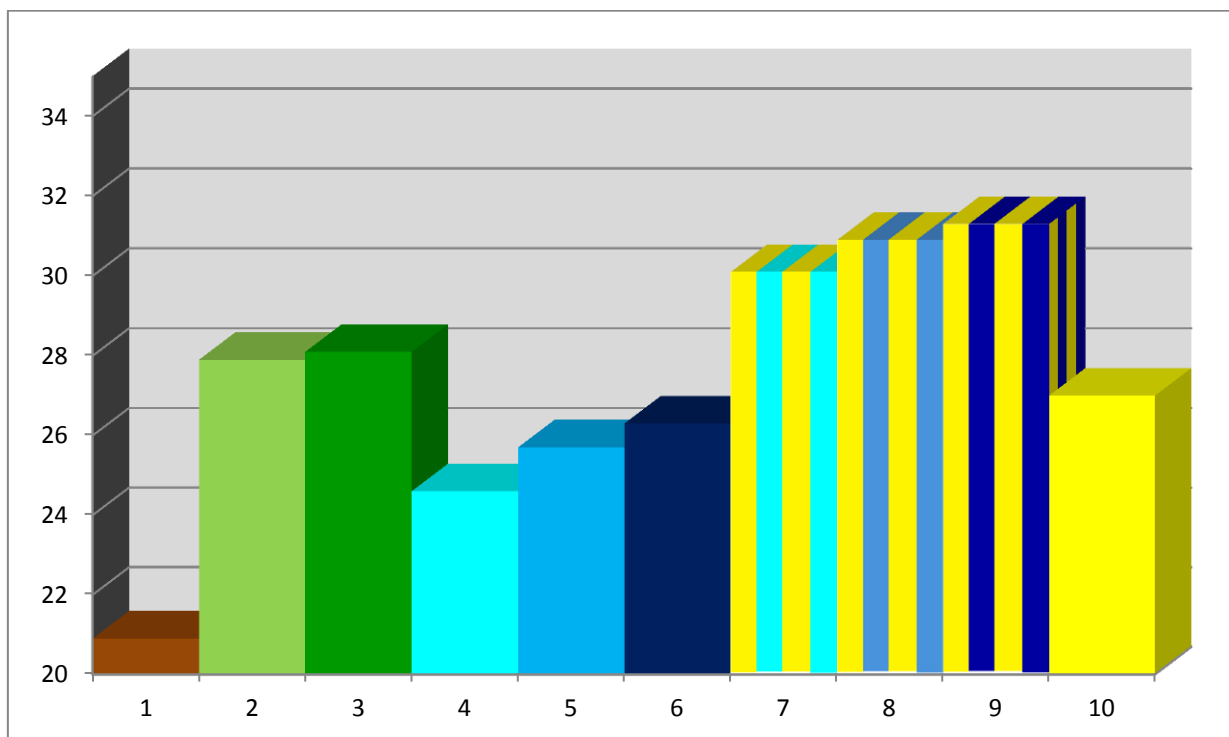
9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 9. Содержание подвижного фосфора в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2016 году, мг/кг
(НСР₀₅ = 2,2)

Благотворное влияние фосфогипса на содержание подвижного фосфора объясняется его относительно высоким количеством в самом мелиоранте. По нашим исследованиям, содержание P₂O₅ в фосфогипсе достигает 1,2–2,0%.

Изменения в содержании подвижного фосфора в 2017 году было аналогичным 2016 году (рис. 10). Увеличение количества P₂O₅ на вариантах с фосфогипсом не может быть связано только с его присутствием в данном мелиоранте. Во-первых, его там было только 1,2%, и, во-вторых, анализ почвы произведен был на третий год последствия. К тому же наиболее высоким содержание этого элемента питания было при совместном внесении фосфогипса и аммофоса. Следовательно, возможно, и здесь вмешался фактор, обусловленный микробиологической деятельностью.



1.Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4.Фосфогипс – 3т/га

5.Фосфогипс – 6т/га

6.Фосфогипс – 12т/га

7.Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8.Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

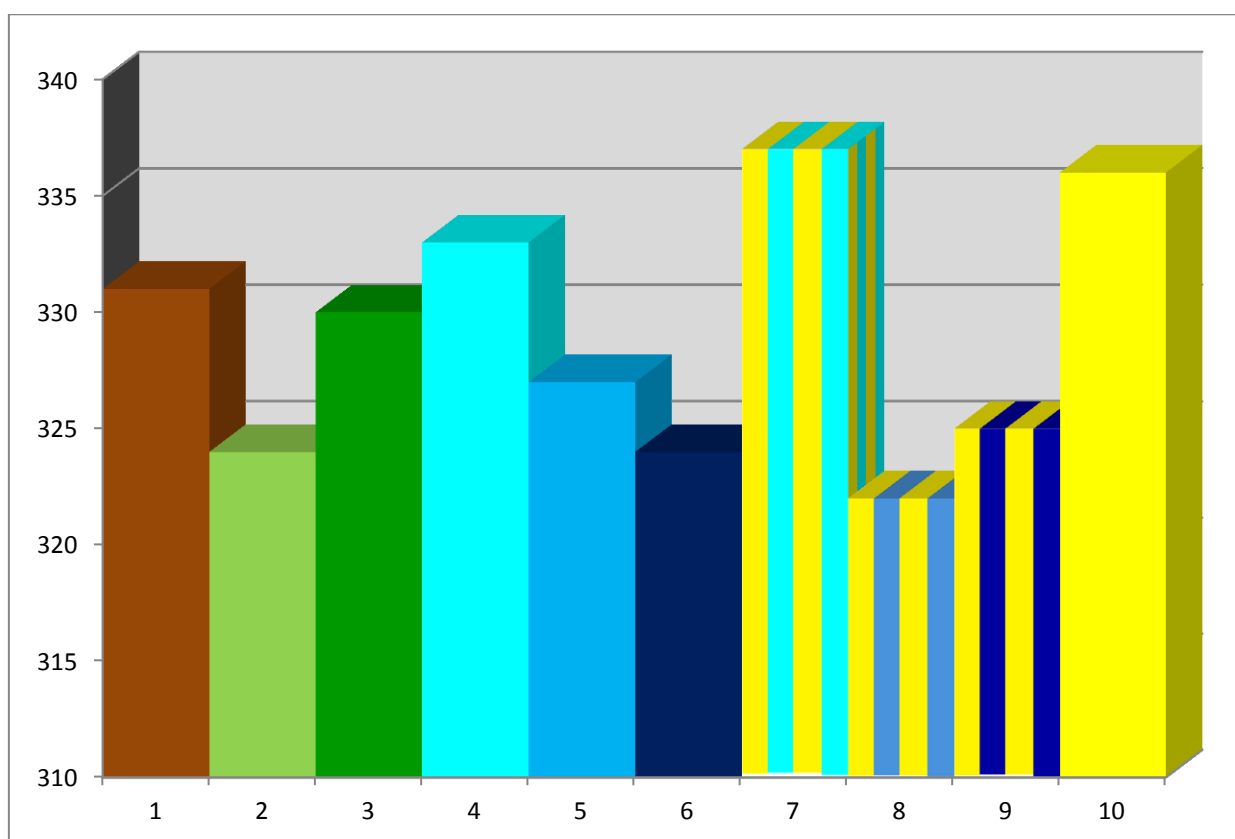
9.Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10.N₄₂ P₃₆

Рис. 10. Содержание подвижного фосфора в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2017 году, мг/кг (НСР₀₅ = 1,8)

Для подтверждения данной гипотезы были произведены исследования количества почвенной микрофлоры и ее активности, которые представлены в главе 5. Они свидетельствуют о том, что любые процессы в почве, особенно связанные с обеспеченностью элементами питания, невозможно рассматривать в отрыве от ее живой фазы.

При исследовании содержания обменного калия под горохом не было выявлено существенных различий между вариантами опыта (рис. 11).



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га + N₁₈ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га + N₁₈ P₃₆

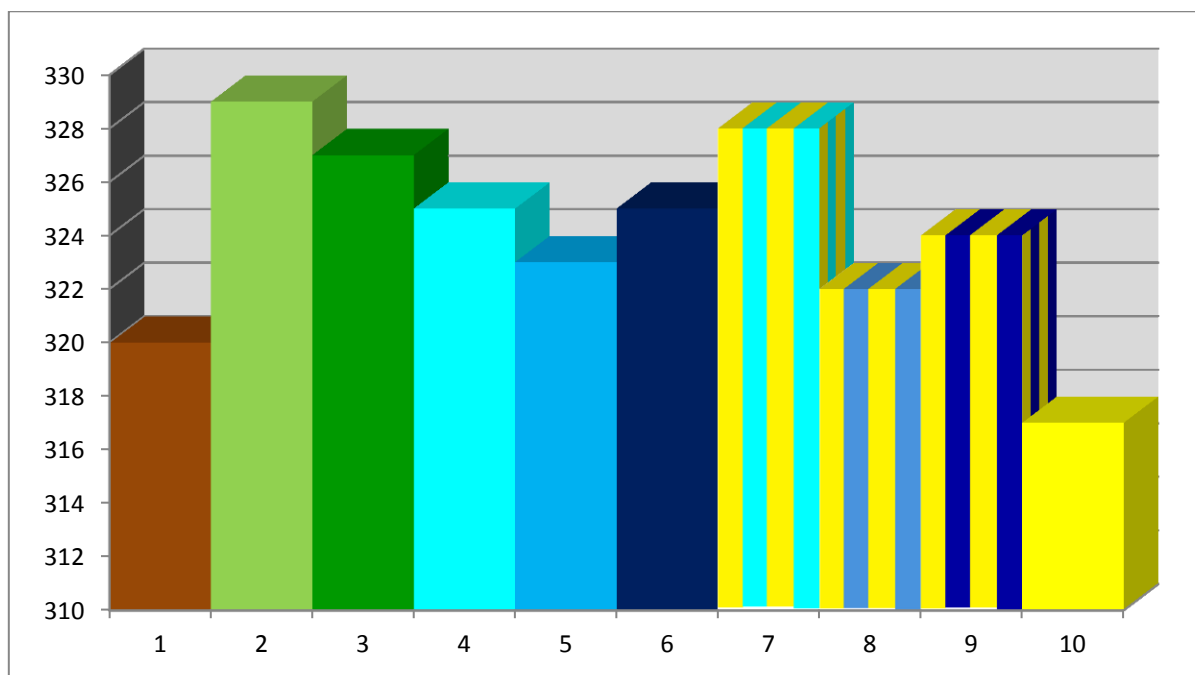
9. Фосфогипс – 12т/га + N₁₈ P₃₆

10. N₁₈ P₃₆

Рис. 11. Содержание подвижного калия в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения гороха, мг/кг (НСР₀₅ = 10,8)

Значения изучаемой величины находились в пределах 324–336 мг/кг, и почвы классифицируются как повышенообеспеченные по этому показателю.

В следующих 2016 и 2017 годах также отмечено, что на содержание обменного калия применение удобрений и фосфогипса не оказало существенного влияния (рис. 12; 13). Он находился в пределах средней обеспеченности почв по этому элементу питания. Такой показатель обусловлен высоким содержанием валовых форм калия. На это было указано в главе 2.



1.Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4.Фосфогипс – 3т/га

5.Фосфогипс – 6т/га

6.Фосфогипс – 12т/га

7.Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

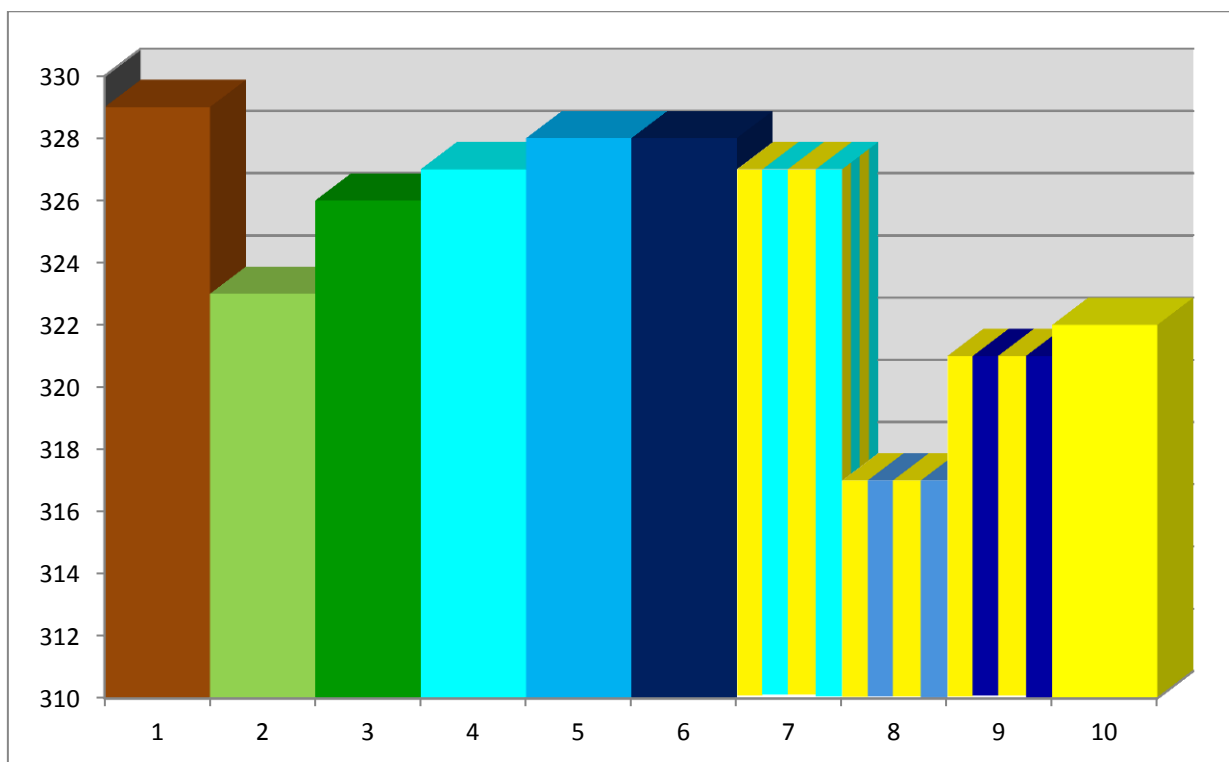
8.Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9.Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10.N₄₂ P₃₆

Рис. 12. Содержание подвижного калия в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2016 году, мг/кг
(НСР₀₅ = 9,4)

Можно отметить также, что исследуемая величина не подчинялась определенной закономерности. Так, на контроле количество обменного калия никогда не было наименьшим за все годы наблюдений. Напротив, в 2017 году его было больше всего именно на контроле и составляло 329 мг/кг. В 2015 году под горохом наименьшие показатели исследуемой величины были на 8-м варианте с применением Фосфогипса — 6 т/га совместно с аммофосом — 70 кг/га и аммиачной селитрой — 100 кг/га. В 2016 году таким вариантом был 10-й с применением аммофоса и аммиачной селитры, а в 2017 году — также 8-й вариант. Но значительных изменений в исследуемом показателе между вариантами опыта не обнаружено. Следовательно, ни фосфогипс, ни удобрения не имеют определенного влияния на содержание подвижных форм калия в черноземе южном.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

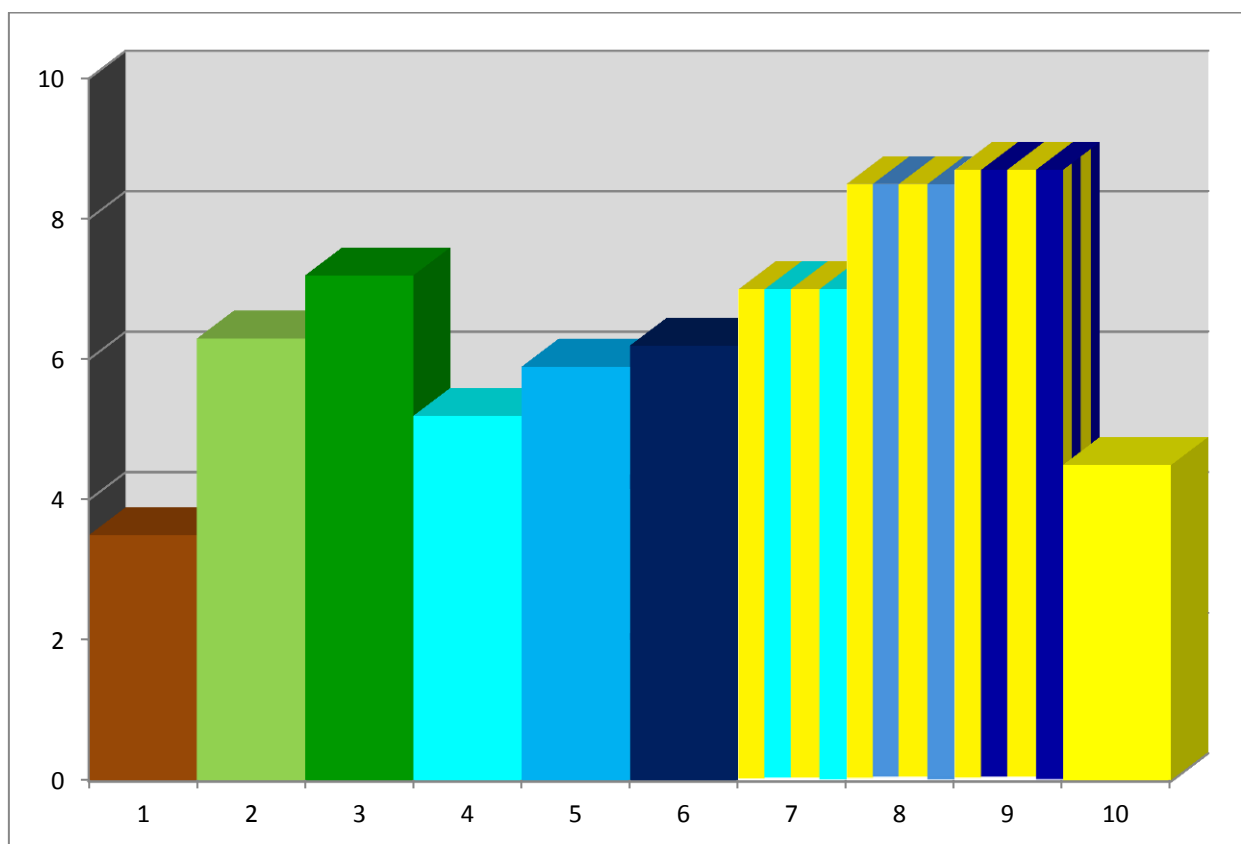
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 13. Содержание подвижного калия в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2017 году, мг/кг (НСР₀₅ = 9,0)

При применении серосодержащих удобрений и фосфогипса нас в большей степени интересует содержание подвижной серы. Почвы по этому показателю классифицируются как низкообеспеченные. Одной из основных целей исследований было увеличение содержания данного элемента питания. В конечном итоге планировалось увеличить количество и, в большей степени, качество получаемой продукции.

Как показали исследования, в 2015 году под горохом на контроле содержание серы было самым низким и составляло 3,5 мг/кг (рис. 14). При внесении сульфоаммофоса наблюдалось возрастание изучаемой величины на 2,8–3,7 мг/кг и почвы переходили в разряд среднеобеспеченных по этому

элементу питания. По всей видимости, такое увеличение кратковременно, так как действие удобрений недолговечно.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₁₈ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₁₈ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₁₈ P₃₆

10. N₁₈ P₃₆

Рис. 14. Содержание подвижной серы в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения гороха в 2015 году, мг/кг

(НСР₀₅ = 1.1)

В результате применения фосфогипса в дозе 3 и 6 т/га хотя и наблюдается повышение содержания подвижной серы, но почвы остаются в разряде низкообеспеченных. И только применение мелиоранта в дозе 12 т/га способствовало повышению исследуемого показателя до 6,2 мг/кг и гарантировало среднюю обеспеченность почвы по этому элементу питания.

Это связано, скорее всего, с достаточно низкой растворимостью фосфогипса, которое не способствует полноценной его работе в первый год действия.

При совместном применении фосфогипса и удобрений содержание серы было наиболее высоким и особенно на варианте с максимальным внесением мелиоранта в 12 т/га. Увеличение по сравнению с контролем составило 5,2 мг/кг.

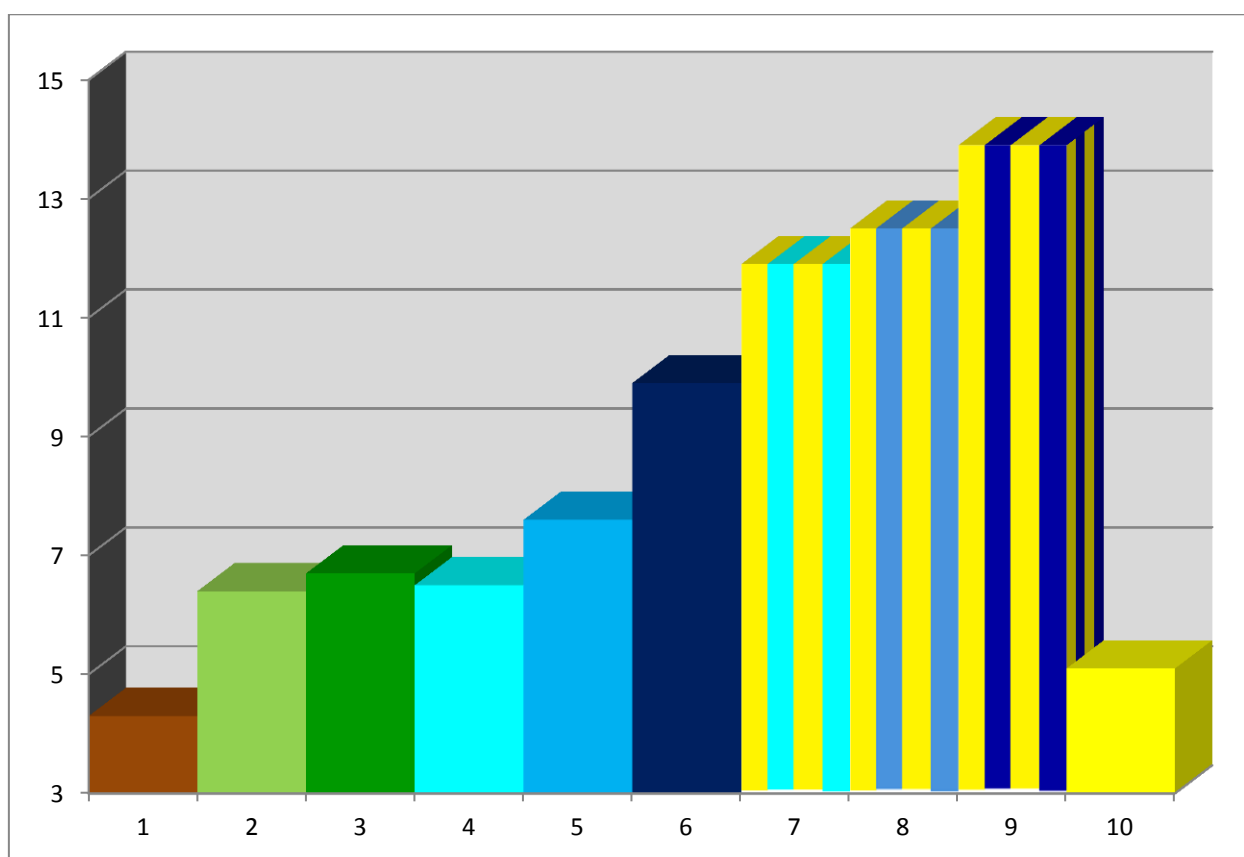
Таким образом, применение фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой способствует лучшему растворению серы мелиоранта и переход ее в подвижное состояние.

Отдельное применение аммофоса и аммиачной селитры не оказало существенного влияния на исследуемую величину. Это обусловлено отсутствием серы в данных удобрениях.

Исследования, проведенные в 2016 году под озимой пшеницей, выявили, что наименьшим содержание подвижной серы было на контроле и составляло 4,3 мг/кг (рис. 15).

При внесении сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га исследуемая величина в фазу цветения озимой пшеницы возрастала на 2,1 и на 2,4 мг/кг соответственно. Это позволило перейти почве из низкой области обеспеченности в среднюю.

При внесении фосфогипса в дозах 3; 6 и 12 т/га содержание подвижной серы увеличилось на 2,2; 3,3 и 5,6 мг/кг соответственно, и почвы из разряда низкообеспеченных переходят в разряд среднеобеспеченных по этому элементу питания. Наибольшее увеличение в содержании серы наблюдалось при совместном внесении мелиоранта и удобрений. В результате применения фосфогипса — 3 т/га + аммофоса — 70 кг/га + аммиачной селитры — 100 кг/га исследуемая величина возросла до 11,9 мг/кг, что на 7,6 мг/кг выше контрольного. Применение фосфогипса в дозе 6 т/га совместно с аммофосом 70 кг/га и аммиачной селитрой в дозе 100 кг/га привело к возрастанию показателя до 12,5 мг/кг, что выше контрольного на 8,2 мг/кг.



- | | |
|--|---|
| 1. Контроль | 6. Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7. Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8. Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4. Фосфогипс – 3т/га | 9. Фосфогипс – 12т/га+N ₄₂ P ₃₆ |
| 5. Фосфогипс – 6т/га | 10. N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 15. Содержание подвижной серы в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2016 году, мг/кг (НСР₀₅ = 1,2)

Наиболее высокие результаты получены на 9-м варианте при внесении фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га. Содержание подвижной серы составило 13,9 мг/кг. Это выше контрольного значения в 3,2 раза.

В результате применения фосфогипса в дозах 6 и 12 т/га совместно с аммофосом и аммиачной селитрой почвы переходят уже в разряд высокообеспеченных.

Это связано прежде всего с постепенным растворением мелиоранта, поступлением сульфатов в почвенный раствор и, следовательно, в почвенно-поглощающий комплекс.

Как известно, в аммофосе и аммиачной селитре сера не присутствует. Следовательно, применение удобрений не может оказать влияние на исследуемую величину. Тем не менее на вариантах совместного применения мелиоранта и удобрений содержание подвижной серы значительно отличается от вариантов отдельного применения фосфогипса. Объяснения этому явлению могут скрываться в увеличении микробиологической активности и темпов растворимости фосфогипса.

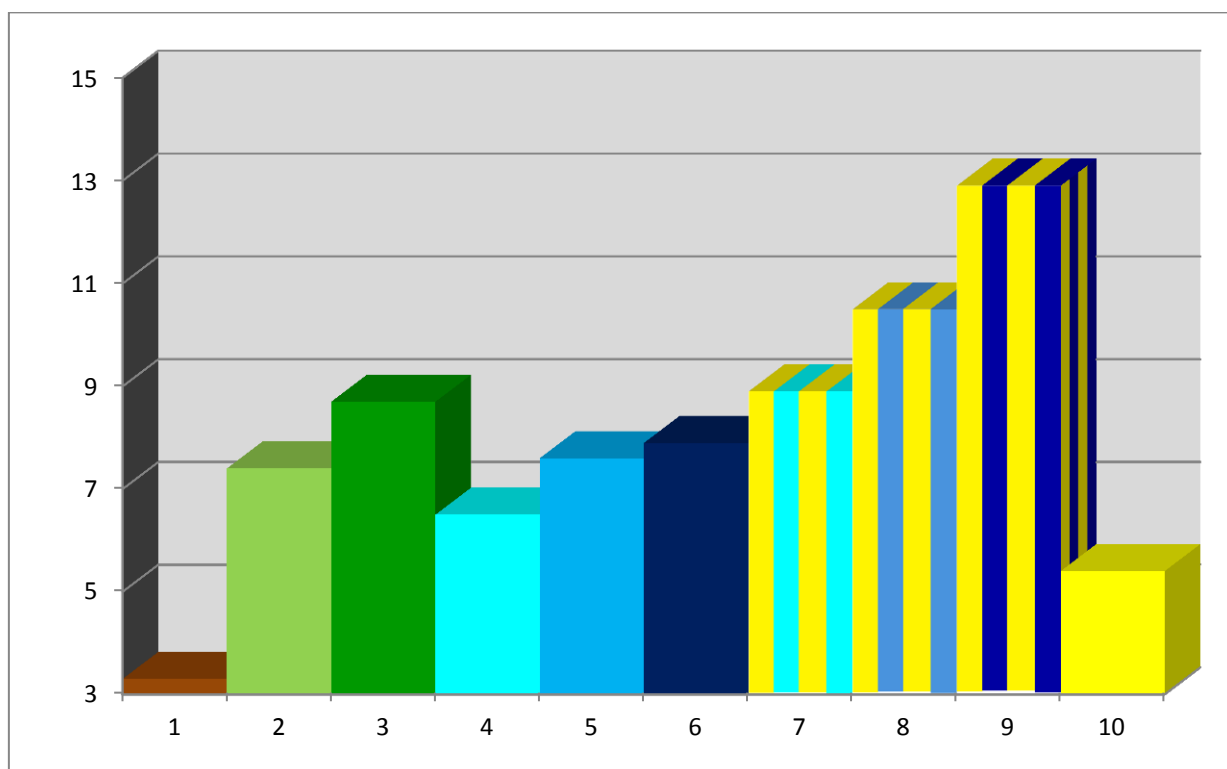
Как показали исследования, проведенные 2017 году (рис. 16), внесение сульфоаммофоса в дозе 150 кг/га увеличило содержание подвижной серы на 2,2 мг/кг, а в дозе 250 кг/га на 3,1 мг/кг. На контроле этот показатель составил 3,3 мг/кг. Надо отметить, что при внесении 150 кг/га сульфоаммофоса почва по обеспеченности этим элементом питания остается на низком уровне.

Раздельное применение фосфогипса в дозах 3; 6 и 12 т/га увеличило количество этого элемента питания на 3,2; 4,3 и 4,6 мг/кг. Таким образом, внесение мелиоранта существенно влияет на изучаемый показатель уже на третий год последствий. Разница, по всей вероятности, будет прослеживаться только в длительности последствий фосфогипса.

Наиболее высокое содержание подвижной серы было при совместном внесении фосфогипса с аммофосом и селитрой. При внесении 3 т/га мелиоранта с 70 кг аммофоса и 100 кг аммиачной селитры увеличило изучаемый показатель на 5,6 мг/кг по сравнению с контролем.

В результате применения 6 т/га фосфогипса повысилось содержание подвижной серы до 10,5 мг/кг, что на 7,2 мг/кг выше контрольного. Наиболее высоким изучаемый показатель был на 9-м варианте с применением 12 т/га фосфогипса, 70 кг/га аммофоса и 100 кг/га аммиачной селитры. Превышение по сравнению с контролем составило 9,6 мг/кг. Таким образом, внесение

фосфогипса в дозах 3 и 6 т/га, как отдельно, так и совместно с удобрениями позволило перейти почвам от низкой к средней обеспеченности, а применение мелиоранта в дозе 12 т/га совместно с удобрениями — к высокой обеспеченности по подвижной сере.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 16. Содержание подвижной серы в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в 2017 году, мг/кг (НСР₀₅ = 1,0)

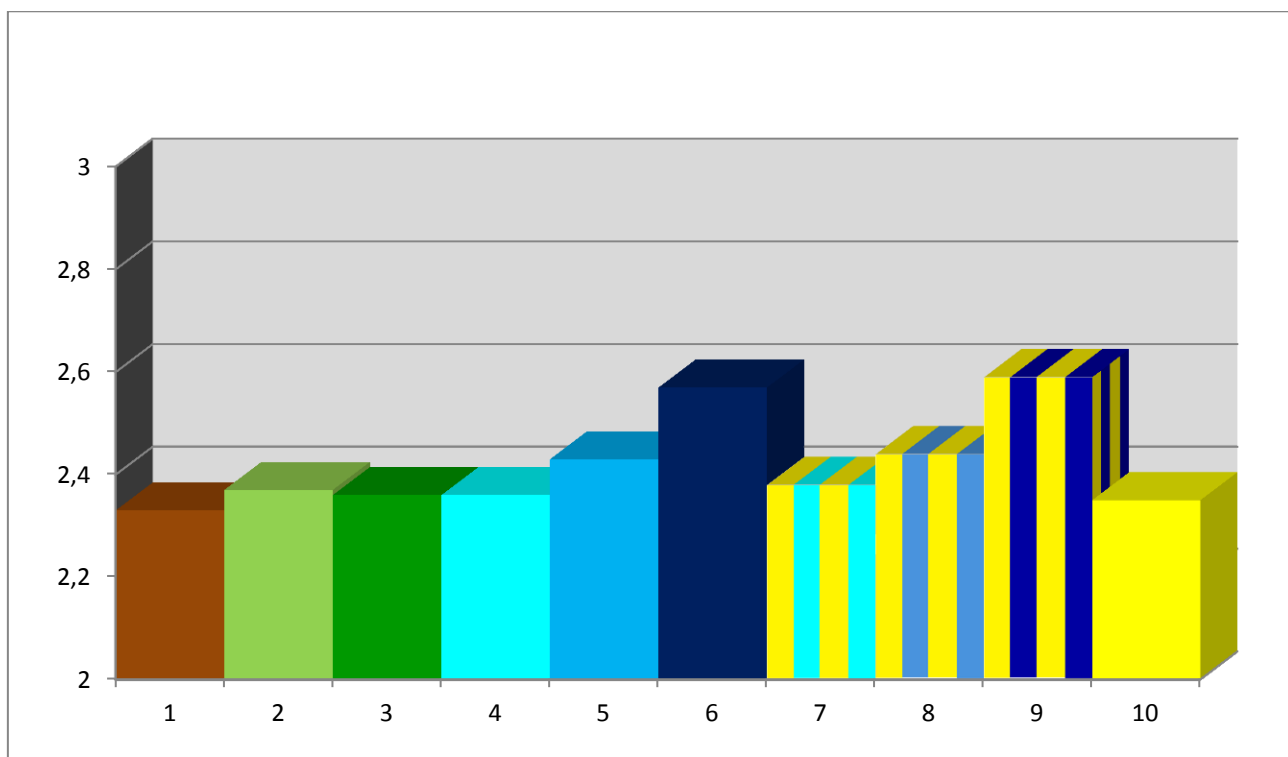
Стоит обратить внимание на то, что разница между 7, 8 и 9-м вариантами обусловлена дозой внесения фосфогипса. Следовательно, при совместном внесении фосфогипса и удобрений доза мелиоранта имеет решающее значение в содержании этого элемента питания.

3.2. Содержание микроэлементов

Определенный интерес в наших исследованиях представляет содержание микроэлементов в черноземе южном. Фосфогипс является относительно богатым по химическому составу отходом азотно-туковой промышленности. Его получают при производстве фосфорных удобрений. Основным сырьем при этом является апатит, который орошается серной кислотой для извлечения ортофосфорной кислоты. При этом гипс, как побочный продукт, идет в отвал. Сам апатит является довольно богатой горной породой по содержанию микроэлементов. В процессе своей промышленной седиментации фосфогипс унаследует от апатита весь спектр его химического состава.

Нами были произведены исследования по содержанию микроэлементов в почве в фазу цветения озимой пшеницы как в 2016, так и в 2017 гг. Анализ лабораторных исследований указал на отсутствие различий по двум годам наблюдений. Поэтому мы приводим материал в среднем за 2016–2017 гг.

Как показали исследования, содержание бора в среднем за 2016–2017 гг. на всех вариантах опыта классифицируется как высокое (рис. 17). На контрольном варианте исследуемый показатель составляет 2,33 мг/кг. На большинстве вариантов содержание этого элемента питания не претерпевает существенных изменений и находится в пределах ошибки опыта. Исключение составляют только те варианты, где применялся фосфогипс в дозах 6 и 12 т/га как отдельно, так и совместно с удобрениями. Разница с контролем в пределах 0,11–0,26 мг/кг. Вероятно, это происходит за счет его относительно высокого содержания в мелиоранте (0,1%). Причем весь он находится в доступной, растворимой форме.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 17. Содержание подвижного бора в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,15)

В содержании подвижного марганца изменения аналогичны с изменениями подвижного бора (рис. 18). На контроле его количество составляло 9,84 мг/кг. На вариантах с применением сульфоаммофоса в различных дозах, аммофоса с аммиачной селитрой, а также фосфогипса в дозе 3 т/га не выявлено достоверных различий в исследуемом показателе с контролем.

В результате применения фосфогипса в дозах 3 т/га и 6 т/га исследуемый показатель достоверно возрос до 10,7 и 12,5 мг/кг соответственно. Это также соответственно выше контроля на 0,86 и 2,66 мг/кг.

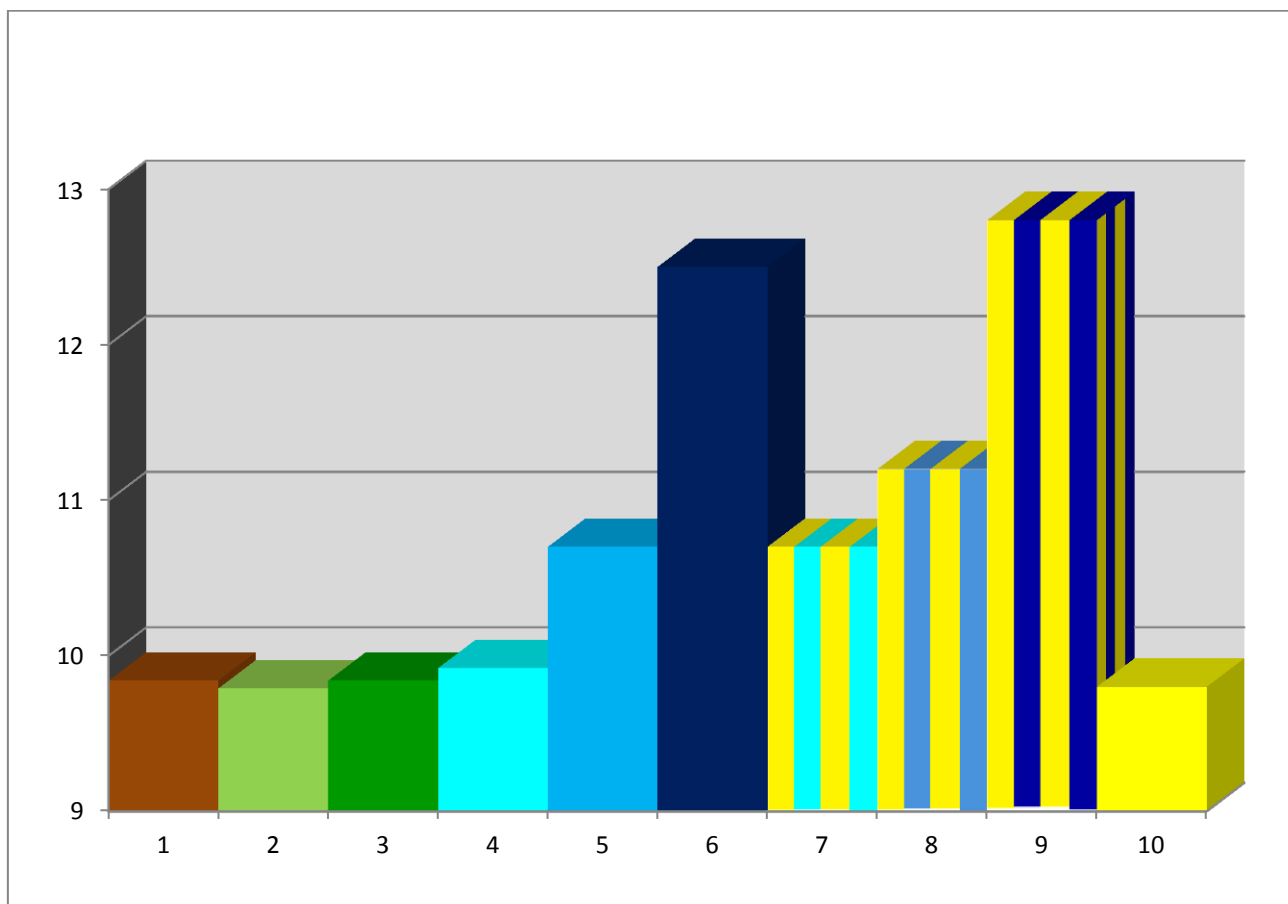
При внесении фосфогипса в дозе 3 т/га совместно с удобрениями содержание подвижного марганца было на уровне варианта с применением фосфогипса в дозе 6 т/га. Внесение мелиоранта в дозе 6 т/га вместе с удобрениями позволило увеличить данный показатель на 1,36 мг/кг по сравнению с контролем.

Наиболее высокое значение в содержании подвижного марганца обнаружено при внесении фосфогипса в дозе 12 т/га совместно с аммофосом (70 кг/га) и аммиачной селитрой (100 кг/га) и составляло 12,8 мг/кг. Это выше контрольного на 2,96 мг/кг. Необходимо обратить внимание и на то, что это выше варианта с отдельным применением мелиоранта в этой же дозе всего на 0,3 мг/кг. Согласно математическим расчетам эта разница недостоверна.

У других вариантов отдельного и совместного применения фосфогипса и удобрений наблюдается аналогичная картина. Разница либо незначительная, как между 4-м и 7-м вариантами, либо недостоверна, как между 5-м и 8-м вариантами.

Следовательно, увеличение в содержании подвижного марганца определяется дозой внесения мелиоранта и не зависит от внесения удобрений. Это легко объяснить, учитывая количество этого элемента в мелиоранте. Как показали лабораторные исследования, валовое содержание марганца в фосфогипсе составляет 1%. Это немалое количество, учитывая дозу внесения мелиоранта. С внесением 12 т/га фосфогипса поступает 120 кг/га данного элемента питания.

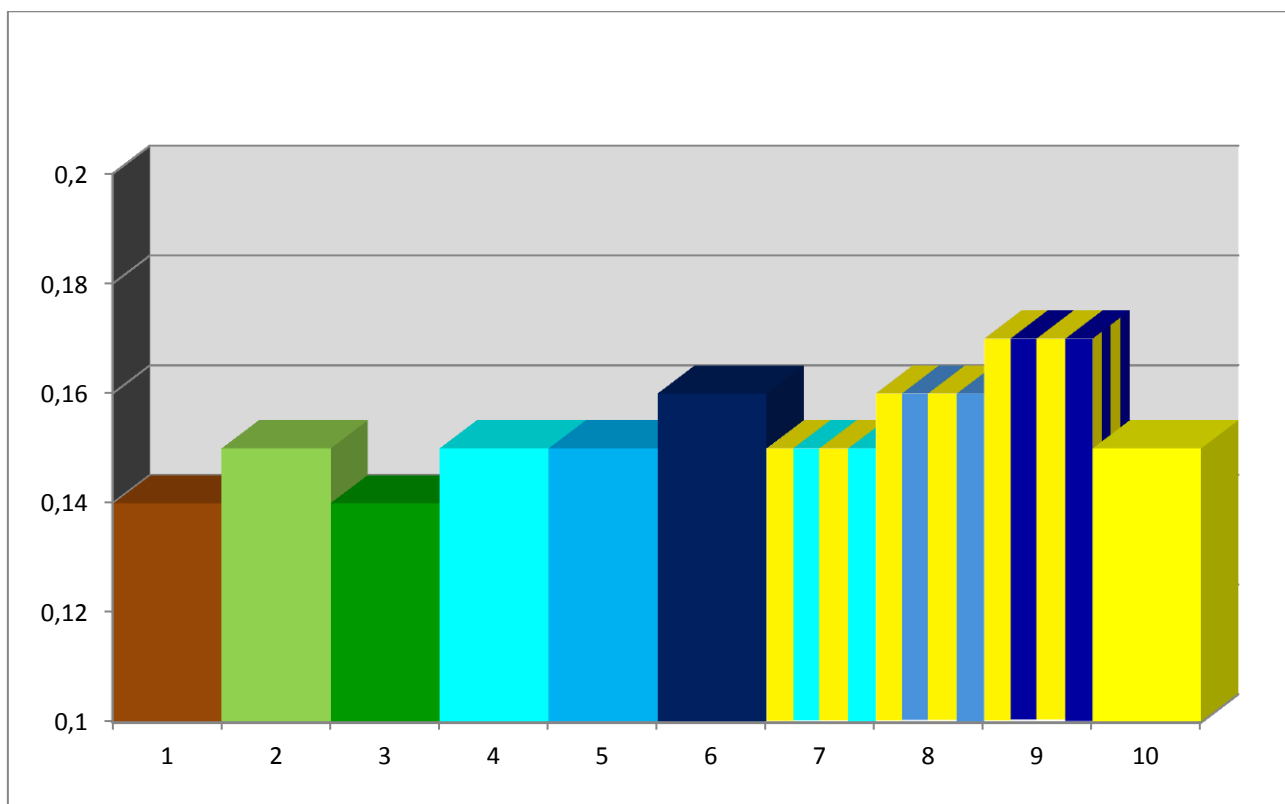
Таким образом, мелиорирующая роль фосфогипса состоит в том, что он является не только серосодержащим веществом, но и веществом, содержащим микроэлементы. Об этом было упомянуто в главе 2. Этот мелиорант содержит целую гамму различных элементов питания, в том числе и микроэлементов. Причем они находятся в растворимой форме. Появление их в почвенном растворе неизбежно влечет за собой и их увеличение в почвенно-поглощающем комплексе чернозема южного.



- | | |
|--|--|
| 1.Контроль | 6.Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7.Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8.Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4.Фосфогипс – 3т/га | 9.Фосфогипс – 12т/га+N ₄₂ P ₃₆ |
| 5.Фосфогипс – 6т/га | 10.N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 18. Содержание подвижного марганца в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,7)

Аналогичные изменения были и в содержании подвижной меди в результате применения фосфогипса и удобрений. На контроле изучаемый показатель составил 0,14 мг/кг. Это соответствует низкой обеспеченности почв по этому микроэлементу (рис. 19). При применении мелиоранта и удобрений установлены определенные отличия от контрольного варианта.



- | | |
|--|--|
| 1.Контроль | 6.Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7.Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8.Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4.Фосфогипс – 3т/га | 9.Фосфогипс – 12т/га+N ₄₂ P ₃₆ |
| 5.Фосфогипс – 6т/га | 10.N ₄₂ P ₃₆ |

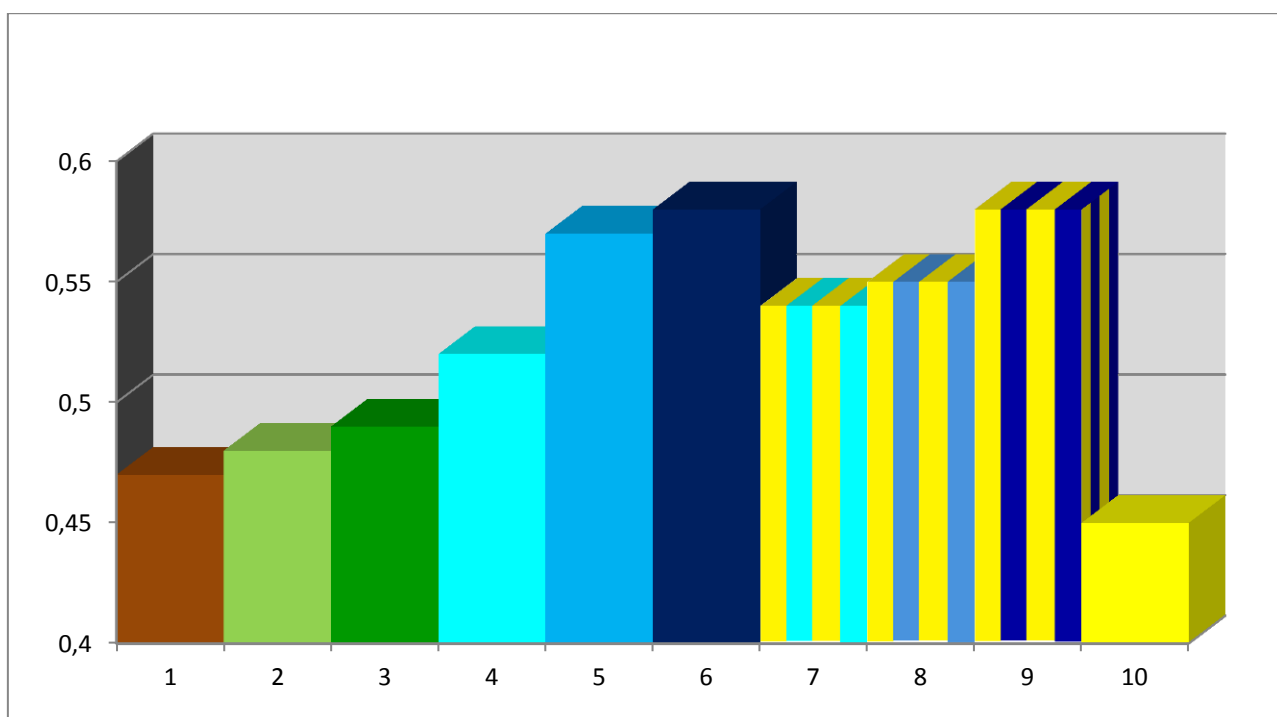
Рис. 19. Содержание подвижной меди в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,01)

На вариантах с применением сульфоаммофоса в различных дозах, аммофоса с аммиачной селитрой, фосфогипса в дозе 3 и 6 т/га, а также фосфогипса 3 т/га совместно с удобрениями не выявлено достоверных различий в исследуемом показателе с контролем.

Наблюдалось математически достоверное увеличение содержания подвижной меди на вариантах с отдельным применением фосфогипса в дозе 12 т/га и совместного внесения с удобрениями в дозах 6 и 12 т/га.

Таким образом, значимого влияния на содержание подвижной меди применение фосфогипса и удобрений не оказывает. Это объясняется низким содержанием микроэлемента в самом мелиоранте.

При изучении содержания подвижного цинка выявили, что обеспеченность почвы этим микроэлементом низкая. Тем не менее наблюдаются различия в его содержании по вариантам опыта (рис. 20). На контроле его количество равно 0,47 мг/кг. Применение сульфогипса в обеих дозах и аммофоса с аммиачной селитрой не оказало влияния на исследуемый показатель. Разница с контролем была на уровне ошибки опыта.



- | | |
|--|--|
| 1.Контроль | 6.Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7.Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8.Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4.Фосфогипс – 3т/га | 9.Фосфогипс – 12т/га+N ₄₂ P ₃₆ |
| 5.Фосфогипс – 6т/га | 10.N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 20. Содержание подвижного цинка в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг ($HCp_{05} = 0,02$)

Применение фосфогипса в дозах 3, 6 и 12 т/га привело к увеличению содержания подвижного цинка на 0,05; 0,10 и 0,11 мг/кг соответственно. В результате применения мелиоранта в дозе 3 т/га совместно с аммофосом и

аммиачной селитрой исследуемый показатель возрос до 0,54 мг/кг, что выше контрольного на 0,07 мг/кг.

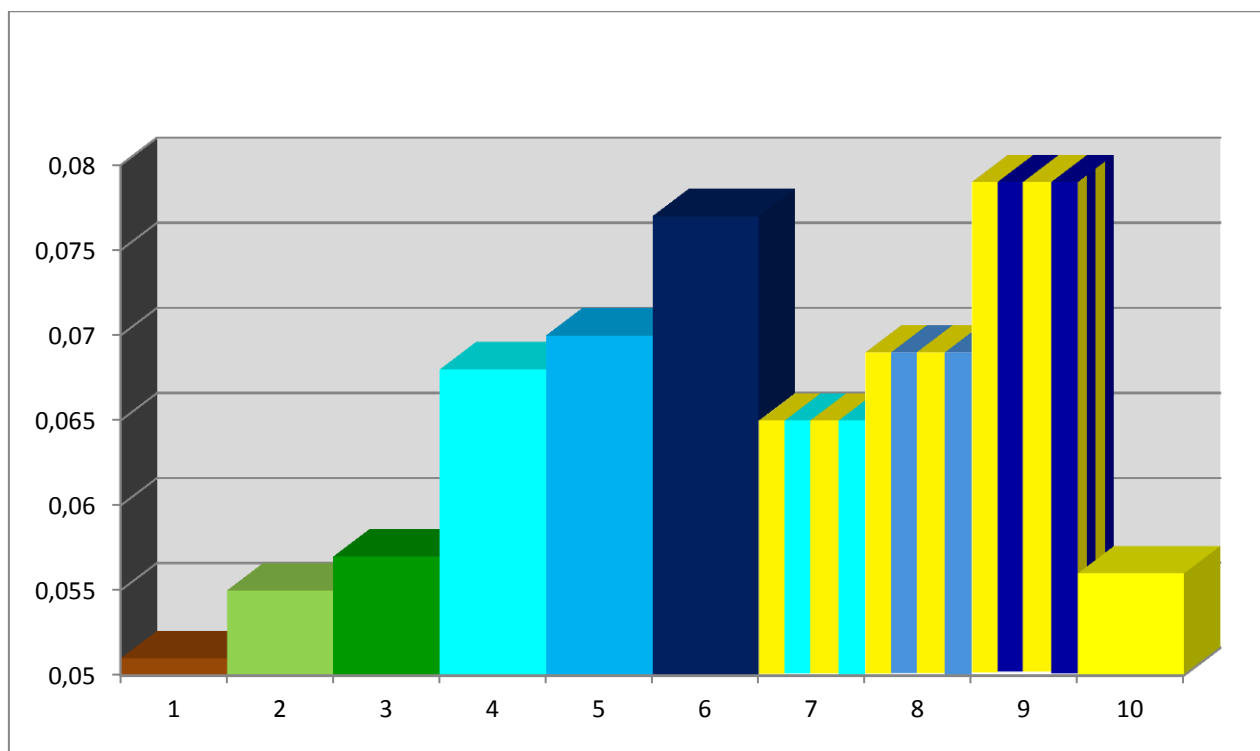
Внесение фосфогипса в дозе 6 и 12 т/га совместно с удобрениями привело к увеличению искомого значения до показателей, соответствующих вариантам с отдельным внесением фосфогипса. Таким образом, при совместном применении мелиоранта с аммофосом и аммиачной селитрой эффект был аналогичным отдельному внесению.

Следовательно, увеличение содержания этого микроэлемента контролирует фосфогипс, где его количество составляет более 0,05%.

При исследовании содержания подвижного кобальта выявили, что наименьшим оно было на контроле и составляло 0,051 мг/кг (рис. 21). Применение сульфаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га, а также аммофоса с аммиачной селитрой незначительно и недостоверно увеличивало исследуемый показатель.

Внесение фосфогипса оказало более существенное влияние на изучаемый показатель. При его применении в дозе 3 т/га содержание кобальта возросло до 0,068 мг/кг, что на 0,017 мг/кг выше контрольного. При внесении 6 и 12 т/га мелиоранта увеличение составило 0,019 и 0,26 мг/кг соответственно. Наиболее высокие показатели отмечены при внесении 12 т/га фосфогипса. Повышение данного показателя составило 0,028 мг/кг. Кажется бы, мы оперируем низкими значениями, но если прибавку к контролю выразить в процентах, то она составляет 37,2 и 50,9% соответственно 6 и 12 т/га внесенного фосфогипса. А это возрастание существенно.

Содержание кобальта в породе составляет всего 0,03%. Тем не менее этого достаточно для повышения исследуемой величины, измеряемой чрезвычайно малыми концентрациями.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

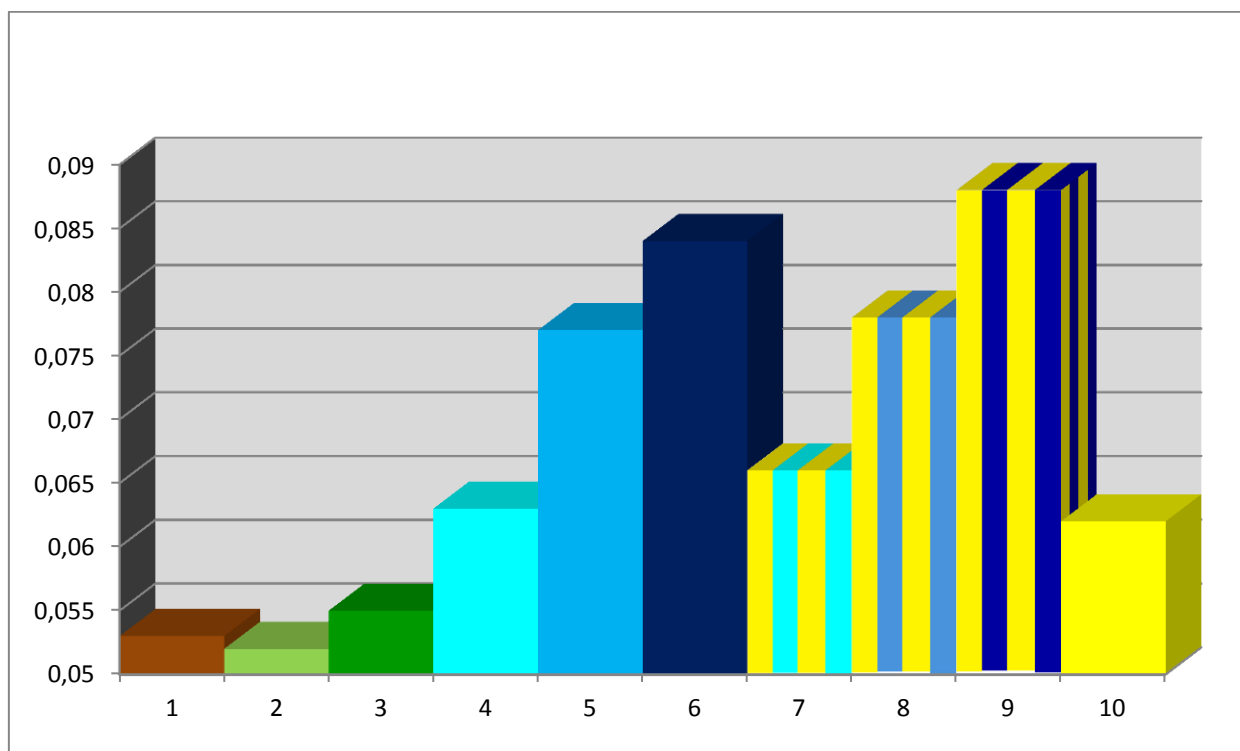
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 21. Содержание подвижного кобальта в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,002)

При совместном внесении фосфогипса и удобрений наблюдается та же закономерность. Увеличение содержания подвижного кобальта при внесении 3, 6 и 12 т/га фосфогипса совместно с удобрениями составило 0,014; 0,018 и 0,028 мг/кг. Разница с контролем более значительная, но с вариантами раздельного внесения фосфогипса довольно несущественная. Следовательно, и в данном случае увеличение содержания подвижного кобальта обусловлено внесением фосфогипса и мало зависит от внесения удобрений.

При изучении содержания подвижного молибдена выявили закономерность аналогичную подвижному кобальту и особенно цинку (рис. 22). На контроле содержание этого элемента питания составляет

0,053 мг/кг. Внесение сульфоаммофоса не повлияло на исследуемую величину, о чем свидетельствуют результаты математической обработки. Применение фосфогипса в дозах 3, 6 и 12 т/га увеличило количество молибдена до 0,064; 0,077 и 0,084 мг/кг или на 0,010; 0,024 и 0,031 мг/кг соответственно.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 22. Содержание подвижного молибдена в почве в зависимости от применения удобрений и фосфогипса в фазу цветения озимой пшеницы в среднем за 2016–2017гг, мг/кг (НСР₀₅ = 0,02)

Если данное увеличение выразить в процентах, то оно составит 18,8; 45,2 и 58,5% соответственно. Такое значительное возрастание показателя более чем в 1,5 раза обусловлено относительно высоким содержанием микроэлемента в фосфогипсе (0,05%). Применение фосфогипса совместно с удобрениями оказало аналогичное действие. Произошло незначительное

увеличение содержания подвижного молибдена всего на 0,002–0,004 мг/кг по сравнению с вариантами отдельного внесения фосфогипса. Следовательно, удобрения не оказывают влияния на исследуемую величину.

Таким образом, по вариантам опыта выявлено достоверное и иногда довольно существенное увеличение в содержании микроэлементов в черноземе южном. Это происходит в основном за счет внесения фосфогипса. Внесение удобрений не оказывает значительного или какого-либо влияния на исследуемые показатели. Возрастание количества микроэлементов, безусловно, положительным образом скажется на величине получаемого урожая и на биохимических процессах в почве и растении.

4. СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В РАСТЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА И УДОБРЕНИЙ

Содержание азота в растениях может свидетельствовать о количестве и качестве урожая. Этот элемент питания необходим для формирования белковых веществ, ферментов, нуклеиновых кислот и т. д. Внесение удобрений и мелиорантов, как правило, влияет на содержание азота в почве, как это было приведено в разделе 3.1. Если изучаемый показатель претерпевает изменения в почве, следовательно, можно ожидать и изменение в его содержании и в самом растении.

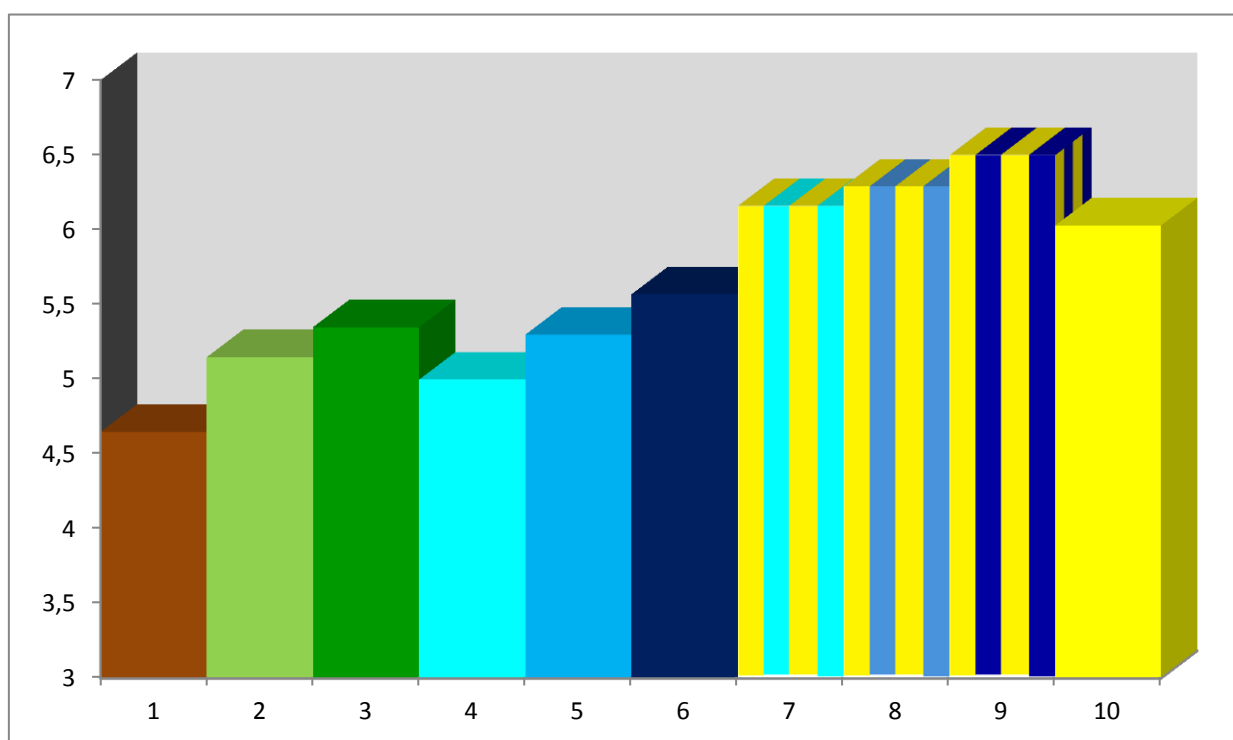
Наиболее информативны в этом смысле фазы выхода в трубку и цветения озимой пшеницы. Именно при выходе в трубку, как и в фазу весеннего кущения, наблюдается критический период в поглощении азота.

Содержание фосфора в растениях сельскохозяйственных культур также определяется соответствующими его показателями в почве. По содержанию этого элемента питания и по его соотношению с содержанием азота в фазу цветения можно рассчитать предполагаемое качество получаемого урожая. Количество азота и фосфора и их соотношение в предыдущие фазы развития культуры свидетельствуют в большей степени о количестве урожая.

Отбор растительных образцов для анализа осуществляли в фазы выхода в трубку и цветения озимой пшеницы. На наш взгляд, в эти сроки мы имеем наиболее исчерпывающую информацию о влиянии исследуемого нами фактора на содержание элементов питания, количество и качество получаемого урожая.

Полевые и лабораторные исследования показали, что содержание азота в растениях озимой пшеницы в фазу выхода ее в трубку различалось по вариантам опыта (рис. 23). Более низкие показатели отмечены на контроле и составили 4,65 мг/кг. При внесении сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га наблюдалось увеличение исследуемого показателя на 0,5 и 0,7 мг/кг

соответственно. Такое увеличение можно считать достоверным, так как значения НСР составляют 0,35 мг/кг.



- | | |
|--|--|
| 1.Контроль | 6.Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7.Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8.Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4.Фосфогипс – 3т/га | 9.Фосфогипс – 12т/га+N ₄₂ P ₃₆ |
| 5.Фосфогипс – 6т/га | 10.N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 23. Содержание азота в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу выхода в трубку в среднем за 2016–2017 гг., % (НСР₀₅= 0,28)

При внесении фосфогипса в дозах 3 и 6 т/га увеличение исследуемого показателя по сравнению с контролем было менее значительным и составило 0,35 и 0,65 мг/кг соответственно. Достоверных различий между вариантами не наблюдается. Следовательно, отсутствие азота во вносимом мелиоранте определяет его содержание как в почве, так и в растении.

При внесении фосфогипса в дозе 12 т/га увеличение содержания азота было более существенным. Разница с контролем составила 0,88 мг/кг. Такую

разницу можно объяснить мелиоративным эффектом и активизацией микробиологической активности.

Наиболее существенное повышение содержания азота в листьях озимой пшеницы произошло при совместном внесении фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой. Максимальных значений исследуемый показатель достиг на 9-м варианте при внесении фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га, аммиачной селитры — 100 кг/га и составил 6,5 мг/кг, что на 1,85 мг/кг выше контрольного. Это довольно существенное увеличение, и обосновано оно, по всей вероятности, совместным действием мелиоративного эффекта фосфогипса и внесением азота вместе с удобрениями.

Внесение только аммофоса при посеве и аммиачной селитры в подкормку обеспечивает увеличение содержания азота в листьях озимой пшеницы до 6,16 мг/кг. Это меньше, чем от совместного применения мелиоранта и удобрений, но выше, чем от отдельного применения фосфогипса и сульфаммофоса.

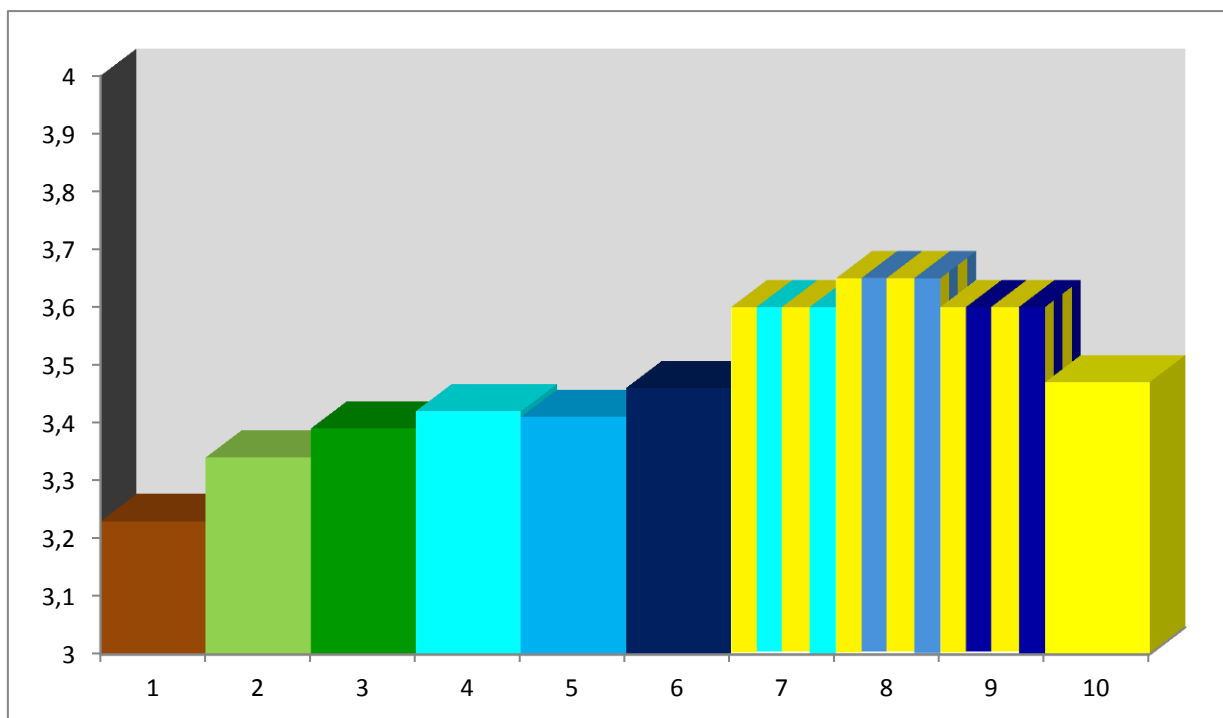
В фазу цветения картина резко меняется (рис. 24). Происходит общее снижение содержания азота в листовом аппарате пшеницы и исчезает разница между вариантами опыта. Так, на контроле изучаемый показатель составил 3,23 мг/кг.

При отдельном внесении удобрений и фосфогипса в различных дозах наблюдалось увеличение исследуемой величины, но довольно незначительное. При НСР, равном 0,26 мг/кг, разницу с контролем можно считать недостоверной. И только при совместном внесении удобрений и мелиоранта увеличение содержания азота в растениях озимой пшеницы достоверно, хотя и не очень существенно.

При определении содержания фосфора в растениях озимой пшеницы выявили, что изменение исследуемой величины тесно связано с изменениями количества азота (рис. 25).

В фазу выхода в трубку содержание фосфора на контроле составляло 0,47 мг/кг. При внесении сульфаммофоса в различных дозах произошло

незначительное, но достоверное увеличение исследуемого показателя (на 0,05 и 0,07 мг/кг).



1.Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4.Фосфогипс – 3т/га

5.Фосфогипс – 6т/га

6.Фосфогипс – 12т/га

7.Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8.Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9.Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

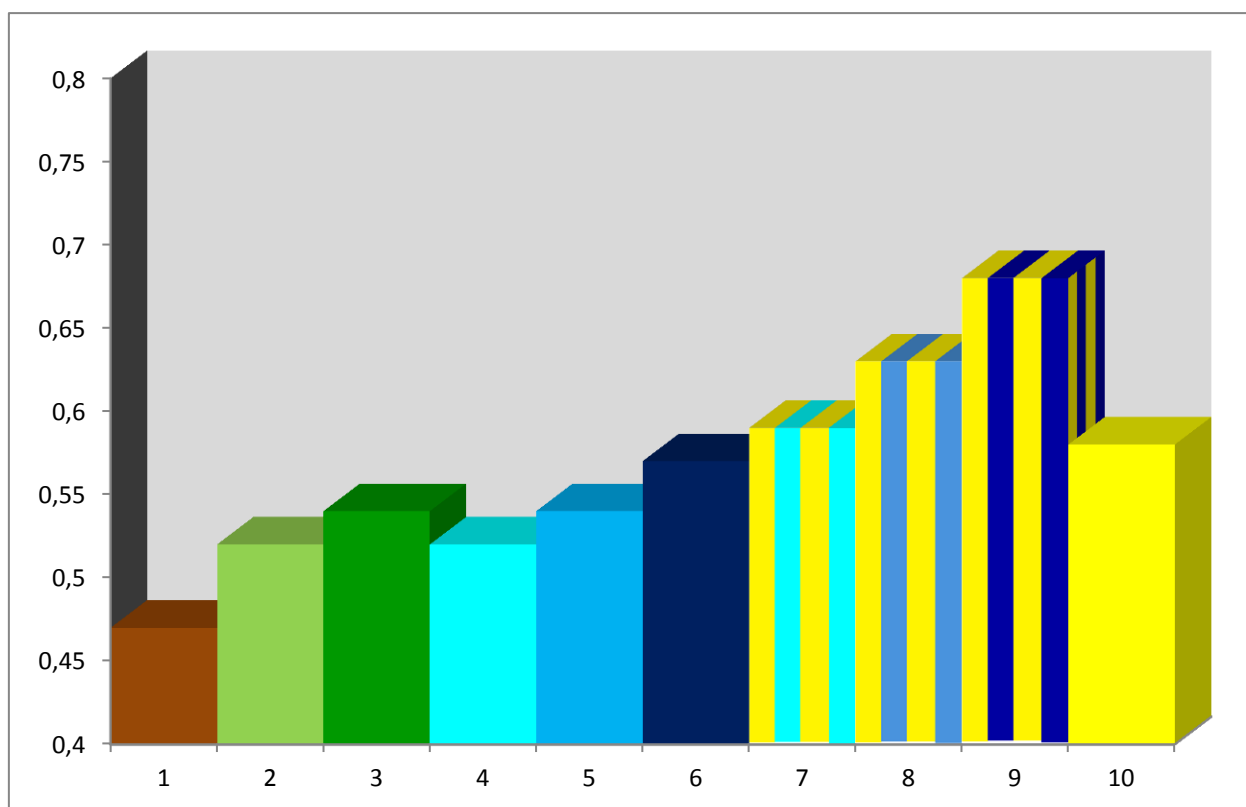
10.N₄₂ P₃₆

Рис. 24. Содержание азота в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., % (НСР₀₅ = 0,26)

Аналогичное влияние оказало и внесение фосфогипса в дозах 3 и 6 т/га. При внесении 12 т/га возрастание изучаемого показателя более значительно (на 0,1 мг/кг). По всей видимости, это происходит за счет фосфора, содержащегося в мелиоранте. Это согласуется с содержанием подвижного фосфора в почве, как было указано в главе 3.

При совместном внесении мелиоранта и удобрений эффект более значительный. Наблюдается еще большее увеличение содержания фосфора в растениях озимой пшеницы. Самые высокие показатели обнаружены при внесении фосфогипса в дозе 12 т/га совместно с аммофосом в дозе 70 кг/га и

аммиачной селитрой в дозе 100 кг/га и составили 0,68 мг/кг, что на 0,21 мг/кг выше контроля.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

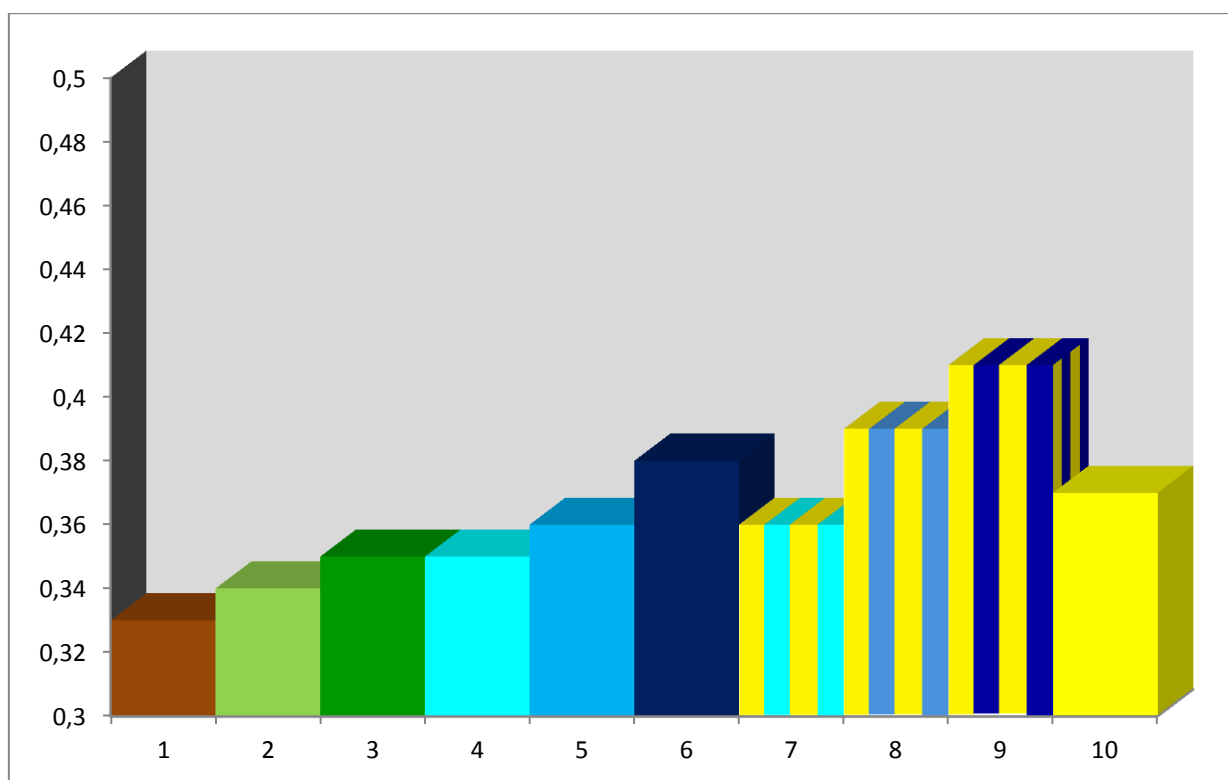
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 25. Содержание фосфора в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу выхода в трубку в среднем за 2016–2017 гг., % (НСР₀₅= 0,03)

Внесение аммофоса при посеве и аммиачной селитры в весеннюю подкормку также гарантирует повышение содержания фосфора в озимой пшенице на 0,11 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. Это согласуется и с данными почвенных исследований, которые отражены в предыдущей главе.

Таким образом на содержание фосфора в породе накладывается его содержание в удобрении и получаемый эффект увеличения количества фосфора более значительный.

В фазу цветения культуры происходит снижение количества фосфора в растениях и разницы между вариантами опыта (рис. 25). Содержание фосфора в растениях пшеницы контрольного варианта составляет 0,33 мг/кг. При внесении сульфоаммофоса и фосфогипса в дозе 3 т/га увеличение изучаемого показателя недостоверно. На наш взгляд, это связано с расходом фосфора из удобрений к этой фазе вегетации и низкой дозой мелиоранта.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 26. Содержание фосфора в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., % (НСР₀₅= 0,015)

Применение фосфогипса в дозе 6 и 12 т/га способствует достоверному, хотя и незначительному увеличению показателя на 0,03 и 0,05 мг/кг соответственно.

Совместное внесение фосфогипса и удобрений имеет наибольшее влияние на увеличение данного показателя. Наиболее высокие значения отмечены на 9-м варианте при внесении максимальной дозы фосфогипса и удобрений. Прибавка по отношению к контролю составила 0,08 мг/кг.

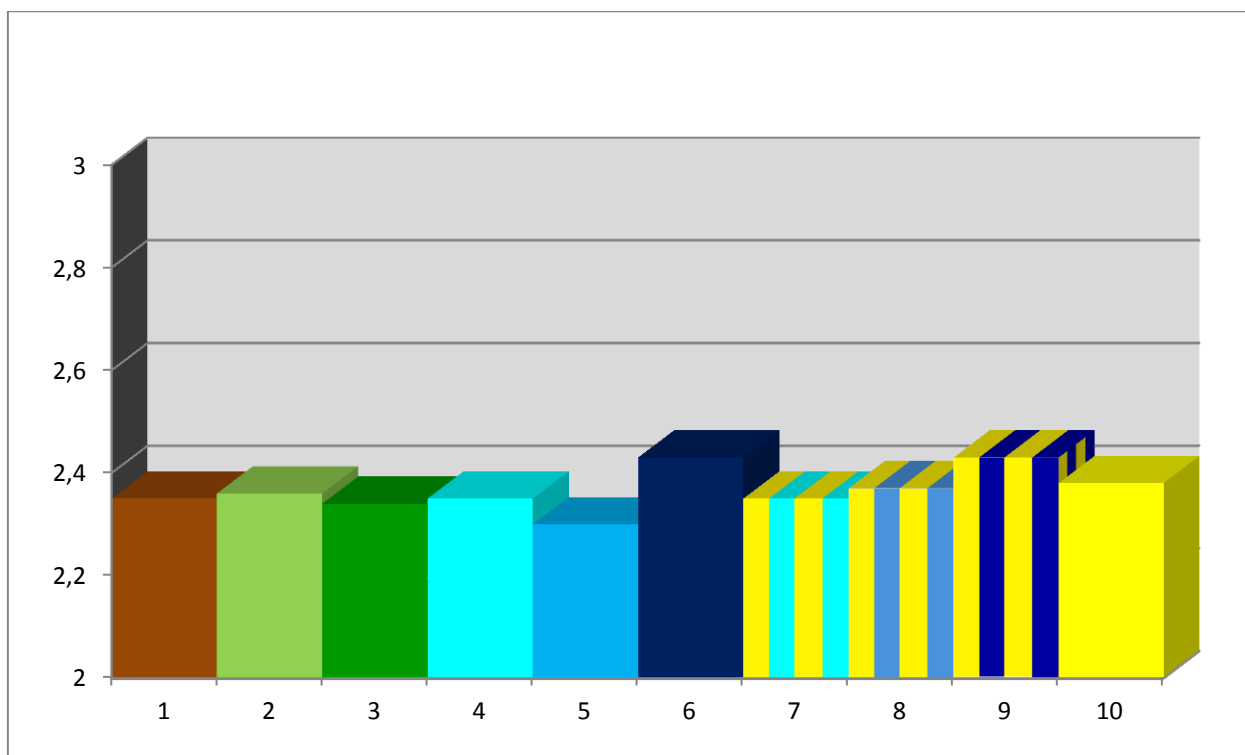
Таким образом, внесение фосфогипса отчасти решает задачу увеличения содержания азота и фосфора в растениях озимой пшеницы, и особенно в фазу выхода в трубку. Внесение мелиоранта с удобрениями имеет большее влияние на исследуемую величину. Можно ожидать увеличение сбора урожая культуры. Повышение качества получаемой продукции, на наш взгляд, может быть проблематичным, так как содержание азота в фазу цветения не имеет достаточно больших различий между вариантами опыта.

Нами было также определено содержание микроэлементов в озимой пшенице в фазу выхода в трубку как в 2016, так и в 2017 году. Необходимо отметить, что и в фазу цветения также было проведено соответствующее исследование. Но значительной разницы как по годам исследований, так и по фазам развития не обнаружено.

Определенный интерес представляло содержание бора. Он необходим растениям в течение всей жизни, так как участвует в транспорте углеводов, синтезе клеточных стенок. При его достаточном количестве в растениях увеличивается интенсивность фотосинтеза, улучшает углеводородный, нуклеиновый и белковый обмен, благотворно влияет на процессы деления клеток.

От недостатка бора больше всего страдают молодые части растения, в первую очередь точки роста. У молодых листьев наблюдается хлороз, мельчание, скручивание, раннее опадение. Кроме этого, может происходить меристематическая деформация тканей и побегов.

Как видно из приведенных данных, в содержании бора не было значительных различий между вариантами опыта (рис. 26). Разница в изучаемом показателе находится на уровне ошибки опыта. Это можно объяснить высокой обеспеченностью почв данным микроэлементом.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га + N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га + N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га + N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 27. Содержание бора в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,2)

Количество бора в растениях пшеницы можно считать оптимальным. Признаков голодания растений по этому элементу питания не было обнаружено.

Марганец необходим для нормального протекания фотосинтеза, способствуя увеличению количества хлорофилла в листьях, синтезу сахаров, участвует в окислительно-восстановительных реакциях, повышает устойчивость к неблагоприятным факторам. Кроме этого, он регулирует поступление других микроэлементов, оказывает влияние на перемещение фосфора от более старых частей растения к молодым.

При недостатке марганца в растениях возникает такое явление, которое называется хлороз. На листьях появляются мелкие желтые пятна, которые со

временем образуют отмершие зоны. Злаки могут поражаться серой пятнистостью.

Содержание марганца в фосфогипсе является высоким (более 1%). При внесении этого мелиоранта, как было отмечено ранее, почвы из разряда низкообеспеченных переходят в разряд среднеобеспеченных по этому элементу питания. Поэтому представляло интерес его количество в растениях.

В результате исследований установлено, что содержание марганца (рис. 28) на контроле меньше всего и составляет 42,4 мг/кг. Внесение сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га не привело к изменению в данном показателе, и различия в опыте находились на уровне ошибки.

Внесение фосфогипса в дозе 3 т/га также не привело к достоверному увеличению количества марганца в растениях озимой пшеницы. При внесении фосфогипса в дозе 6 т/га наблюдали достоверное повышение содержания марганца на 3,4 мг/кг, а при дозе 12 т/га — на 7,1 мг/кг.

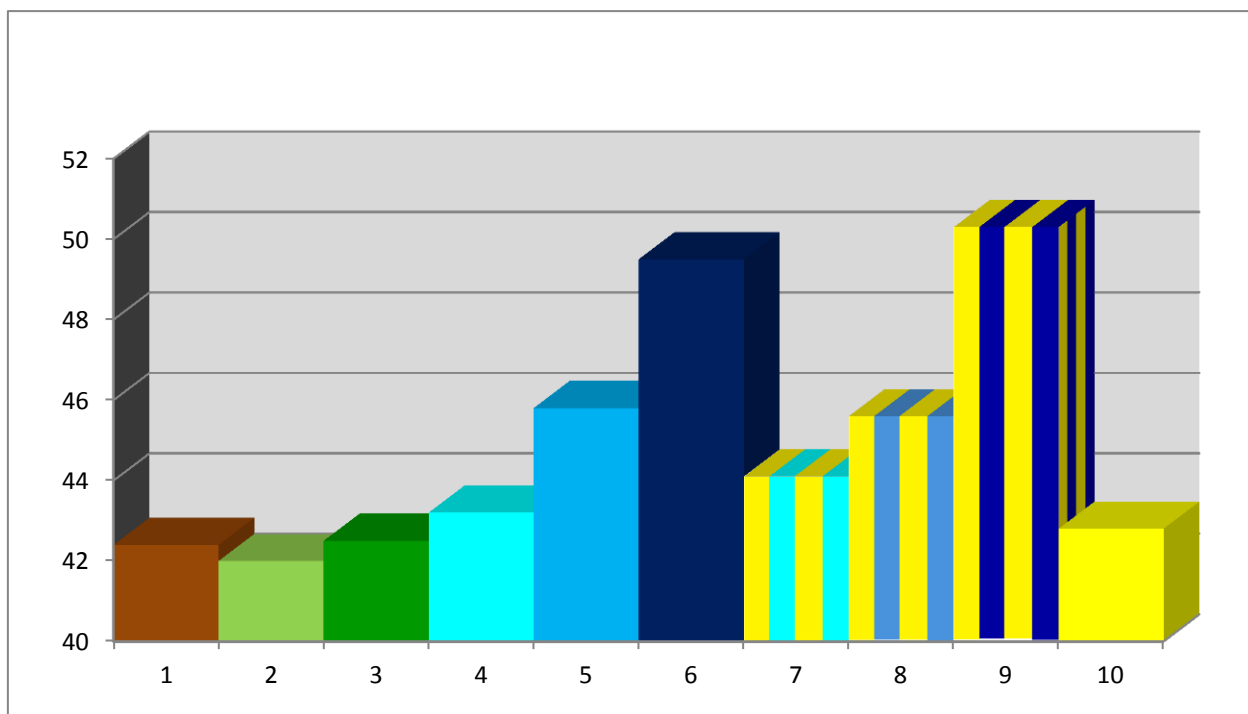
В результате внесения мелиоранта в минимальной дозе совместно с удобрениями также не выявлено существенного и достоверного увеличения исследуемого показателя. Эффект от внесения 6 и 12 т/га фосфогипса совместно с аммофосом и аммиачной селитрой был на уровне отдельного внесения мелиоранта.

Внесение аммофоса и аммиачной селитры также не повлияло на достоверное увеличение определяемой величины.

Следовательно, увеличение содержания подвижного марганца контролируется только внесением фосфогипса и не зависит от дозы и вида удобрений. Это согласуется с данными почвенных исследований и количества этого микроэлемента в мелиоранте (1%). Об этом было упомянуто в главе 2.

В целом при наличии различий между вариантами опыта уровень содержания марганца в растениях в этот период можно считать очень низким (менее 50 мг/кг), кроме варианта с применением фосфогипса совместно с

удобрениями. Тем не менее вышеупомянутых симптомов, недостатка этого элемента не обнаружено.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

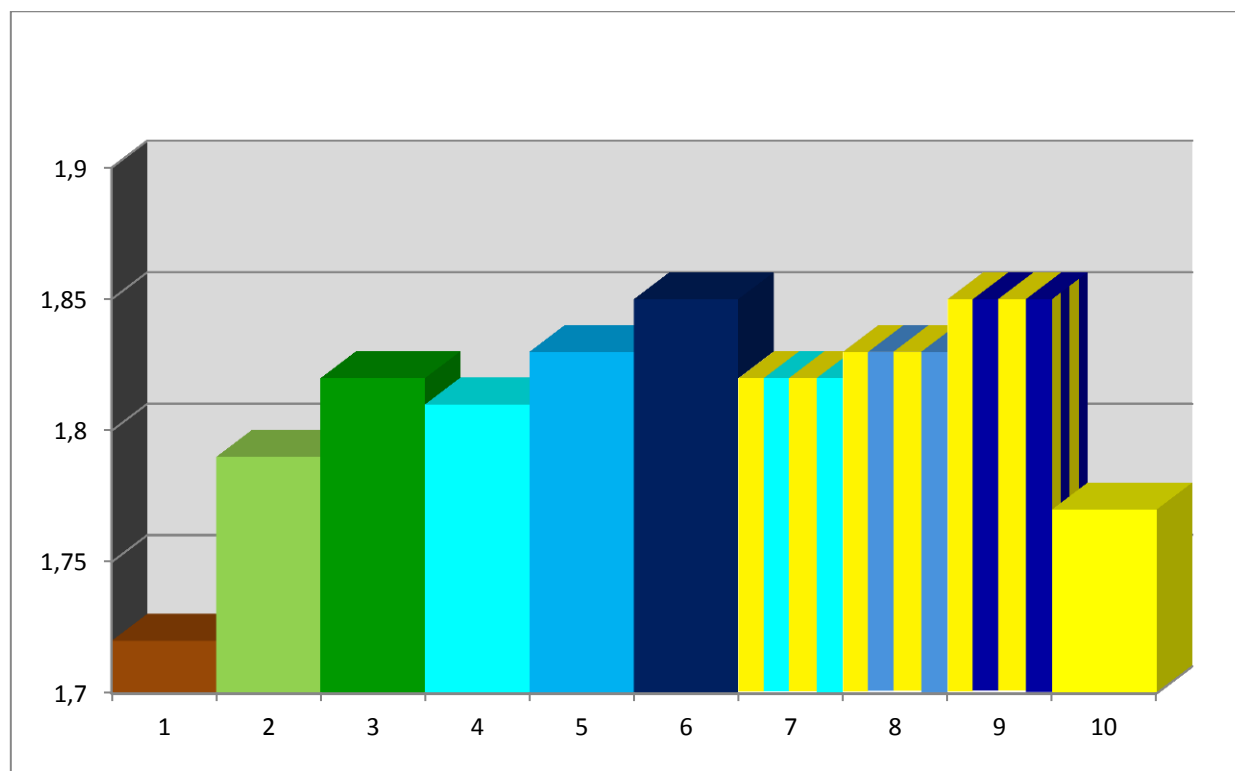
9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 28. Содержание марганца в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 2,3)

Медь является важным микроэлементом с точки зрения получения качественного урожая и вместе с марганцем увеличивает интенсивность фотосинтеза и образования хлорофилла, способствует активизации углеводного и азотного обмена. Достаточное количество этого элемента в питании растений приводит к увеличению содержания белка в зерне злаковых культур.

Исследования содержания меди указали на отсутствие достоверных различий между вариантами опыта (рис. 29).



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 29. Содержание меди в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,11)

Исключение составляет только вариант с внесением фосфогипса в дозе 12 т/га как отдельно, так и совместно с удобрениями. Следовательно, и в этом случае мелиорант оказывает положительное влияние, но только в максимальной дозе. Этот эффект гарантирует валовое содержание меди в фосфогипсе в количестве всего 0,01%. Но если эту величину перемножить на 12 тонн, то на 1 гектар приходится 120 кг марганца. А это существенная доза в пересчете на микроэлемент.

Как любой микроэлемент, медь регулирует некоторые метаболические процессы, а также отвечает за проявление фунгицидных свойств, то есть улучшает сопротивляемость растений грибковым и бактериальным заболеваниям. При недостатке меди происходит нарушение развития

корневой системы, в связи с чем замедляется рост всей культуры, а также деформация побегов, хлороз листьев, и листья заворачиваются вниз. Кроме этого, может наблюдаться бледная окраска и гибель точек роста.

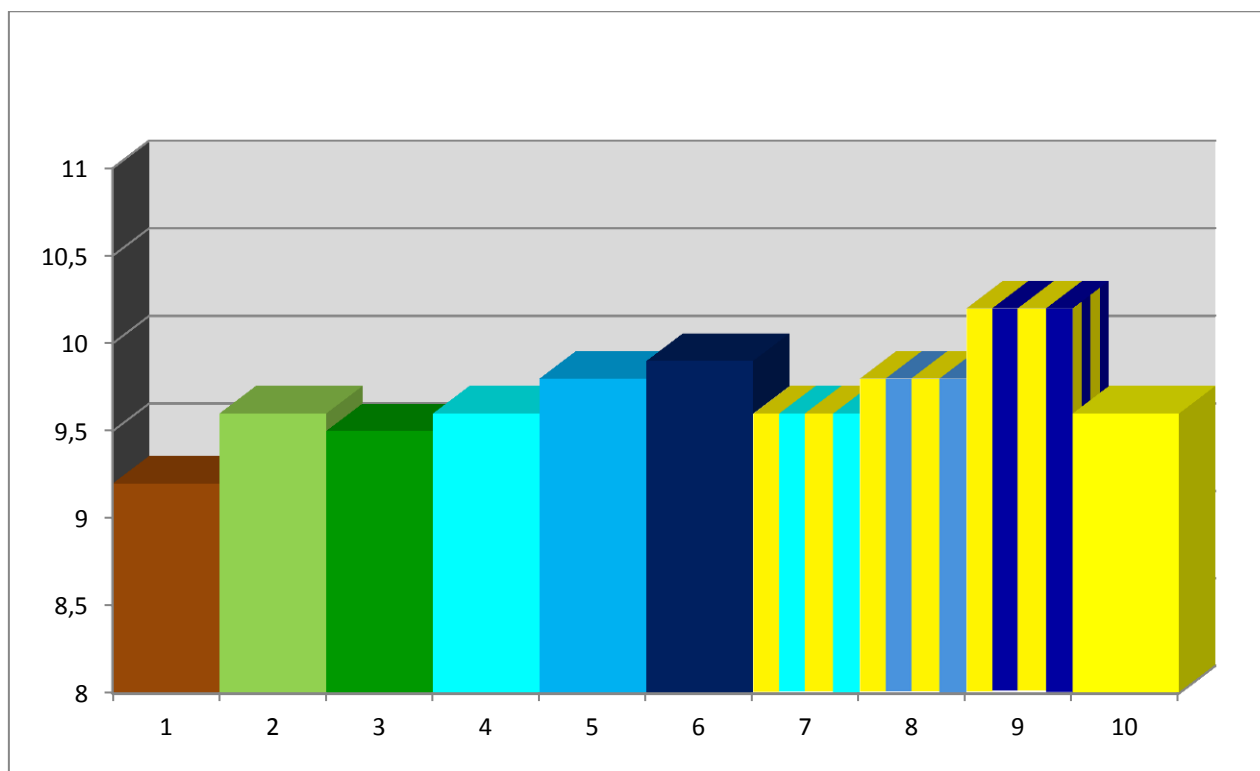
Уровень содержания меди в растениях можно считать низким (менее 2 мг/кг сухого вещества). Тем не менее признаков, свидетельствующих о недостатке этого элемента, мы не обнаружили.

Цинк в растениях участвует в образовании хлорофилла, влияет на репродуктивные процессы, метаболизм различных процессов и отвечает за устойчивость растений к патогенам.

При недостатке цинка окраска листьев растений становится желто-зеленой, затем они покрываются бурыми пятнами и отмирают. Молодые листья замедляются в росте, они формируются маленького размера, происходит их деформация, появляются мелкие коричневые пятна на верхних листьях и скручивание их.

Аналогичная картина с медью наблюдается и в содержании цинка (рис. 30). Разница состоит лишь в том, что достоверные различия наблюдаются не только на варианте с применением 12, но и 6 т/га фосфогипса. При содержании этого микроэлемента в мелиоранте в количестве 0,05% на поле его поступает 60 кг/га при внесении 12 т/га фосфогипса. А как известно, недостаток цинка приводит к нарушению метаболических процессов, укорачиванию междоузлий, хлорозу, некрозу, опадению старых листьев, снижению количества и качества получаемой продукции.

В целом уровень содержания цинка в растениях можно считать низким (менее 15 мг/кг сухого вещества), но явных симптомов его недостатка обнаружено не было.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 30. Содержание цинка в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,38)

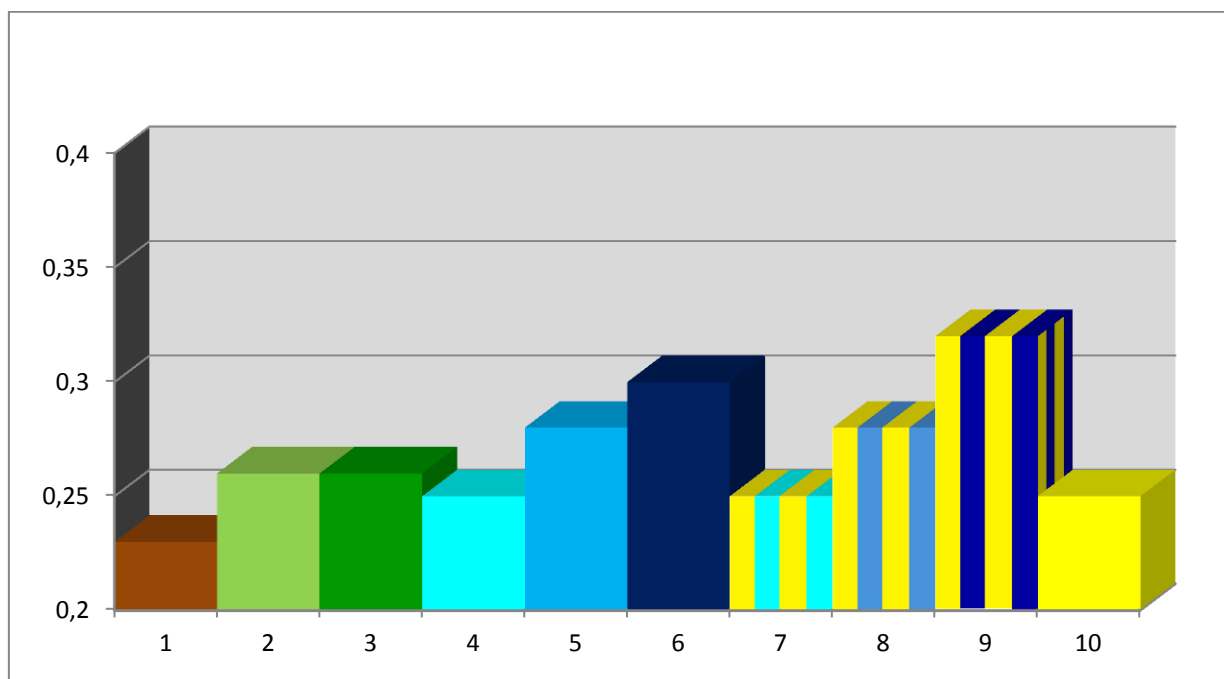
Кобальт является неотъемлемой основой процессов фиксации молекулярного азота. Он стимулирует рост растений, участвует в клеточной репродукции листьев. Кроме того, кобальт повышает общее содержание воды в растениях, чем способствует увеличению засухоустойчивости культур.

Внешние показатели недостатка кобальта в растениях схожи с признаками дефицита азота. Они проявляются в замедлении роста растений, пожелтении и хлорозе листьев, укороченном цикле развития культур.

Молибден входит в состав фермента нитрогеназа, которая производит фиксацию молекулярного азота и перевод его в азот белков. Это первая

ступень в цикле трансформации соединений азота. Наличие его очень важно не только для бобовых, но и для злаковых культур.

При недостатке молибдена наблюдается хлороз и замедленный рост листьев, отмирание верхушек побегов, окраска листьев приобретает бледно-зеленый или желтый цвет. В их тканях происходит накопление нитратов и нарушается азотный обмен.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

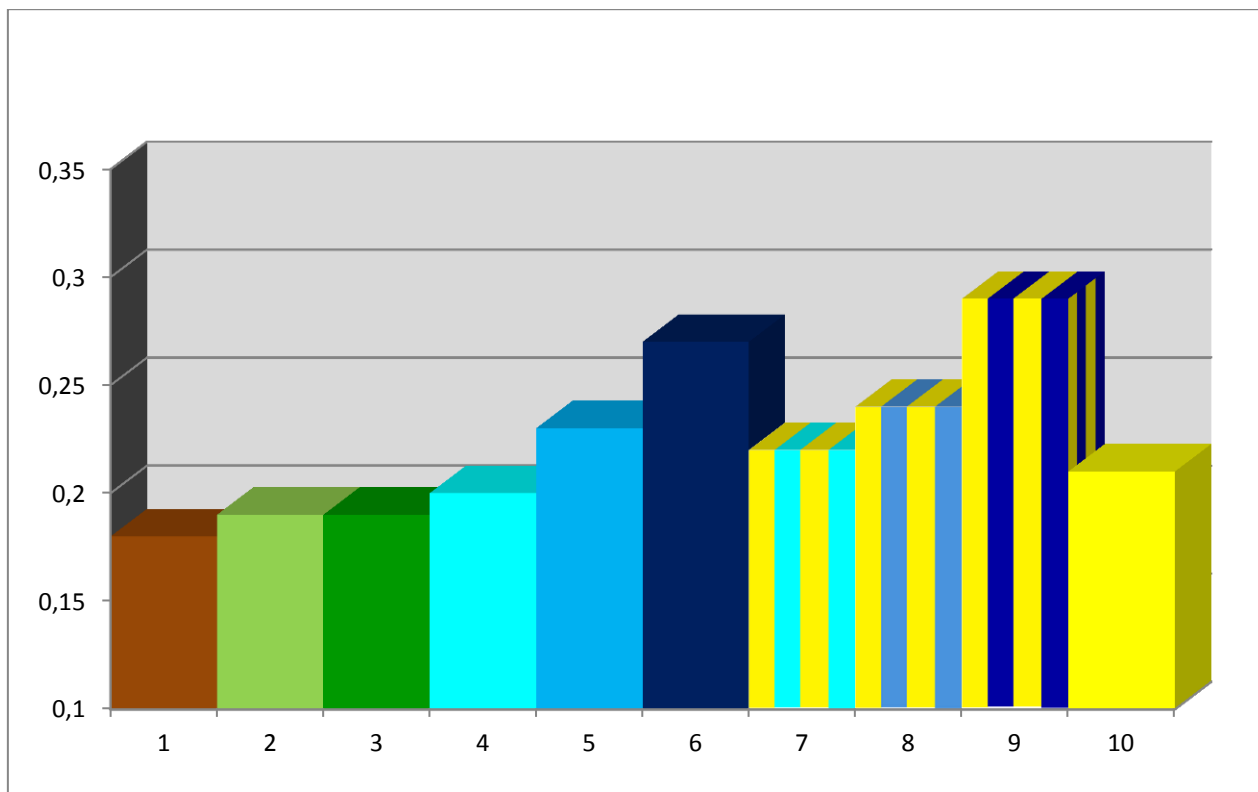
9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 31. Содержание кобальта в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,03)

Лабораторный анализ содержания кобальта и молибдена в растениях озимой пшеницы свидетельствует о тенденции, характерной для содержания цинка (рис. 31, 32). Только отдельное или совместное с удобрениями внесение фосфогипса в дозах 6 и 12 т/га приводит к достоверным изменениям в изучаемых показателях. Следовательно, и в повышении содержания кобальта и молибдена имеет значение применяемый мелиорант и

не имеют влияния вносимые удобрения. Эти микроэлементы отвечают в растениях за процессы создания белковой массы, а следовательно, как за количество, так и за качество получаемой продукции.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 32. Содержание молибдена в озимой пшенице по вариантам опыта в фазу цветения в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг (НСР₀₅ = 0,03)

Уровень содержания кобальта и молибдена в растениях в это период можно считать низким (менее 0,7 мг/кг сухого вещества). Но и в этом случае признаков голодания озимой пшеницы по этим микроэлементам не обнаружено. Следовательно, классификация степени обеспеченности почв и уровня содержания элементов питания в растениях нуждаются в корректировке.

5. ИЗМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА И УДОБРЕНИЙ

5.1. Количество аммонификаторов

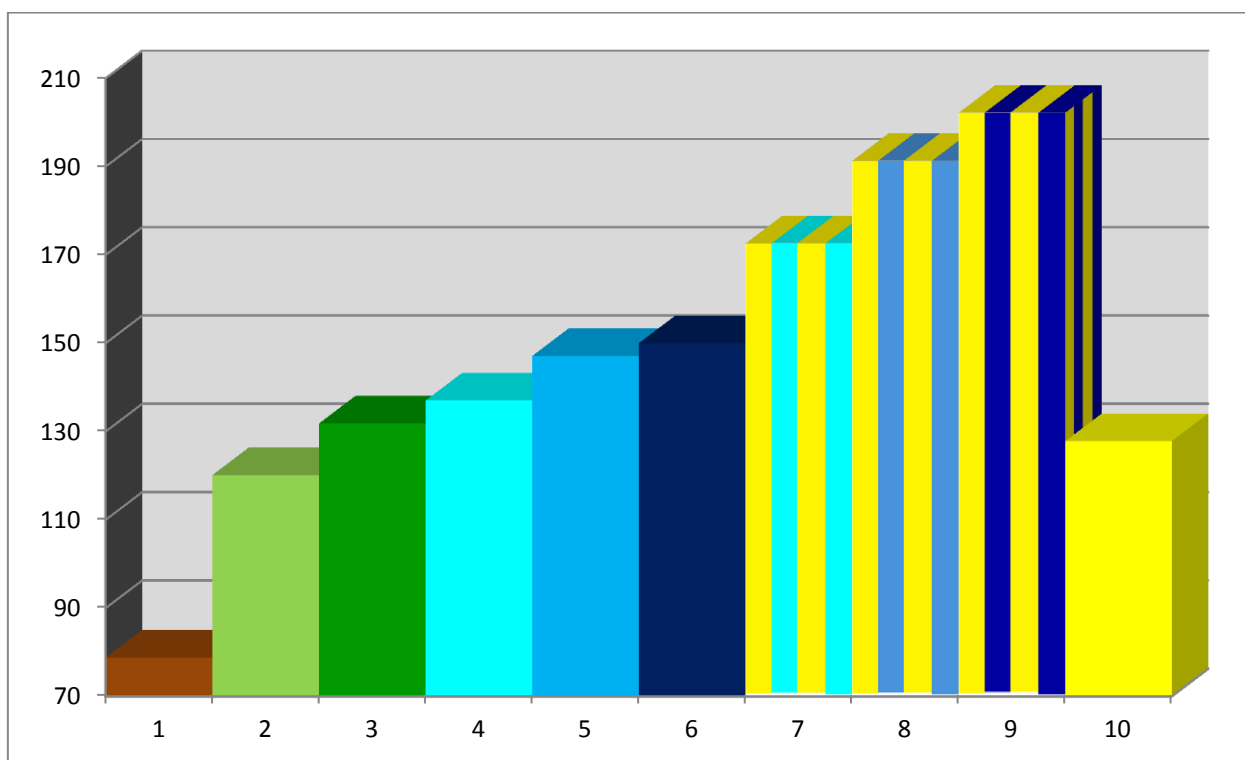
Почвообразование есть процесс взаимодействия живой и косной материй. Косная материя представлена минералами, а живая преимущественно микроорганизмами и корнями растений. Основная задача микрофлоры — перевод элементов питания из недоступной в доступную для растений форму. Перевод этот осуществляется главным образом за счет выделения микробами кислых продуктов в процессе своей жизнедеятельности.

По этой причине очень интересно знать влияние удобрений и фосфогипса на количество почвенных микроорганизмов. Любое изменение в состоянии живого вещества будет иметь влияние на изменение состава, свойств почв и их уровня плодородия.

В результате проведенных исследований выявлено, что внесение фосфогипса и удобрений оказало определенное влияние на количество микроорганизмов различных физиологических групп. Численность аммонификаторов была наименьшей на контроле и составляла 78,8 млн КОЕ/г (рис. 33). Применение сульфоаммофоса в дозе 150 и 250 кг/га увеличило исследуемый показатель на 41,3 и 53,0 млн КОЕ/г соответственно. Применение фосфогипса привело к аналогичному результату при незначительной разнице между различными дозами.

Наибольшее увеличение численности микроорганизмов, использующих органические формы азота, отмечено при совместном внесении фосфогипса с минеральными удобрениями. Количество аммонификаторов увеличивается на 93,4 млн КОЕ/г при внесении фосфогипса — 3 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га. Наиболее высокие значения исследуемого показателя были

достигнуты в результате применения фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га. Увеличение по сравнению с контролем составило 123,4 млн КОЕ/г (или в 2,5 раза).



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

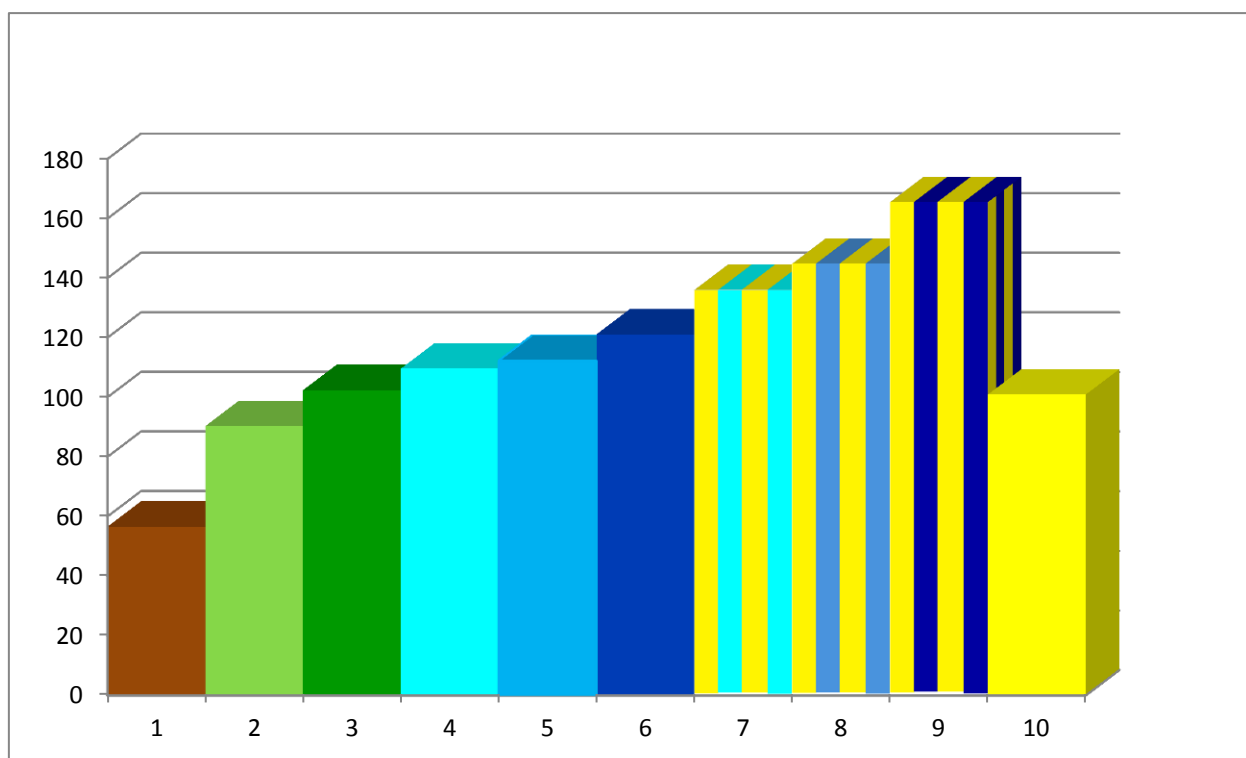
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 33. Количество аммонификаторов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2016 году, млн КОЕ/г (НСР₀₅ = 18,3)

Аналогичный результат, но с несколько меньшими значениями получен на варианте с применением фосфогипса — 6 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га. На варианте с применением аммофоса и аммиачной селитры эффект был на уровне применения сульфоаммофоса.

Анализ данных, полученных в 2017 году (рис. 34) свидетельствует о сохранении выявленных изменений между вариантами опыта в 2016 году.

Можно лишь отметить, что количество аммонификаторов было несколько ниже по сравнению с предыдущим годом.



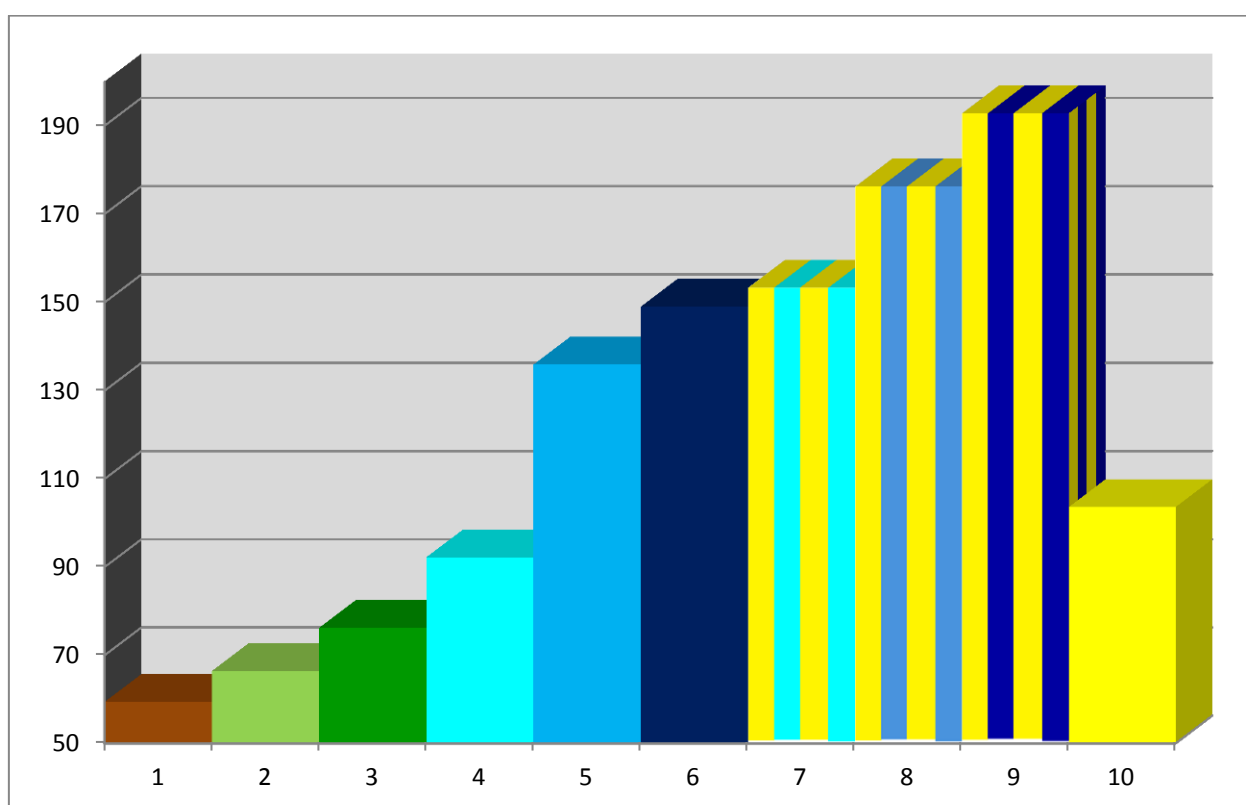
- | | |
|--|---|
| 1. Контроль | 6. Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7. Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8. Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4. Фосфогипс – 3т/га | 9. Фосфогипс – 12т/га+N ₄₂ P ₃₆ |
| 5. Фосфогипс – 6т/га | 10. N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 34. Количество аммонификаторов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2017 году, млн КОЕ/г (НСР₀₅ = 19,2)

Объяснить это можно, на наш взгляд, двумя причинами. Во-первых, условия увлажнения в 2016 году были более благоприятными. Во-вторых, предшественником озимой пшеницы в этом году был горох. Данная культура оставляет после себя большое количество белкового субстрата, являющегося пищей для изучаемой физиологической группы микроорганизмов.

5.2. Количество микроорганизмов, преобразующих минеральные соединения азота

Как известно, существует тесная метабиотическая взаимосвязь между аммонификаторами и нитрификаторами. Выделения первых служат пищей для вторых. По этой причине изменения в численности микроорганизмов, преобразующих минеральные формы азота по вариантам опыта, аналогичны изменениям численности микробиоты, преобразующей органические формы азота (рис. 35).



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

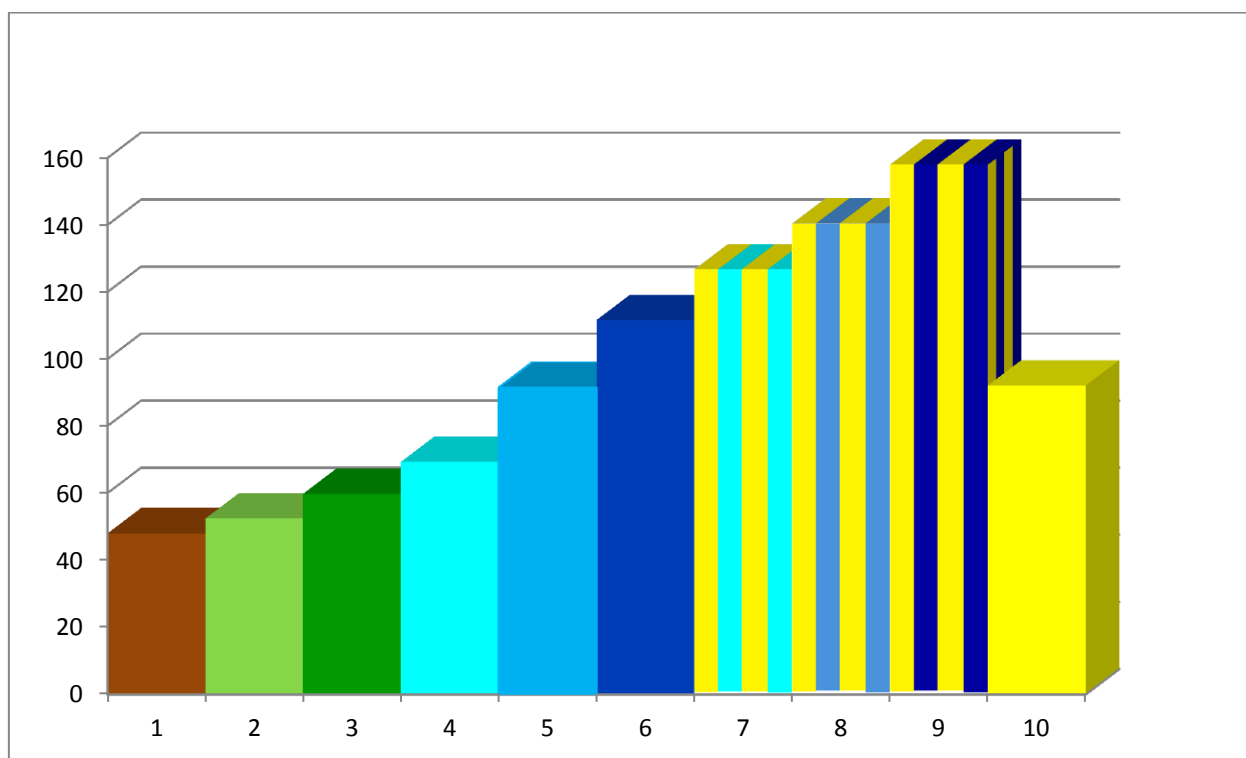
9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 35. Количество нитрификаторов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2016 году, млн КОЕ/г (НСР₀₅ = 14,4)

Разница состоит лишь в том, что количество нитрификаторов несколько ниже, чем аммонификаторов.

Результаты 2017 года подтверждают выявленную тенденцию предыдущего года (рис. 36).



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га + N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га + N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га + N₄₂ P₃₆

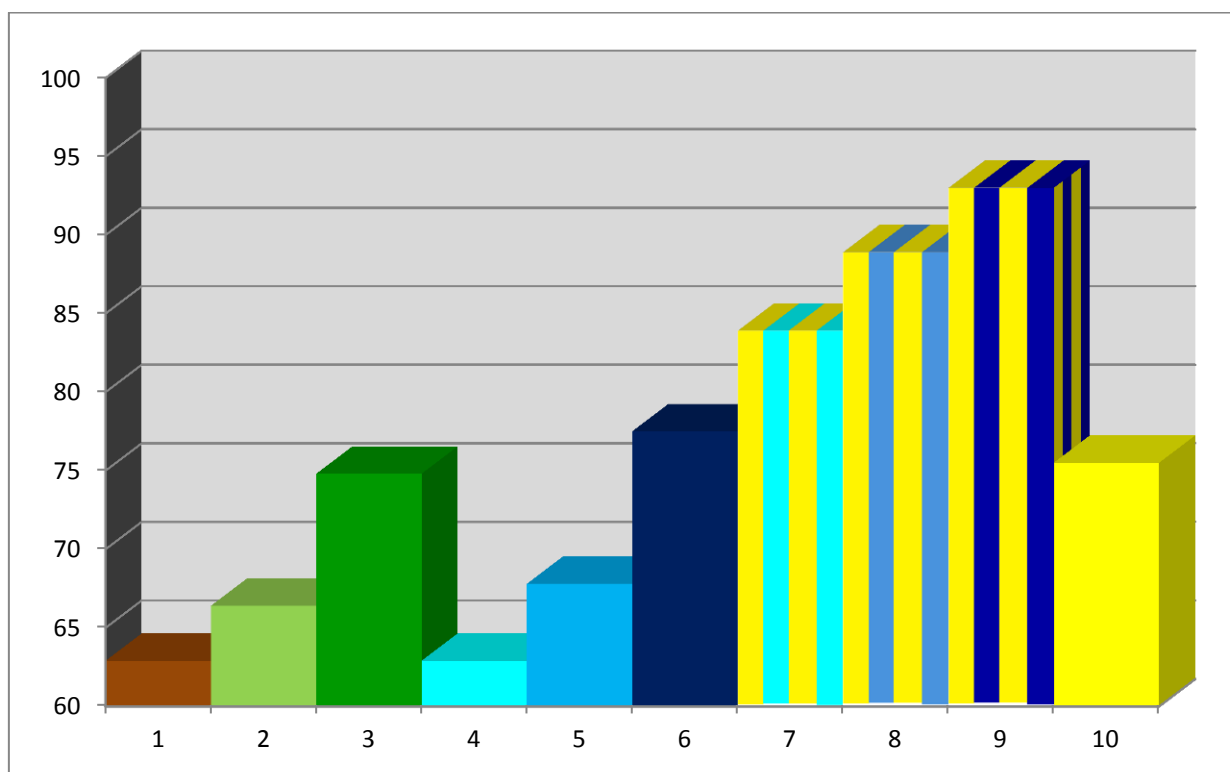
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 36. Количество нитрификаторов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2017 году, млн КОЕ/г (НСР₀₅ = 17,8)

Можно отметить общее снижение численности исследуемой группы микроорганизмов по сравнению с 2016 годом. Это легко объясняется снижением количества аммонификаторов, между которыми существует тесная метабиотическая связь.

В численности аэробных азотфиксаторов рода *Azotobacter* картина несколько иная. Значительного изменения их количества по вариантам опыта не наблюдается (рис. 37). Применение сульфоаммофоса в различных дозах и

фосфогипса в дозе 3 и 6 т/га не привело к достоверному увеличению численности азотфиксаторов и было в пределах ошибки опыта.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

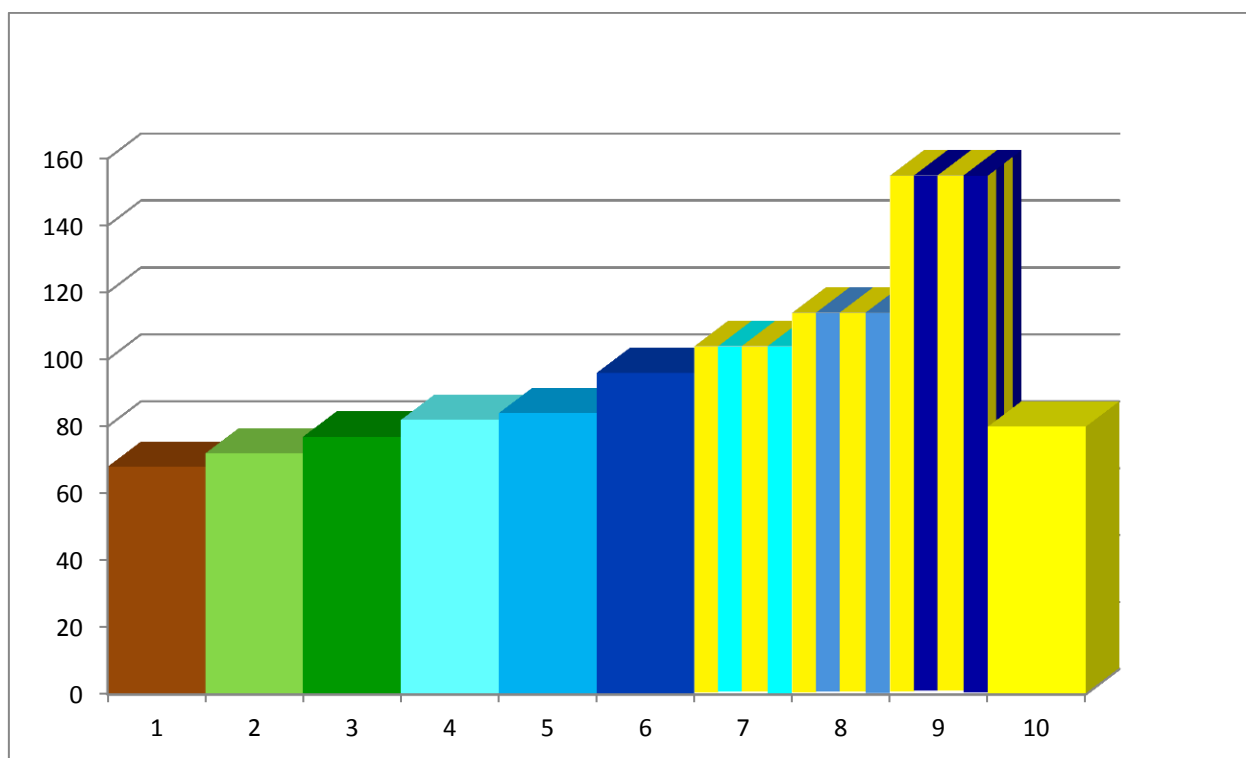
Рис. 37. Количество аэробных азотфиксаторов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2016 году, тыс. КОЕ/г (НСР₀₅, = 11,2)

Только внесение фосфогипса в дозе 12 т/га оказало существенное влияние на исследуемый показатель, хотя и малозначительное. Увеличение по сравнению с контролем составило 14,6 тыс. КОЕ/г при НСР 11,2 тыс. КОЕ/г.

Совместное применение фосфогипса и минеральных удобрений приводит к более значительному возрастанию численности аэробных

азотфиксаторов. Тем не менее максимальные значения показателя на 9-м варианте в 93,5 тыс. КОЕ/г превосходят контроль всего 1,5 раза. Для популяции почвенных микроорганизмов такая разница не считается значительной.

При внесении аммофоса и аммиачной селитры количество данной физиологической группы микроорганизмов снижается по сравнению с вариантом совместного внесения фосфогипса и удобрений до величины, близкой к недостоверным с математической точки зрения. Следовательно, *Azotobacter* слабо реагирует на внесение удобрений, особенно азотных. Об этом свидетельствуют и результаты исследований многих ученых.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 38. Количество аэробных азотфиксаторов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2017 году, тыс. КОЕ/г (НСР₀₅, = 10,2)

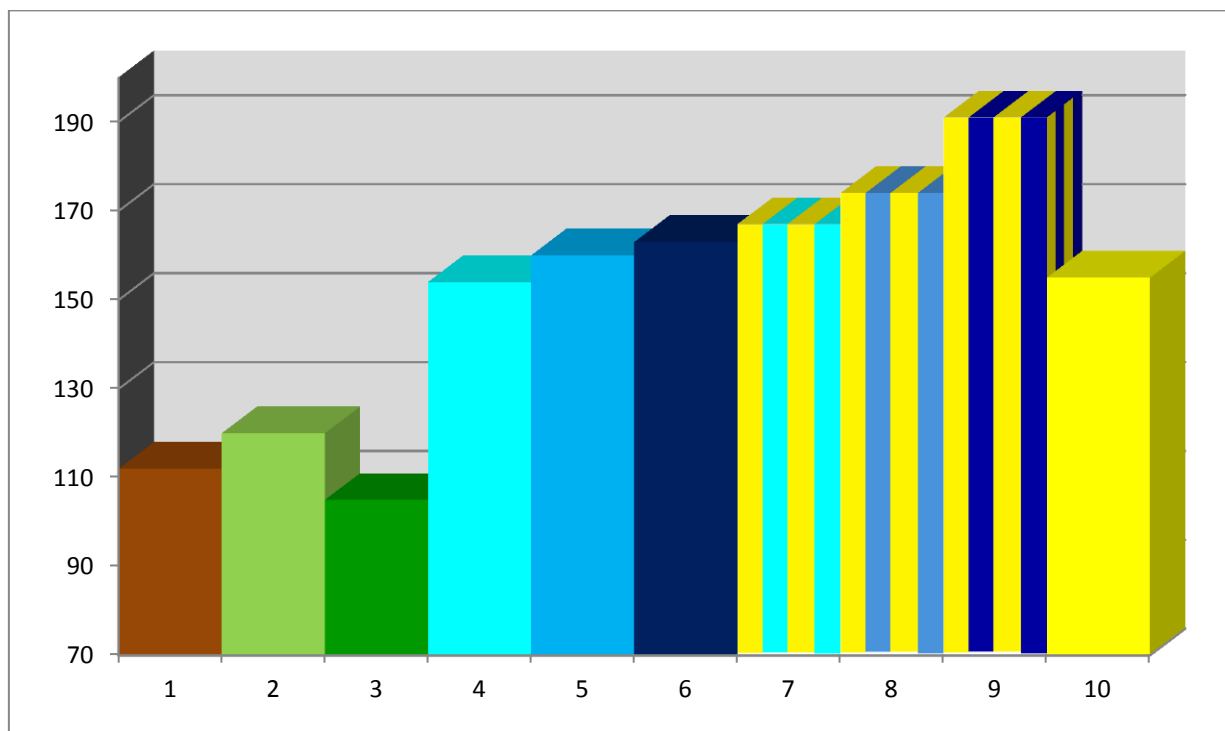
В 2017 году сохраняется выявленная тенденция изменения численности микроорганизмов по вариантам опыта (рис. 38). Необходимо отметить, что общее количество азотфиксаторов увеличилось по сравнению с 2016 годом. Это происходит, скорее всего, за счет увеличения пула целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Известно, что микроорганизмы последней группы, разрушая целлюлозу, образуют большое количество моносахаров в виде целлобиозы. *Azotobacter* не может выполнять такую работу в силу своих физиологических особенностей. Поэтому они соседствуют с целлюлозоразрушающей микрофлорой и пользуются плодами их труда в факультативном симбиозе, так как могут поставлять в почву азотные соединения, необходимые для целлюлозолитиков.

Таким образом, внесение фосфогипса, сульфоаммофоса, аммофоса и аммиачной селитры способствует увеличению численности различных физиологических групп микроорганизмов. Наиболее высокие значения исследуемых показателей по сравнению с контролем были достигнуты в результате совместного применения фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га: аммонификаторов — на 123,4 млн КОЕ/г (или в 2,5 раза); нитрификаторов — на 138 млн КОЕ/г (в 3,3 раза); микроскопических грибов — на 90,0 тыс. КОЕ/г (в 1,7 раза); целлюлозоразрушающих микроорганизмов — на 250,6 тыс. КОЕ/г, (более чем в 2 раза); аэробных азотфиксаторов рода *Azotobacter* — на 30,7 тыс. КОЕ/г (1,5 раза). Следовательно, наиболее отзывчивы на внесение фосфогипса и минеральных удобрений микроорганизмы, преобразующие минеральные и органические соединения азота.

5.3. Количество микромицетов

При учете численности грибной микрофлоры в 2016 году установлено, что наименьшей она была также на контроле и составляла 110,6 тыс. КОЕ/г (рис. 39). Применение сульфоаммофоса в дозе 150 кг/га привело к незначительному возрастанию исследуемой величины, которая находилась в

пределах ошибки опыта. На варианте с применением 250 кг/га сульфоаммофоса произошло даже некоторое снижение количества микромицетов. Но такое снижение находится в пределах ошибки опыта, и его также можно считать несущественным. Следовательно, применение аммофоса не имеет влияния на почвенные грибы.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

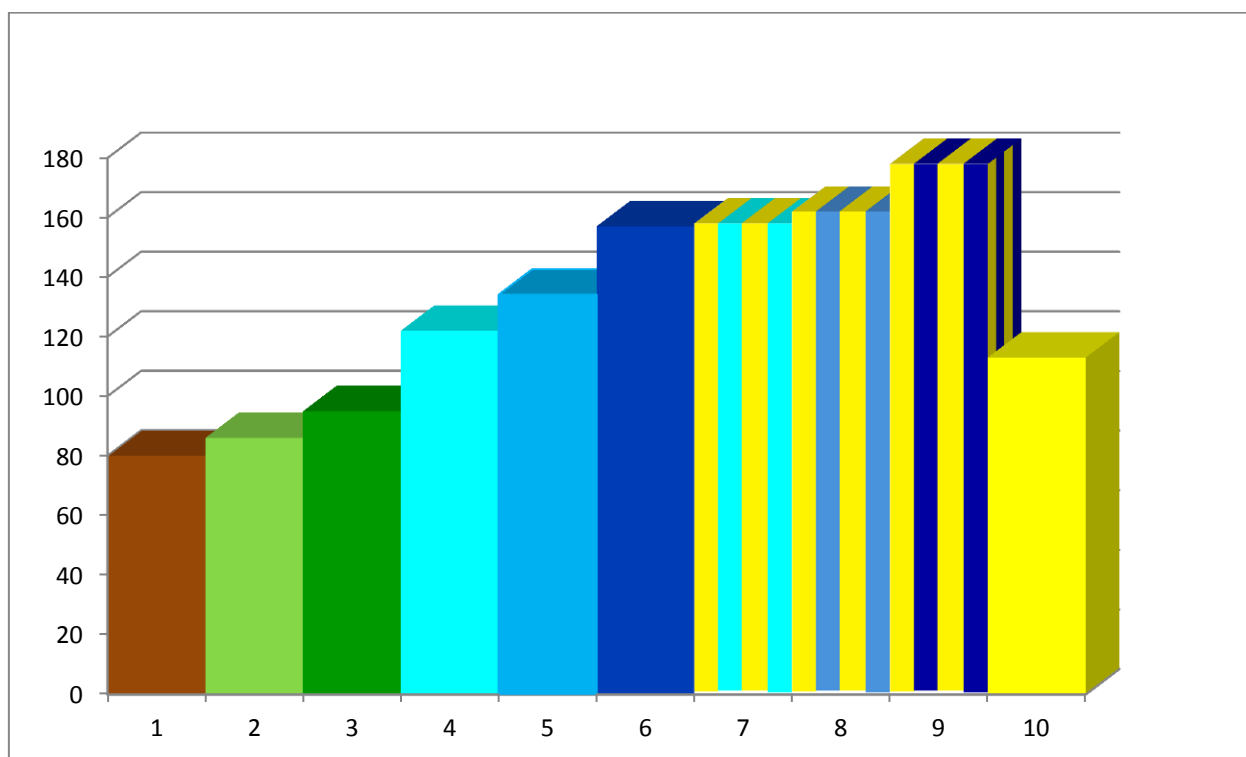
10. N₄₂ P₃₆

Рис. 39. Количество микромицетов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2016 году, тыс. КОЕ/г (НСР₀₅, тыс. КОЕ/г = 9,3)

Внесение фосфогипса существенно увеличивало исследуемый показатель (на 36–48 тыс. КОЕ/г) при незначительной разнице между применяемыми дозами. При совместном внесении фосфогипса с минеральными удобрениями количество микроскопических грибов имеет тенденцию к возрастанию при достоверной разнице с контролем и недостоверной разнице между собой. Наиболее высокие показатели

численности исследуемой группы микроорганизмов в 179,6 тыс. КОЕ/г достигнуты в результате применения фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га. Разница с контролем составляла 90,0 тыс. КОЕ/г, или в 1,7 раза.

На варианте внесения аммофоса и аммиачной селитры количество грибов снижается по сравнению с максимальными показателями варианта применения фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га на 27,6 тыс. КОЕ/г и составляет 152,0 тыс. КОЕ/г.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 40. Количество микромицетов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2017 году, тыс. КОЕ/г (НСР₀₅ = 11,5)

Следовательно, на численность данной группы микроорганизмов первостепенное влияние оказывает применение фосфогипса. Аналогичные

значения были получены на варианте с применением фосфогипса в дозе 3 т/га.

Схожая картина наблюдается в изменении численности микромицетов в 2017 году (рис. 40) по вариантам опыта. Однако необходимо отметить снижение общего количества микроскопических грибов. Вызвано это тем, что в 2016 году основную массу растительных остатков составляла отмершая биомасса гороха, которая является более лабильной и разрушается значительно быстрее, чем биомасса озимой пшеницы.

5.4. Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов

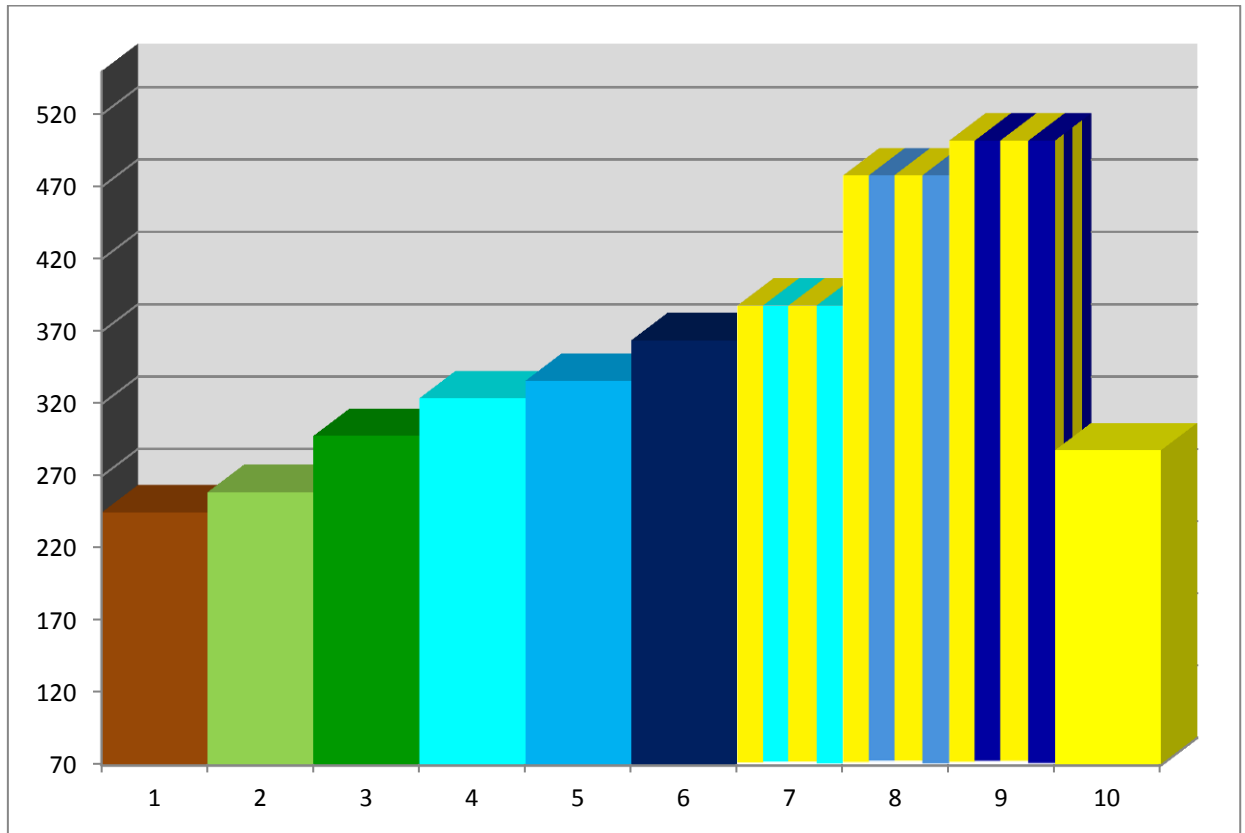
Среди целлюлозоразрушающих микроорганизмов количественные изменения аналогичны изменениям в грибной микрофлоре, но с некоторыми особенностями (рис. 41). Здесь также наименьшая численность микроорганизмов на контроле (245,0 тыс. КОЕ/г).

При внесении сульфоаммофоса в дозе 150 кг/га получили недостоверное увеличение исследуемого показателя. При внесении этого удобрения в дозе 250 кг/га численность целлюлозолитиков возросла до 298,6 тыс. КОЕ/г, что выше контроля на 52,6 тыс. КОЕ/г.

В результате применения фосфогипса в дозах 3, 6 и 12 т/га количество микроорганизмов по сравнению с контролем увеличивалось на 76,2; 98 и 118 тыс. КОЕ/г соответственно. На наш взгляд, это может происходить по причине увеличения содержания серы в почве. Эта группа микроорганизмов создает в основном серосодержащие белки.

Совместное применение фосфогипса с минеральными удобрениями приводит к еще большему возрастанию численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов. Наибольшее количество зафиксировано на варианте с применением фосфогипса — 12 т/га, аммофоса — 70 кг/га и аммиачной селитры — 100 кг/га. По сравнению с контролем изучаемый показатель увеличился на 250,6 тыс. КОЕ/г, то есть более чем в 2 раза. Следовательно, оптимизация азотного, фосфорного

питания и содержания подвижной серы наиболее благоприятно сказываются на популяции данной группы микроорганизмов.

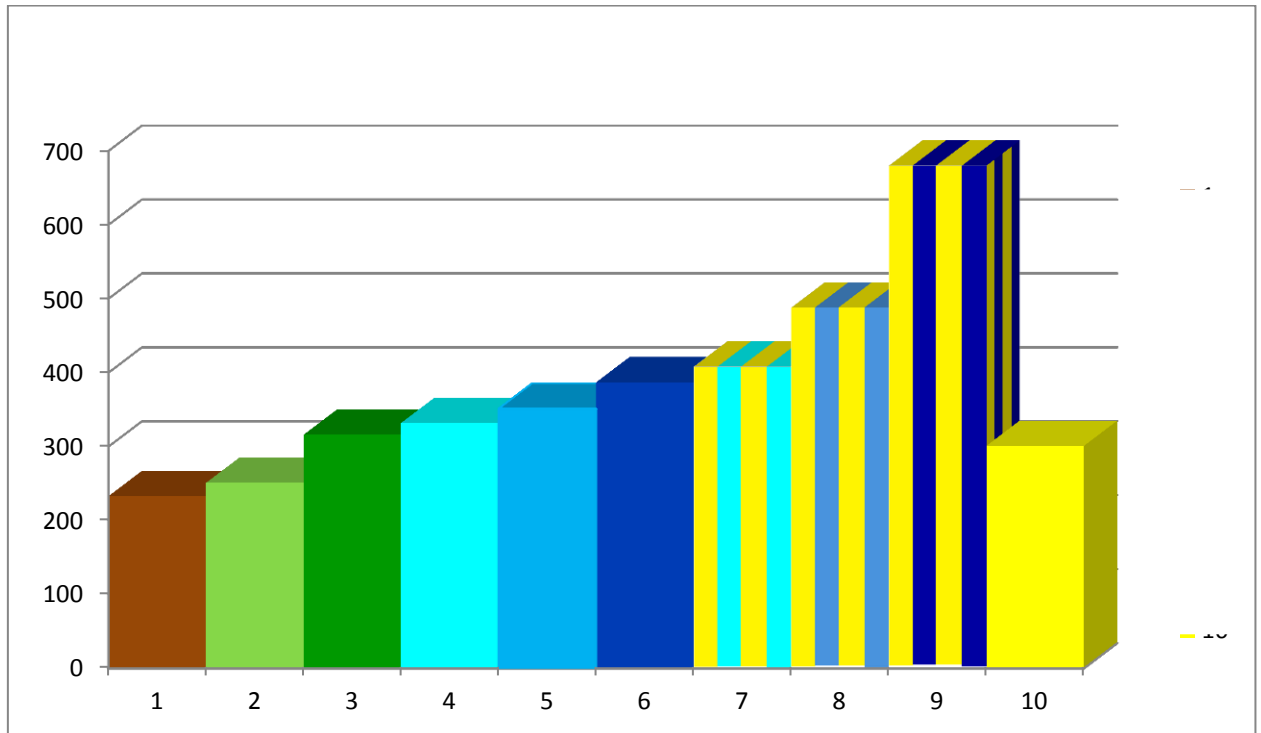


- | | |
|--|--|
| 1. Контроль | 6. Фосфогипс – 12т/га |
| 2. N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁ | 7. Фосфогипс – 3т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 3. N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅ | 8. Фосфогипс – 6т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 4. Фосфогипс – 3т/га | 9. Фосфогипс – 12т/га+ N ₄₂ P ₃₆ |
| 5. Фосфогипс – 6т/га | 10. N ₄₂ P ₃₆ |

Рис. 41. Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2016 году, тыс. КОЕ/г (НСР₀₅, = 16,3)

В 2017 году (рис. 42) получены аналогичные 2016 году данные. Однако общее количество исследуемой группы микроорганизмов по вариантам опыта увеличивается 1,5–2 раза. Виной тому значительно большее количество поступивших на почву растительных остатков. В 2016 году был

получен высокий урожай озимой пшеницы. Пожнивные остатки и стерню заделали в почву.



1. Контроль

2. N₃₀ P₃₀ S₂₁

3. N₅₀ P₅₀ S₃₅

4. Фосфогипс – 3т/га

5. Фосфогипс – 6т/га

6. Фосфогипс – 12т/га

7. Фосфогипс – 3т/га+ N₄₂ P₃₆

8. Фосфогипс – 6т/га+ N₄₂ P₃₆

9. Фосфогипс – 12т/га+ N₄₂ P₃₆

10. N₄₂ P₃₆

Рис. 42. Количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов в фазу цветения озимой пшеницы в зависимости от внесения фосфогипса и минеральных удобрений в 2017 году, тыс. КОЕ/г (НСР₀₅, = 17,6)

Как известно, солома озимой пшеницы на 85–90% состоит из целлюлозы. Это и явилось основой для увеличения численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

6. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

6.1. Урожайность сельскохозяйственных культур

В изучаемом звене севооборота горох является первой культурой и хорошим предшественником для озимой пшеницы. Учет урожайности этой культуры показал, что наименьшей она была на контроле и составляла 2,54 т/га (табл. 2). Применение сульфоаммофоса в дозе 150 кг/га увеличивало исследуемый показатель на 14,9%, а в дозе 250 кг/га на 22,0%. Прибавка по отношению к контролю достоверна.

Таблица 2 — Урожайность гороха в зависимости от применения фосфогипса и удобрений

№ п/п	Вариант	Урожайно сть, т/га	Прибавка	
			т/га	%
1	Контроль	2,54	-	-
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,92	0,38	14,9
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	3,10	0,56	22,0
4	Фосфогипс — 3 т/га	2,96	0,42	16,5
5	Фосфогипс — 6 т/га	3,18	0,64	25,2
6	Фосфогипс — 12 т/га	3,30	0,76	29,9
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	3,46	0,92	36,2
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	3,60	1,06	41,7
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	3,71	1,2	46,0
10	N ₄₂ P ₃₆	3,16	0,62	24,4
	НСР ₀₅ т/га	0,14		
	Sx%	4,0		

Применение фосфогипса в дозе 3 т/га в первый год действия не имело значительного эффекта. Прибавка урожая составила всего 0,42 т/га, или 16,5%. Несколько большим был эффект от внесения 6 и 12 т/га мелиоранта при прибавке по отношению к контролю в 25,2 и 29,9% соответственно.

Наиболее высокая прибавка урожая была получена от совместного внесения фосфогипса и удобрений. На варианте с применением 3 т/га фосфогипса, 70 кг/га аммофоса и 20 кг/га аммиачной селитры урожайность гороха возросла до 3,46 т/га. Это выше контроля на 0,92 т/га или на 36,2%. Внесение 6 т/га мелиоранта совместно с удобрениями повысило исследуемую величину на 41,7%. Наиболее высокая урожайность гороха получена на варианте с применением 12 т/га фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой. Прибавка по отношению к контролю составила 46%.

Увеличение урожайности гороха от внесения аммофоса и аммиачной селитры составила 0,62 т/га, или 24,4%. Эта прибавка выше, чем от применения фосфогипса в дозе 3 т/га и на уровне применения в дозе 6 т/га. Следовательно, в первый год после внесения активность мелиоранта незначительна.

При учете урожайности озимой пшеницы в 2016 году выявлено, что наименьшей она была на контроле и составляла 5,36 т/га (таблица 3). В результате применения сульфаммофоса произошло возрастание исследуемого показателя на 1,25 т/га, или на 23,3%. Применение более высокой дозы удобрения не оказало существенного влияния на урожайность культуры. Разница была в пределах ошибки опыта.

Применение фосфогипса в дозе 3 т/га увеличило сбор зерна озимой пшеницы на 21,4%. Внесение 6 и 12 т/га мелиоранта повысило изучаемую величину на 27,2 и 34,1% соответственно. Как видно, во второй год последствий фосфогипса разницы между различными дозами не наблюдается. Следовательно, его доза будет определять не количество получаемого урожая, а продолжительность действия мелиоранта во времени.

Традиционно в хозяйстве применяется в среднем 70 кг аммофоса перед посевом озимой пшеницы и 100 кг аммиачной селитры в подкормку. При совмещении этих традиционных доз с фосфогипсом в дозах 3; 6 и 12 т/га обнаружили увеличение урожайности культуры на 34,5; 39,9 и 46,6% соответственно.

Таблица 3 — Урожайность озимой пшеницы сорта «Таня» в зависимости от применения фосфогипса и удобрений в 2016 году (В. С. Цховребов и др., 2017)

№	Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка	
			т/га	%
1	Контроль	5,36	-	-
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	6,61	1,25	23,3
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	6,63	1,27	23,7
4	Фосфогипс — 3 т/га	6,52	1,16	21,4
5	Фосфогипс — 6 т/га	6,82	1,46	27,2
6	Фосфогипс — 12 т/га	7,19	1,83	34,1
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,21	1,85	34,5
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,50	2,14	39,9
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,86	2,50	46,6
10	N ₄₂ P ₃₆	7,18	1,82	33,9
	НСР ₀₅ т/га	0,15		
	Sx%	3,1		

Данный результат оказался несколько нелогичным, так как раздельное применение мелиоранта не оказывает столь существенного влияния на продуктивность пшеницы, а его совместное применение с одинаковыми дозами минеральных удобрений достоверно и в значительной степени повышает исследуемую величину в зависимости от дозы фосфогипса. Причина этого, по-видимому, скрыта в увеличении содержания нитратного азота, подвижных фосфора и серы на этих вариантах опыта. Возможно также и повышение активности в действии микроэлементов, которыми богат данный мелиорант.

При учете урожайности озимой пшеницы в 2017 году выявлено, что наименьшей она была на контроле и составляла 5,25 т/га (таблица 4).

Таблица 4 — Урожайность озимой пшеницы сорта «Таня» по вариантам опыта в 2017 году (В. С. Цховребов и др., 2018)

№	Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка	
			т/га	%
1	Контроль	5,25	-	-
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	5,95	0,70	13,3
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	6,11	0,86	16,4
4	Фосфогипс — 3 т/га	5,83	0,58	11,0
5	Фосфогипс — 6 т/га	6,28	1,03	19,6
6	Фосфогипс — 12 т/га	6,55	1,30	24,8
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,22	1,97	37,5
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,44	2,19	41,7
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,80	2,55	48,6
10	N ₄₂ P ₃₆	6,75	1,5	28,6
	НСП ₀₅ т/га	0,21		
	Sx%	3,4		

Внесение сульфоаммофоса в различных дозах позволило увеличить данный показатель на 13,3 и 16,4%. Разница между этими двумя вариантами недостоверна.

Применение фосфогипса неожиданно дало почти сходный эффект с сульфоаммофосом. Урожайность возрастала на 11–24% при разнице между дозами внесения. Следовательно, эффективность мелиоранта имеет тенденцию к возрастанию и будет выражаться в длительности последствий, которая зависит от дозы.

Эффект от внесения аммофоса и аммиачной селитры был на уровне от внесения фосфогипса в дозе 12 т/га.

Наибольшее увеличение урожайности наблюдалось от совместного внесения фосфогипса и удобрений. Применение мелиоранта в дозе 3 т/га + аммофоса 70 кг/га + аммиачной селитры 100 кг/га дало прибавку 1,97 т/га или 37,5%. При внесении 6 т/га фосфогипса совместно с удобрениями урожайность увеличивалась на 41,7%, а при внесении 12 т/га — на 48,6%. Разница между вариантами математически достоверна.

Таким образом, при отдельном применении различных доз мелиоранта значительной разницы в урожайности озимой пшеницы не наблюдается. При совместном внесении фосфогипса с одинаковыми дозами минеральных удобрений картина совсем иная. Здесь отмечены различия между вариантами в зависимости от дозы внесения мелиоранта. Полученный результат оказался несколько неожиданным. По всей видимости, это происходит за счет увеличения содержания нитратного азота, подвижных фосфора и серы на этих вариантах опыта. Установленный эффект может быть обусловлен и за счет увеличения в содержании микроэлементов, которыми богат данный мелиорант.

6.2. Качество сельскохозяйственных культур

При анализе качества гороха (таблица 5) выявили, что масса 1000 семян была наименьшей на контроле и составляла 220 г. По вариантам опыта происходило незначительное, но достоверное увеличение этого показателя. Исключение составляют варианты с применением фосфогипса в дозах 3; 6 и 9 т/га. Здесь не выявлено различий с контрольным вариантом в изучаемой величине. Следовательно, фосфогипс не начал работу в силу своей малой растворимости. Внутри экспериментальных вариантов различий не обнаружено.

Аналогичная ситуация прослеживается и в содержании белка. На контроле данный показатель наименьший и составляет 25,5%. При внесении удобрений и удобрений с фосфогипсом происходит увеличение содержания

белка с в среднем на 0,8–1,6%. При отдельном внесении фосфогипса достоверного увеличения изучаемого показателя не обнаружено.

При анализе содержания крахмала вообще не было обнаружено разницы между вариантами опыта.

Таблица 5 — Качество зерна гороха по вариантам опыта

№	Варианты опыта	Масса 1000 семян, г	Содержание белка, %	Содержание крахмала, %
1	Контроль	218	25,5	48,0
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	232	26,4	47,2
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	233	27,1	47,3
4	Фосфогипс — 3 т/га	226	26,0	47,1
5	Фосфогипс — 6 т/га	227	25,9	47,2
6	Фосфогипс — 12 т/га	227	26,1	47,0
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₁₈ P ₃₆	235	26,6	47,0
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₁₈ P ₃₆	237	26,7	46,8
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₁₈ P ₃₆	237	26,6	46,7
10	N ₁₈ P ₃₆	230	26,3	47,5
	НСР ₀₅	10,0	0,6	1,5

Анализ качества озимой пшеницы дал совершенно неожиданный результат (таблицы 5, 6). Принято считать, что на почвах, бедных по содержанию подвижной серы, применение серосодержащих удобрений или внесение серы с другими веществами неизбежно должно привести к повышению качества зерна озимой пшеницы. Как показали исследования, этого явления не происходит (В. С. Цховребов и др., 2018). Применение изучаемых удобрений и фосфогипса как совместно, так и отдельно не повлияло на основные показатели качества получаемой продукции.

Содержание белка по вариантам опыта колебалось в пределах 13,2–13,9%, а клейковины — в пределах 21,3–22,1%. Скорее всего, это связано со спецификой высеваемого сорта пшеницы. Сорт «Таня» выведен как высокоурожайный, но направленный на получение продукции невысокого качества. Возможно, другой сорт, селекция которого направлена на получение урожая высокого качества, был бы отзывчив на внесение серосодержащих удобрений и имел бы другие показатели содержания белка и клейковины.

Таблица 6 — Влияние фосфогипса и удобрений на качественные показатели зерна озимой пшеницы в 2016 году

№	Варианты опыта	Натура	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %
1	Контроль	730	13,9	22,1
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	775	13,5	21,6
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	763	13,6	21,9
4	Фосфогипс — 3 т/га	767	13,2	21,3
5	Фосфогипс — 6 т/га	770	13,7	21,9
6	Фосфогипс — 12 т/га	775	13,3	21,7
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	770	13,4	21,6
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	770	13,3	21,9
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	770	13,7	22,0
10	N ₄₂ P ₃₆	757	13,7	22,0
	НСР ₀₅ т/га	12,3	0,5	0,8
	Sx%	2,4	2,1	3,0

Некоторые изменения качественных показателей обнаружены в натуре зерна. По сравнению с контролем (730 г) произошло достоверное увеличение этого показателя на всех вариантах опыта. Наименьшим оно было на

варианте внесения аммофоса и аммиачной селитры — на 23 г. Между остальными вариантами (без сравнения с контролем) существенной и достоверной разницы в этом показателе не выявлено.

Таблица 7 — Влияние фосфогипса и удобрений на качественные показатели зерна озимой пшеницы в 2017 году

№	Варианты опыта	Натура	Содержание белка, %	Содержание клейковины, %
1	Контроль	743	13,3	20,0
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	752	13,5	19,6
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	757	13,4	19,8
4	Фосфогипс — 3 т/га	760	13,4	19,3
5	Фосфогипс — 6 т/га	758	13,5	19,7
6	Фосфогипс — 12 т/га	758	13,4	19,5
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	754	13,4	20,2
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	751	13,5	19,9
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	753	13,5	19,6
10	N ₄₂ P ₃₆	754	13,4	19,8
	НСР ₀₅	11,4	0,4	0,7
	Sx%	2,8	2,2	3,1

Аналогичная картина наблюдается и в 2017 году (В. С. Цховребов и др., 2019). Содержание белка и клейковины слабо различались между вариантами опыта или находились в пределах ошибки. По натуре зерна достоверное увеличение изучаемого показателя хотя и незначительное, наблюдалось только на вариантах с применением фосфогипса как отдельно, так и совместно с удобрениями. По содержанию белка различий между вариантами опыта и по сравнению с контролем не выявлено. Изучаемый показатель находился в пределах 13,3–13,6%. Аналогичная картина

наблюдалась и по содержанию клейковины, значения которой находились в пределах 19,5–20,2%, что соответствует четвертому классу получаемой продукции.

Необходимо напомнить, что в опытах высевалась озимая пшеница сорта «Таня». Его физиологической особенностью является то, что он высокоурожайный, но продукция невысокого качества. Следовательно, на качество сортов пшеницы этой группы увеличение обеспеченности почв подвижной серой не имеет влияния.

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА И УДОБРЕНИЙ

Экономическая эффективность является показателем, свидетельствующим о целесообразности применения того или иного метода повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий. В наших исследованиях очень важно знать срок последействия фосфогипса и минеральных удобрений. Срок действия и последействия удобрений укладывается в 2 или 3 года с «угасающим» эффектом. Срок последействия фосфогипса в дозе 12 т/га, по утверждению многих исследователей (В. С. Цховребов и др., 2022; Н. И. Хаджинов, 1983; А. Х. Шеуджен, 2016), сохраняется в пределах 15 лет и более.

При расчете экономической эффективности выращивания гороха (таблица 7), учитывая трехлетний период исследований звена севооборота, выявили, что на контроле при более низкой урожайности культуры более низкая прибыль (25 897 руб./га) при уровне рентабельности 73,9%.

Применение сульфоаммофоса в дозах 150 и 250 кг/га увеличило исследуемый показатель на 4011 и 5297 руб./га. Уровень рентабельности при этом изменяется слабо. Применение фосфогипса в различных дозах не повлияло значительным образом на исследуемые показатели в сравнении с сульфоаммофосом. Но уровень рентабельности снижается с увеличением дозы мелиоранта и на варианте с применением 12 т/га составляет 51,3%, что на 22,6% меньше, чем на контроле. В первый год действия фосфогипса на себестоимость продукции оказывает сильное влияние его цена и стоимость внесения.

Аналогичным образом изменяется себестоимость, прибыль и уровень рентабельности при применении различных доз фосфогипса совместно с удобрениями. Внесение аммофоса в дозе 70 кг/га и аммиачной селитры в

дозе 20 кг/га получили самую низкую себестоимость, самую высокую прибыль в 36024 руб/га и уровень рентабельности в 90,5%.

Таблица 8 — Экономическая эффективность выращивания гороха в зависимости от применения фосфогипса и минеральных удобрений

№	Вариант	Урожайность, т/га	Себестоимость, руб./т	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
1	Контроль	2,54	13804	25897	73,9
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,92	13758	29908	74,4
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	3,10	13938	31194	72,2
4	Фосфогипс — 3 т/га	2,96	13527	31001	77,4
5	Фосфогипс — 6 т/га	3,18	13936	32004	72,2
6	Фосфогипс — 12 т/га	3,30	15860	26863	51,3
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	3,46	12902	38398	86,0
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	3,60	13585	37495	76,7
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	3,71	15342	32121	56,4
10	N ₄₂ P ₃₆	3,16	12600	36024	90,5

При выращивании озимой пшеницы во второй год последствий себестоимость продукции на контроле составила 5822 руб./га. И это не самый высокий показатель (таблица 8).

Себестоимость выше контрольного на вариантах с применением сульфоаммофоса — 250 кг/га, фосфогипса — 12 т/га и фосфогипса в различных дозах совместно с аммофосом и аммиачной селитрой. Но прибыль, полученная на всех вариантах, выше, чем на контроле. При внесении фосфогипса в дозе 12 т/га изучаемая величина составила 51 402 руб., что на 7 567 руб. выше контрольного. Это самое незначительное увеличение данного показателя по сравнению с другими вариантами опыта.

Следовательно, на второй год начинает проявляться действие мелиоранта, хотя и не очень значительное.

Таблица 9 — Экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы в зависимости от применения фосфогипса и минеральных удобрений в 2016 году

№	Вариант	Урожайность, т/га	Себестоимость, руб/т	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
1	Контроль	5,36	5822	43835	140,5
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	6,61	5611	55453	149,5
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	6,63	6011	52965	132,9
4	Фосфогипс — 3 т/га	6,82	5437	58398	157,5
5	Фосфогипс — 6 т/га	7,17	5762	59067	143,0
6	Фосфогипс — 12 т/га	7,19	6851	51402	104,4
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,21	5977	57844	134,2
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,50	6304	57719	122,1
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,86	7059	54556	98,3
10	N ₄₂ P ₃₆	7,18	5359	62046	161,3

В 2017 году, на третий год последствий, прослеживается более активное действие фосфогипса (таблица 10) При урожайности озимой пшеницы на контроле в 52,5 ц/га, себестоимость продукции составила 5874 руб./т. Наиболее низкая себестоимость получена на варианте с применением аммофоса и аммиачной селитры — 5651,6 руб./т. Наиболее высокая себестоимость, как и в предыдущие годы, получена в результате применения фосфогипса в дозе 12 т/га как отдельно, так и совместно с удобрениями. Разница с контролем составила 1572 и 1233,5 руб./т соответственно. Это результат наложения цены мелиоранта и его внесения.

Не отличались в этом смысле благоприятными показателями варианты с применением сульфоаммофоса, особенно в более высокой дозе.

Применение 250 кг/га этого удобрения определило себестоимость продукции в 6558 руб./т, что на 341 руб./га выше, чем на варианте с применением 150 кг/га и на 584 руб./т, чем на контроле.

Таблица 10 — Экономическая эффективность выращивания озимой пшеницы в зависимости от применения фосфогипса и минеральных удобрений в 2017 году

№	Варианты опыта	Урожайность, т/га	Себестоимость, руб./т	Прибыль, руб./га	Уровень рентабельности, %
1	Контроль	5,25	5874,0	47911	155,4
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	5,95	6117	52856	145,2
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	6,11	6458	52190	132,3
4	Фосфогипс — 3 т/га	5,83	6198	51311	142,0
5	Фосфогипс — 6 т/га	6,28	6471	53562	131,8
6	Фосфогипс — 12 т/га	6,55	7446	49477	101,4
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,22	5970	65197	151,3
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,44	63489	64365	136,3
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	7,80	7107	61562	111,0
10	N ₄₂ P ₃₆	6,75	5652	63102	165,4

Тем не менее наименьшая прибыль была получена на контроле и составила 47 911,3 руб./га. Увеличение данного показателя на других вариантах опыта можно считать существенным. Применение сульфоаммофоса и фосфогипса увеличивало данный показатель. Наименее значительны эти изменения на вариантах с применением сульфоаммофоса. Применение фосфогипса в дозах 3; 6 и 12 т/га уже дало почти сходный результат. Превышение исследуемого показателя по сравнению с контролем составило 3400; 5651 и 1566 руб./га соответственно.

В результате внесения фосфогипса с удобрениями наблюдается значительное увеличение прибыли. В 2016 году наибольшей она была на варианте с применением аммофоса (70 кг/га) и аммиачной селитры (100 кг/га), а в 2017 году наибольшим данный показатель был на вариантах с применением 3 т/га и 6 т/га фосфогипса с удобрениями и составил 65 197 руб./га и 64 364,9 т/га соответственно, что выше контроля на 17 285,7 и 16 453,6 руб./га.

На варианте внесения максимальной дозы мелиоранта (12 т/га) совместно с удобрениями при наиболее высокой урожайности прибыль была ниже, чем на варианте с применением аммофоса в дозе 70 кг/га и аммиачной селитры в дозе 100 кг/га, а также вариантов с применением более низких доз фосфогипса с удобрениями. Следовательно, и на третий год последствий расходы на приобретение, транспортировку и внесение мелиоранта не позволяют раскрыться экономическому потенциалу данной технологии, и внесение 12 т/га является еще не самым благоприятным вариантом.

Если рассматривать уровень рентабельности, то он ожидаемо наибольшим был в результате применения аммофоса и селитры (165,4%). При применении сульфаммофоса в дозе 150 кг/га произошло снижение исследуемого показателя на 10,2%, которое еще более снижалось на варианте внесения удобрения 250 кг/га — на 23,1% по сравнению с контролем (155,4%). Следовательно, увеличение дозы сульфаммофоса нерентабельно.

На варианте внесения фосфогипса в дозе 3; 6 и 12 т/га уровень рентабельности был ниже, чем на контроле на 13,4; 23,6 и 54,0% соответственно.

На варианте с применением фосфогипса в дозе 3 т/га совместно с аммофосом и аммиачной селитрой уровень рентабельности составил 151,3, что всего на 4,1 ниже контроля. При применении мелиоранта в дозе 6 т/га исследуемая величина составила 136,3%, что уже на 19,1% ниже контрольного варианта.

Наиболее низкий уровень рентабельности получен на варианте применения фосфогипса в дозе 12 т/га совместно с удобрениями и составил 111,0%. Но надо помнить, что основным экономическим показателем является не уровень рентабельности, а уровень прибыли. А прибыль на всех вариантах опыта была выше контроля. И на данном варианте она слабо отличалась от наиболее благоприятных по данному показателю. Изменения в уровне рентабельности не коррелирует с прибылью.

По исследованиям многих ученых, последствие применения фосфогипса в высоких дозах (В. С. Цховребов и др., 2022; Н. И. Хаджинов, 1983; А. Х. Шеуджен, 2016) сохраняется в течение 10–15 и более лет. Учитывая данный факт, можно предположить, что в перспективе на 5, 10 и 15 лет неизбежно возрастет прибыль и уровень рентабельности от применения фосфогипса как отдельно, так и совместно с удобрениями, и особенно на 9-м варианте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В звене севооборота «горох — озимая пшеница — озимая пшеница» в сезоне 2015–2016–2017 гг. применяли сульфоаммофос в дозах 150 и 250 кг/га, а также фосфогипс в дозах 3; 6 и 12 т/га как отдельно, так и совместно с удобрениями (аммофосом при посеве в дозе 70 кг/га и аммиачной селитрой в весеннюю подкормку в дозе 100 кг/га) по следующей схеме: 1. Контроль. 2. Сульфоаммофос — 150 кг/га. 3. Сульфоаммофос — 250 кг/га. 4. Фосфогипс — 3 т/га. 5. Фосфогипс — 6 т/га. 6. Фосфогипс — 12 т/га. 7. Фосфогипс — 3 т/га + аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га. 8. Фосфогипс — 6 т/га + аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га. 9. Фосфогипс — 12 т/га + аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га. 10. Аммофос — 70 кг/га + аммиачная селитра — 100 кг/га. Применение фосфогипса и удобрений в разной степени повлияло на содержание макро- и микроэлементов питания в почве и в растениях, количество различных физиологических групп микроорганизмов, урожайность сельскохозяйственных культур.

Количество нитратного азота в фазу цветения гороха и пшеницы наиболее низким было на контроле (5–9 мг/кг), незначительно возросло в результате применения сульфоаммофоса на 3–6 мг/кг, фосфогипса — на 3–8 мг/кг, аммофоса и селитры — на 10–13 мг/кг, фосфогипса с удобрениями — на 14–16 мг/кг.

Внесение азотных и фосфорных удобрений привело к увеличению содержания обменного фосфора на 5–7 мг/кг. В первый год действие фосфогипса было слабым и особой разницы между дозами его внесения не наблюдается. Во второй и третий год разница составляла от 4 до 6 мг/кг. Совместном применении мелиоранта с аммофосом и аммиачной селитрой выявило разницу с контролем в зависимости от дозы внесения от 10 до 15 мг/кг с максимальными значениями при внесении 12 т/га мелиоранта, где

почвы по этому показателю перешли из разряда среднеобеспеченных в разряд с повышенной обеспеченностью.

Содержание подвижного калия не имело значительных различий между вариантами опыта. Содержание подвижной серы в результате применения сульфоаммофоса и фосфогипса возрастало в среднем на 2–5 мг/кг, при совместном внесении фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой увеличивалось с возрастанием дозы мелиоранта на 7–9 мг/кг, и почвы переходили в разряд низкообеспеченных в средне- и повышенообеспеченные.

Содержание подвижного бора в среднем за 2016–2017 гг. на всех вариантах опыта классифицируется как высокое и не претерпевает существенных изменений между вариантами опыта, кроме вариантов, где применялся фосфогипс в дозах 6 и 12 т/га как отдельно, так и совместно с удобрениями. Разница с контролем в пределах 0,11–0,26 мг/кг. В содержании подвижного марганца и меди изменения были схожими с изменениями подвижного бора, но почвы в результате применения фосфогипса по марганцу из разряда низкообеспеченных переходили в разряд среднеобеспеченных, а по меди оставались низкообеспеченными.

Применение сульфоаммофоса и аммофоса с аммиачной селитрой не оказало влияние на содержание подвижного цинка. Применение фосфогипса отдельно и вместе с удобрениями в дозах 3, 6 и 12 т/га одинаково привело к увеличению показателя в среднем на 0,05; 0,10 и 0,11 мг/кг соответственно.

Применение сульфоаммофоса и аммофоса с аммиачной селитрой не влияет на содержания подвижного кобальта. Внесение фосфогипса 3; 6 и 12 т/га отдельно и с удобрениями привело к возрастанию величины в среднем на 0,017; 0,019 и 0,026 мг/кг соответственно. Различия в содержании подвижного молибдена аналогичны подвижному кобальту. Таким образом, достоверное и иногда существенное увеличение в содержании микроэлементов в черноземе южном происходит за счет внесения фосфогипса.

Наиболее существенное повышение содержания азота и фосфора в листьях озимой пшеницы в фазы выхода в трубку и цветения произошло при совместном внесении фосфогипса с аммофосом и аммиачной селитрой.

На содержание бора в фазу выхода в трубку озимой пшеницы не влияет внесение удобрений и фосфогипса, и его можно считать оптимальным. Содержание марганца с 42,4 мг/кг на контроле возрастает при внесении 6 и 12 т/га фосфогипса до 45,8 и 49,5 мг/кг, а совместно с удобрениями — до 45,6 и 50,3 мг/кг соответственно. Содержание меди имеет достоверные различия с контролем только на варианте с внесением фосфогипса в дозе 12 т/га как отдельно, так и совместно с удобрениями, а цинка и на варианте внесения 6 т/га мелиоранта. Изменения содержания кобальта и молибдена в растениях озимой пшеницы аналогичны изменениям содержания цинка.

Наибольшее увеличение численности микроорганизмов в черноземе южном в фазу цветения пшеницы в 2016 году отмечено при совместном внесении фосфогипса с минеральными удобрениями, и особенно фосфогипса — 12 т/га с аммофосом и аммиачной селитрой: аммонификаторов — до 202,2 млн КОЕ/г, или в 2,5 раза по сравнению с контролем; микроорганизмов, преобразующих минеральные формы азота, — в 3,3 раза; аэробных азотфиксаторов (*Azotobacter*) — в 1,5 раза; микромицетов — в 1,7 раза; целлюлозолитиков — в 2,1 раза. Применение сульфаммофоса не повлияло значительным образом на исследуемый показатель. Результаты 2017 года аналогичны 2016 году.

Применение удобрений и фосфогипса как отдельно, так и совместно с удобрениями достоверно увеличивает урожайность культур: гороха при урожайности на контроле в 2,54 т/га на вариантах 2 — на 0,38 т/га; 3 — 0,56; 4 — 0,42; 5 — 0,64; 6 — 0,76; 7 — 0,92; 8 — 1,06; 9 — 1,2; 10 — на 0,62 т/га; пшеницы первого года при урожайности на контроле в 5,36 т/га на вариантах 2 — на 1,25 т/га; 3 — на 1,27; 4 — на 1,16; 5 — 1,46; 6 — 1,83; 7 — 1,85; 8 — 2,14; 9 — 2,50; 10 — на 1,82 т/га; пшеницы второго года при урожайности на

контроле 5,25 т/га на вариантах 2 — 0,70 т/га; 3 — 0,86; 4 — 0,58; 5 — 1,03; 6 — 1,30; 7 — 1,97; 8 — 2,19; 9 — 2,55; 10 — на 1,5 т/га.

Применение серосодержащих удобрений и фосфогипса незначительно повлияло на качество гороха и не повлияло на качество зерна озимой пшеницы экстенсивного сорта «Таня», которое тестировалось 4-м классом.

Применение фосфогипса как отдельно, так и совместно с удобрениями в первый год исследований приводит к увеличению себестоимости гороха, но и к увеличению прибыли при снижении уровня рентабельности, который был наиболее высоким в результате внесения аммофоса и аммиачной селитры. Во второй год последствия при сборе зерна озимой пшеницы наблюдалась аналогичная тенденция, но со снижением себестоимости и увеличением прибыли. В третий год последствия по сравнению со вторым годом продолжается снижение себестоимости зерна озимой пшеницы в результате внесения фосфогипса. При наиболее низкой себестоимости продукции на контроле 5874 руб./т самой высокой она была на 9-м варианте применения мелиоранта 12 т/га с удобрениями (7107,5 руб./т), а наиболее низкой — на 10-м варианте в результате применения аммофоса и селитры (5651,6 руб./т). Прибыль на контроле 47 911,3 руб./га и уже более всего возростала на 7-м и 8-м вариантах (до 65 197 и 64 346,9 руб./га соответственно). При сохранении мелиоративного эффекта в течение более чем 15 лет, как это подтверждается исследованиями кафедры и других ученых, можно ожидать увеличения прибыли и рентабельности выращиваемой продукции. Экономическая эффективность от применения сульфоаммофоса в различных дозах была выше контроля, но оставалась наименьшей среди других вариантов.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

Для получения высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы на черноземах южных применять фосфогипс в дозах 3; 6 и, в долгосрочной перспективе, 12 т/га как отдельно, так и совместно с аммофосом — 70 кг/га и аммиачной селитрой — 100 кг/га. Применение серосодержащего удобрения — сульфоаммофоса — малоэффективно при выращивании озимой пшеницы сорта «Таня», так как не влияет на качество получаемой продукции и незначительно увеличивает урожайность и экономическую эффективность ее возделывания.

Список литературы

1. Аверкина, С. С. Изучение агрохимии фосфора на почвах Западной Сибири / С. С. Аверкина, И. В. Науменко // Инновации и продовольственная безопасность. — 2017. — № 2. — С. 49–70.
2. Агапова, П. В. Оценка биологической эффективности применения обесфторенного фосфогипса в качестве удобрения в прямом действии / П. В. Агапова, М. В. Киселев, И. А. Фрейдкин // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. — 2023. — № 5 (74). — С. 72–80.
3. Аканова, Н. И. Эффективность фосфогипса, как химического мелиоранта и минерального удобрения на урожайность подсолнечника и кукурузы в условиях выщелоченного чернозема Краснодарского края / Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская / Нива Поволжья. — 2018. — С. 40–48.
4. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность нейтрализованного фосфогипса, как химического мелиоранта и фосфорсодержащего минерального удобрения в условиях богарного земледелия Краснодарского края / Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская, А. А. Андреев // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2018. — С. 32–37.
5. Аканова, Н. И. Эффективность применения фосфогипса на темно-каштановых почвах в посевах подсолнечника / Н. И. Аканова, Л. Н. Дубровских, К. Е. Денисов // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2021. — № 1 (379). — С. 7–11.
6. Аканова, Н. И. Агроэкологическая оценка эффективности систематического применения фосфогипса в рисовом севообороте / Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская // Spirit Time. — 2019. — № 1 (13). — С. 42–43.

7. Аканова, Н. И. Агроэкологическое значение серы и потребность в серосодержащих удобрениях в земледелии России / Н. И. Аканова, Т. В. Гребенникова, М. М. Визирская // Плодородие. — 2022. — № 4 (127). — С. 83–87.
8. Аканова, Н. И. Перспективы применения фосфогипса, как химического мелиоранта, в земледелии Российской Федерации / Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Визирская // Международный сельскохозяйственный журнал. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Электронная наука» (Москва). — 2019. — № 6 (372) — С. 93–97.
9. Аканова, Н. И. Эффективность применения фосфогипса на темно-каштановых почвах в посевах подсолнечника / Н. И. Аканова, Л. Н. Дубровских, К. Е. Денисов // МСХ. — 2021. — № 1.
10. Аканова, Н. И. Фосфогипс нейтрализованный — перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия / Н. И. Аканова // Плодородие. — 2013. — № 1 (70).
11. Аканова, Н. И. Эффективность применения фосфогипса в системе питания сои / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко, К. Е. Денисов // Плодородие. — 2022. — № 1 (124). — С. 65–68.
12. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность применения фосфогипса при орошении / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко, Ш. Б. Байрамбеков, А. В. Гулин // Плодородие. — 2022. — № 6 (129). — С. 83–86.
13. Аканова, Н. И. Агроэкологическая эффективность применения фосфогипса в овощных агроценозах / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко, Ш. Б. Байрамбеков, А. В. Гулин // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2023. — № 2 (392). — С. 163–167.
14. Аканова, Н. И. Эффективность применения фосфогипса под озимую пшеницу на дерново-подзолистых почвах / Н. И. Аканова,

Л. Н. Холомьева // Евразийский союз ученых. — 2023. — № 10 (108). — С. 15–21.

15. Аканова, Н. И. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистых почвах в посевах озимой пшеницы / Н. И. Аканова, Л. Н. Холомьева, Ю. Н. Плескачев, М. Н. Можаренко // Проблемы агрохимии и экологии. — 2024. — № 1. — С. 27–35.

16. Алексеева, Е. Н. Влияние длительного применения удобрений на почвенное плодородие и урожай культур на средневыщелоченном черноземе в зоне неустойчивого увлажнения / Е. Н. Алексеева // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. — М. : Колос, 1978. — С. 99–117.

17. Алосманов, М.С., Разработка технологии повышения плодородия почв с использованием отходов полезных ископаемых / М. С. Алосманов, М. Ш. Атаев, А. Я. Маликова, Г. М. Мамедова // Проблемы современной науки и образования. — 2018. — № 3 (123). — С. 24–30.

18. Ананьева, Д. С. Использование серосодержащих удобрений для улучшения качества зерна / Д. С. Ананьева, Ф. А. Мударисова // Материалы 2 Международной студенческой научной конференции. — 2018. — № 1 (46). — С. 29–35.

19. Афанасьев, Р. А. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на динамику обменного калия в почвах / Р. А. Афанасьев // Плодородие. — 2013. — № 3. — С. 6–8.

20. Ахтырцев, А. Б., Ахтырцев Б.П. История формирования и эволюция черноземно-луговых палео-солонцов лесостепи русской равнины в голоцене / А. Б. Ахтырцев, Б. П. Ахтырцев // Почвоведение. — 1997. — № 9. — С. 1058–1067.

21. Бабичев, А. Н. Сравнительный анализ применения удобрительно-мелиорирующих средств для мелиорации солонцеватых почв / А. Н. Бабичев, О. Ю. Шалашова // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. — 2018 — № 2. — С. 13–20.

22. Базегский, Э. П., Использование фосфогипса в технологии применения жидких органоминеральных удобрений / Э. П. Базегский, С. Л. Пакшвер, Г. В. Романов, И. Б. Козлов, В. А. Колесникова // Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. — 2010. — С. 201–205.

23. Бамбалов, Н. Н. Новое поколение комплексных гранулированных органоминеральных удобрений пролонгированного действия / Н. Н. Бамбалов, Г. А. Соколов // Земледелие и растениеводство. — 2022. — № 4 — С. 28–33.

24. Батьков, Б. О. Эффективность фосфорных удобрений на карбонатных черноземах Северного Кавказа в условиях орошения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Б. О. Батьков. — М., 1976. — 22 с.

25. Башмакова, Е. О. Урожайность зерна пшеницы при последствии фосфогипса и минеральных удобрений / Е. О. Башмакова, В. П. Тарабаев, А. М. Плотников // Сборник трудов конференции. — Курганская область, 2014. — С. 8–10.

26. Бекбаев, Р. Мелиоративная эффективность фосфогипса на орошаемых землях бассейна рек Аса-Талас / Р. Бекбаев // Московский экономический журнал. Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Электронная наука» (Москва) — 2016. — С. 34.

27. Бекбаев, Р. Мелиоративная эффективность фосфогипса на орошаемых землях бассейна рек Аса-Талас / Р. Бекбаев // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2017. — № 1. — С. 5–10.

28. Белюченко, И. С. Образование отходов и перспективы их использования в севообороте (IV Международная научная экологическая конференция) / И. С. Белюченко // Экологический вестник Северного Кавказа. Издательство: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. — 2015. — № 4. — С. 80–96.

29. Белюченко, И.С. Влияние фосфогипса на развитие и урожайность посевов озимой пшеницы / И. С. Белюченко, В. В. Гукалов, О. А. Мельников, Ю. Ю. Петух, Л. Б. Попок // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2009. — С. 26–34.
30. Вальков, В. Ф. Генезис почв Северного Кавказа / В. Ф. Вальков. — Ростов, М. : Колос, 1977. — 160 с.
31. Васильева, М. С. Применение фосфогипса на дерново-подзолистых почвах / М. С. Васильева // Новейшие исследования в современной науке: опыт, традиции, инновации. Материалы VII Международной научной конференции. — 2018. — С. 60–65.
32. Васильев, О. А. Состояние и перспективы использования пашни в Чувашской Республике / О. А. Васильев, В. Г. Егоров [и др.] // Молодежь и инновации: Сб. материалов XII Всероссийской научно-практической конференции / ЧГСХА. — Чебоксары, 2016. — С. 3–6.
33. Верещакова, А. А. Агроэкологическая эффективность применения фосфогипса нейтрализованного в качестве поликомпонентного удобрения на посевах риса / А. А. Верещакова, Т. Н. Бондарева // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. — Краснодар, 2023. — С. 138–141.
34. Визирская, М. М. Эффективность применения фосфогипса при возделывании льна масличного и озимой пшеницы / М. М. Визирская, Н. И. Аканова, Л. П. Бельтюков // Плодородие. — 2020. — № 5 (116). — С. 66–68.
35. Волынкин, В. И. Эффективность применения суперфосфата при различном обеспечении фосфором культур зернопарового севооборота в Курганской лесостепи / В. И. Волынкин, О. В. Волынкина // Агрохимия. — 2012. — С. 38–44.
36. Воронова, Е. С. Применение фосфогипса в сельскохозяйственном производстве / Е. С. Воронова // Инновационное развитие сельского хозяйства и актуальные подходы к подготовке кадров для АПК. Сборник

статей 5 национальной научно-практической конференции. — Саратов, 2023. — С. 29–31.

37. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков. — Новосибирск, 2013. — 786 с.

38. Гайфулин, Р. Р. Влияние некорневой подкормки микроудобрениями на формирование урожайности семян ярового рапса / Р. Р. Гайфулин, А. М. Хайруллин // Электронное периодическое издание ЮФУ «Живые и биокосные системы». — 2014. — №8. — С. 12–14.

39. Гилев, С. Д. Технология прямого посева и микробиологическая активность чернозема выщелоченного / С. Д. Гилев // Земледелие. — 2015. — № 3. — С. 28–30.

40. Гнилицкий, М. В. Применение фосфогипса на посевах подсолнечника в условиях чернозема выщелоченного учхоза "Кубань" / М. В. Гнилицкий, Д. А. Семеняков // Энтузиасты аграрной науки. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения ученых-агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича. — 2020. — С. 169–172.

41. Горбачев, В. Н. Проблемы взаимосвязи почв и экологических факторов почвообразования / В. Н. Горбачев // Ульяновский медико-биологический журнал. — 2014. — № 2. — С. 107–116.

42. Горбунова, Н. С. Свинец в системе почве — растение при длительном применении удобрений и мелиорантов в условиях полевого опыта в каменной степи / Н. С. Горбунова, Е. В. Кулькова // Международная научно-практическая конференция посвященная памяти ученых Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина, и Вадима Ивановича Тюльпанова. — Горки, 2019. — С. 33–34.

43. Гребенщикова, Е. А. Влияние химической мелиорации путем внесения золошлаковых отходов на физико-химические свойства почвы /

Е. А. Гребенщикова, Н. А. Юст, М. А. Пыхтеева // Вестник КрасГАУ. Биологические науки. — 2016. — № 6. — С. 3–8.

44. Григорьев, О. Г. Проблемы концепции устойчивого развития в землепользовании / О. Г. Григорьев // Земельный вестник России. — 2013. — № 3. — С. 7–9.

45. Григулецкий, В. Г. Оценка эффективности применения фосфогипса в земледелии / В. Г. Григулецкий, О. В. Ширяев, Р. А. Ивакин // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2021. — Т. 17. № 4. — С. 20–28.

46. Григулецкий, В. Г. Методика оценки эффективности применения фосфогипса в земледелии / В. Г. Григулецкий, О. В. Ширяев, Р. А. Ивакин // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2021. — № 6 (384). — С. 89–94.

47. Гукалов, В. В. Влияние фосфогипса на водно-физические свойства черноземов / В. В. Гукалов, Д. А. Славгородская // Экологический вестник Северного Кавказа. — 2011. — Т. 7. — С. 34–37.

48. Денисов, К. Е. Особенности применения фосфогипса в посевах сои при орошении / К. Е. Денисов, А. В. Кравчук, И. С. Полетаев, А. А. Малышева // Аграрный научный журнал. — 2022. — № 11. — С. 15–18.

49. Добрыдnev, Е. П. Основные результаты исследования агроэкологической эффективности фосфогипса в земледелии Краснодарского края / Е. П. Добрыдnev, М. Ю. Локтионов // Плодородие. — 2013. — № 1. — С. 7–9.

50. Докучаева, Л. М. Влияние различных доз фосфогипса и технологии его внесения на урожайность сельскохозяйственных культур / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сборник научных трудов. — Новочеркасск, 2013. — С. 68–73.

51. Докшин, Я. В. Плодородие почвы, урожайность и качество картофеля в зависимости от форм, доз и способов применения калийных

удобрений в условиях центрального региона России / Я. В. Докшин, Л. С. Федотова // Земледелие. — 2015. — № 7. — С. 28–31.

52. Дюжева, Н. В. Анализ конъюнктуры мирового рынка минеральных удобрений / Н. В. Дюжева, А. А. Тинькова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. — 2020. — № 1. — С. 91–100.

53. Езиев, М. И. Особенности применения серосодержащей нитроаммофоски на посевах озимой пшеницы в условия предгорной зоны КБР / М. И. Езиев // Сборник трудов конференции. — 2018. — С. 58–63.

54. Ергина, Е. И. Применение фосфогипса для химической мелиорации почв Крыма / Е. И. Ергина, М. В. Вердыш // Экологический вестник России. — 2018. — № 1. — С. 23–27.

55. Есаулко, А. Н. Повышение содержания элементов питания в черноземе выщелоченном при внесении различных горных пород / А. Н. Есаулко, Д. В. Калугин, В. В. Кукушкина // Агрехимический вестник. Изд-во: Химия в сельском хозяйстве. — Москва, 2017. — № 4. — С. 23–25.

56. Жапаркулова, Е. Д. Агрэкологические методы повышения плодородия щелочных почв магниевого осолонцевания / Е. Д. Жапаркулова, Н. Р. Бекбаев // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. — 2017. — С. 185–187.

57. Жеруков, Т. Б. Влияние серосодержащей нитроаммофоски на качество зерна озимой пшеницы в условиях подгорной зоны КБР / Т. Б. Жеруков, А. Ю. Кишев, Д. А. Тутукова // Международные научные исследования. — 2016. — С. 76–79.

58. Завалин, А. А. Важнейшие разработки ученых отделения земледелия российской академии сельскохозяйственных наук в 2012 / А. А. Завалин // Плодородие. — 2013. — № 2. — С. 2–4.

59. Захарова, Д. А. Экономическая и биоэнергетическая оценка применения серосодержащих удобрений при возделывании яровой пшеницы / Д. А. Захарова, Е. А. Яшин, А. В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — № 3. — С. 26–31.

60. Захарова, Д. А. Влияние обработки семян серосодержащими удобрениями на продуктивность и качественные показатели зерна яровой пшеницы / Д. А. Захарова, А. Х. Куликова, А. В. Карпов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. — 2018. — № 4. — С. 54–60.

61. Исмаилов, У. Е. Влияние минеральных агроруд на рост и развитие хлопчатника / У. Е. Исмаилов, Д. У. Исмаилов, А. Ж. Арзымбетов, Б. С. Бауатдинов, А. У. Исмаилова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования с. Соленое Займище. — 2016. — С. 1098–1099.

62. Иваницкий, Я. В., Влияние серы на фотосинтетический аппарат, зерновую продуктивность и качество зерна озимой пшеницы / Я. В. Иваницкий, Ю. Ф. Осипов, В. И. Каленич // Аграрная наука (Москва). — 2011. — С. 12–14.

63. Калугин, Д. В. Влияние внесения известняка-ракушечника на содержание элементов питания и урожайность подсолнечника на черноземе выщелоченном / Д. В. Калугин, А. Н. Есаулко, В. В. Кукушкина // Эволюция и деградация почвенного покрова : Сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции. — Ставрополь : Секвойя, 2017. — С. 26–27.

64. Калугин, Д. В. Влияние внесения апатита на содержание элементов питания и урожайность подсолнечника на черноземе выщелоченном / Д. В. Калугин, А. М. Никифорова, С. В. Цховребов // Эволюция и деградация почвенного покрова : Сборник научных статей по

материалам V Международной научной конференции. — Ставрополь : Секвойя, 2017. — С. 24–25.

65. Калугин, Д. В. Влияние внесения известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса на содержание макроэлементов и урожайность подсолнечника на черноземе выщелоченном / Д. В. Калугин, С. В. Цховребов // Эволюция и деградация почвенного покрова : Сборник научных трудов по материалам V Международной научно-практической конференции. — Ставрополь : Секвойя, 2017 — С. 156–158.

66. Кармацких, А. А. Обзор удобрений на основе мочевины с контролируемым высвобождением азота / А. А. Кармацких, Д. С. Редозубов // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. — 2017. — № 2. — С. 63–66.

67. Карпенко, Н. П. Технология восстановления деградированных почв с использованием биомелиоранта на основе фосфогипса / Н. П. Карпенко, Д. К. Егембердиев, А. С. Сейтказиев // Природообустройство. — 2019. — С. 78–82.

68. Касицкий, Ю. И. Эффективность возрастающих доз фосфорных удобрений в зависимости от времени взаимодействия с различными типами почв в одинаковых климатических условиях / Ю. И. Касицкий, С. М. Хачитрян, С. Н. Трофимов // Агрохимия. — 1988. — № 9. — С. 14–23.

69. Касицкий, Ю. И. Общие вопросы установления оптимального содержания подвижного фосфора в почвах / Ю. И. Касицкий // Агрохимия. — 1988. — № 10. — С. 120–140.

70. Кизенек, С. В. Экологические и агроэкономические аспекты применения фосфогипса в сельском хозяйстве / С. В. Кизенек, А. Х. Шеуджен, Н. И. Аканова, М. Ю. Локтинов, А. Н. Лиманский // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего (Пенза). — 2013. — № 09 (13). — С. 206–213.

71. Кирпичников, Н. А. Эффективность фосфоритной муки и суперфосфата при периодическом известковании дерново-подзолистой

суглинистой почвы / Н. А. Кирпичников, С. П. Бижан // Сборник трудов конференции. — 2018. — С. 126–139.

72. Колесников, С. И., Изучение возможности использование мочевины и фосфогипса в качестве мелиорантов нефтезагрязненных почв в модельном опыте / С. И. Колесников, Д. К. Азнаурьян, К. Ш. Казеев, Т. В. Денисова // Агрехимия. — 2011. — С. 77–81.

73. Косодуров, К. С. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистых почвах / К. С. Косодуров, М. С. Васильева // Сурский вестник. — 2018. — № 2 (2). — С. 10–13.

74. Костин, В. И. Влияние серосодержащих удобрений при ранневесенней подкормке на урожайность и качество озимой пшеницы / В. И. Костин, Ф. А. Мударисов, А. И. Семашкина // Нива Поволжья. — 2018. — С. 29–35.

75. Кузина, Е. Е. Влияние природных цеолитов и их сочетаний с навозом на кислотность и насыщенность чернозема, выщелоченного основаниями / Е. Е. Кузина, А. Н. Арефьев, Е. Н. Кузин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2016. — № 1 (17). — С. 380–391.

76. Куанышкалиев, Ж. Ж. Экологическая безопасность применения фосфогипса дигидратата на посевах подсолнечника / Ж. Ж. Куанышкалиев, К. Е. Денисов // Аграрные конференции. — 2021. — № 4 (28). — С. 27–33.

77. Кукушкина, В. В. Изменения в состоянии почвенно-поглощающего комплекса под озимой пшеницей на черноземе выщелоченном при внесении различных горных пород / В. В. Кукушкина, Д. В. Калугин, А. М. Никифорова // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. — Ставрополь : «Секвойя», 2018. — С. 247–249.

78. Куликова, А.Х. Содержание серы в почвах Ульяновской области, урожайность яровой пшеницы и баланс элементов питания в черноземе выщелоченном при применении серосодержащих удобрений / А. Х. Куликова, А. В. Дозоров, Е. А. Черкасов, Д. А. Захарова, В. С. Смывалов // МСХ. — 2019. — № 3. — С. 50–54.

79. Левшаков, Л. В. Эффективность применения серосодержащих удобрений при возделывании яровой пшеницы на зональных почвах Курской области / Л. В. Левшаков, А. В. Чевычелов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2016. — № 1. — С. 54–62.

80. Левшаков, Л. В. Влияние комплексных серосодержащих удобрений на питательный режим и водопотребление сельскохозяйственных культур на зональных почвах Центрального Черноземья / Л. В. Левшаков, А. В. Чевычелов, В. И. Лазарев, М. А. Пятаков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. — 2019. — № 7. — С. 58–65.

81. Ломако, Е. И. Влияние фосфорных удобрений на урожай озимой пшеницы на почвах Волго-Вятского экономического района // Агрохимия. — 1981. — № 9. — С. 35–40.

82. Лукин, С. В. Влияние длительного применения удобрений на плодородие черноземов Центрально-Черноземных областей. — Белгород, 2009. — 348 с.

83. Макаров, Б. И. Оценка эффективности применения глауконита в качестве удобрения для яровых зерновых / Б. И. Макаров, Н. Н. Терещенко, М. А. Рудмин // Научный журнал «Известия КГТУ» (Калининград). — 2020 — № 56 — С. 143–156.

84. Малов, А. В. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на урожайность культур и агрохимические показатели выщелоченного тяжелосуглинистого чернозема / А. В. Малов, А. В. Ивойлов, К. А. Костров // Агрохимия. — 1989. — № 12. — С. 12–17.

85. Мамиев, Д. М. Влияние элементов биологизации на биологическую активность почвы в горной зоне РСО-Алания / Д. М. Мамиев, А. А. Абаев, А. А. Шалыгина // Актуальные и новые направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных культур. — Владикавказ, 2017. — С. 205–253.

86. Мамиев, Д. М. Использование цеолитосодержащих агроруд, биологически активных веществ и биопрепаратов в качестве удобрений под сельскохозяйственные культуры с горной зоне РСО-Алания / Д. М. Мамиев, Э. И. Кумсиев, А. А. Шалыгина // Горное сельское хозяйство. — 2016. — С. 60–67.

87. Маслова, И. Влияние серы на усвоение яровой пшеницей азота, фосфора и калия / И. Маслова // Главный агроном. — 2016. — № 1. — С. 13–17.

88. Маслова, И. Я. Воздействие содержащих серу аэротехнических веществ на некоторые агрохимически значимые процессы и свойства почв / И. Я. Маслова // Агрохимия. — 2008. — № 6. — С. 80–94.

89. Милюткин, В. А. Целесообразность применения азотных серосодержащих удобрений для повышения урожайности и качества сельхозкультур / В. А. Милюткин, Н. Г. Длужевский, О. Н. Длужевский, С. В. Обущенко // Приоритетные направления регионального развития. Сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. — Курган, 2021. — С. 438–442.

90. Миначева, Э. Ш., Аминокислотный скор озимой пшеницы в зависимости от применения серосодержащих азотных удобрений / Э. Ш. Миначева, Ф. А. Мударисов, М. К. Садыгова, В. И. Костин // Пищевые технологии будущего: инновации в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей Международной научно-практической конференции. — 2020. — С. 223–226.

91. Минеев, В. Г. Влияние фосфорных удобрений на агрохимические свойства дерново-подзолистых почв и урожайность сельскохозяйственных культур / В. Г. Минеев, А. А. Коваленко, А. В. Ваулин, Р. А. Афанасьев // *Агрохимия*. — 2009. — № 10. — С. 3–10.

92. Мударисов, Ф. А. Влияние ранневесенней подкормки серосодержащими минеральными удобрениями на качество муки и зерна озимой пшеницы / Ф. А. Мударисов, М. К. Садыгова, Э. Ш. Миначева, А. А. Галиуллин // *Нива Поволжья*. — 2019. — С. 64–72.

93. Муравьев, В. И. Перспективы использования фосфогипса в сельском хозяйстве // *Экологический вестник Северного Кавказа*. — 2010. — С. 85–89.

94. Небытов, В. Г. Влияние ежегодного и запасного внесения суперфосфата и фосфоритной муки в сочетании с навозом и азотно-калийными удобрениями на продуктивность культур и баланса азота, фосфора и калия за ротацию севооборота / В. Г. Небытов, В. И. Мазалов, В. С. Еремина // *Аграрная Россия*. — 2012. — С. 17–21.

95. Некрасов, Р. В. Перспективы применения фосфогипса, как химического мелиоранта, в земледелии Российской Федерации / Р. В. Некрасов, Н. И. Аканова, А. Х. Шеуджен, М. М. Везирская // *Международный сельскохозяйственный журнал*. — 2019. — С. 93–98.

96. Никитишен, В. И. Эффективность последствий фосфорного удобрения в зависимости от остаточного количества фосфатов в почве и обеспеченности растений азотом и влагой / В. И. Никитишен, В. И. Личко, Е. В. Орехова // *Агрохимия*. — 2001. — № 11. — С. 34–42.

97. Носко, Б. С. Минеральные удобрения в системе факторов антропогенной эволюции черноземов / Б. С. Носко // *Почвоведение*. — 1996. — № 12. — С. 1508–1516.

98. Носко, Б. С. Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на фосфатный фонд чернозема типичного

легкоглинистого / Б. С. Носко А. И. Шевченко, В. И. Бабынин, Л. Н. Бурлакова // *Агрохимия*. — 2008. — № 9. — С. 23–28.

99. Окорков, В. В. Использование фосфогипса в земледелии / В. В. Окорков // *Владимирский земледелец*. — 2012. — № 4. — С. 12–19.

100. Омонов, Д. С. Комплексный посевной агрегат для каменистых почв / Д. С. Омонов, И. А. Аширбеков // *Приоритетные направления развития современной науки молодых ученых аграриев. Сб. науч.тр. по материалам V Международной науч.-практ. конф. молодых ученых, посвященной 25-летию ФГБНУ «Прикаспийский НИИ аридного земледелия»*. — Соленое Займище, 2016. — С. 861–863.

101. Панасин, В. И. Эколого-агрохимические аспекты использования глауконитовых песков в земледелии Калининградской области / В. И. Панасин, Е. С. Роньжина, Т. А. Шогенов, Д. А. Рымаренко // *Известия КГТУ*. — 2017. — № 47. — С. 148–156.

102. Пироговская, Г. В. Влияние комплексных удобрений с микроэлементами и орошения на биохимические показатели качества корнеплодов моркови при ранних и поздних сроках уборки / Г. В. Пироговская, Д. Г. Мысливец, И. М. Почницкая // *Почвоведение и агрохимия*. — 2014. — № 1 (52). — С. 347–363.

103. Плечов, Д. В. Влияние регуляторов роста и серосодержащих удобрений на урожайность и качество продукции озимой пшеницы / Д. В. Плечов, В. А. Исачев, Н. Н. Андреев // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. — 2015. — С. 37–41.

104. Плотников, А. М. Продуктивность зернопарового севооборота при использовании фосфогипса и минеральных удобрений / А. М. Плотников, В. П. Тарабаев // *Вестник Курганской ГСХА* Издательство: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т. С. Мальцева (Лесниково). — 2016. — № 3 (19). — С. 44–46.

105. Плотников, А. М. Баланс фосфора в зернопаровом севообороте / А. М. Плотников // Вестник Курганской ГСХА. — 2018. — № 3 (27). — С. 47–49.
106. Подколзин, А. И. Солонцовые почвы Ставрополя, их свойства и приемы улучшения / А. И. Подколзин, С. В. Беликова, А. В. Бурлай. — Ставрополь : Ставропольское кн. изд-во, 2004. — 320 с.
107. Пропастина, Е. П. Содержание тяжелых металлов в зерне кукурузы при внесении минеральных удобрений / Е. П. Пропастина, А. А. Лиховидова, А. С. Зиборов // Международная конференция «Докучаевские молодежные чтения». — 2019. — С. 153–154.
108. Проценко, Е. П. Влияние сельскохозяйственного использования на некоторые свойства черноземов Восточного Предкавказья / Е. П. Проценко // Почвоведение. — 2013. — № 4. — С. 131–139.
109. Семенов, В. А. Качественная оценка сельскохозяйственных земель. — Минск, 2014. — С. 89.
110. Сейтказиев, А. С., Технология восстановления деградированных почв с использованием биомелиоранта на основе фосфогипса / А. С. Сейтказиев, Д. К. Егембердиев, А. С. Сейтказиев, Х. И. Турсунбаев // Природообустройство. Издательство: Российский государственный аграрный университет — МСХА им. К. А. Тимирязева (Москва). — 2019. — № 1. — С. 78–83.
111. Сизов, В. В. Оценка качества и кадастровая оценка почв Владимирской области на основе единого государственного реестра почвенных ресурсов России / В. В. Сизов, А. К. Оглезнев // Системы интенсификации земледелия как основа инновационной модернизации аграрного производства. — Суздаль. — 2016. — С. 272–276.
112. Синявский, И. В. Зависимость продуктивности севооборота от применения фосфогипса и удобрений / И. В. Синявский, А. М. Плотников, А. В. Созинов, Н. Д. Гущенская // Аграрный научный журнал. — 2022. — № 1. — С. 37–42.

113. Солтанаева, А.М. Изменение показателей плодородия серо-коричневых почв в зависимости от применения серосодержащих фосфорных удобрений / А. М. Солтанаева, Б. У. Сулейменов, С. И. Танирбергенов, Г. А. Сапаров // Почвоведение и агрохимия. — 2020. — № 4. — С. 96–104.

114. Слюсарев, В. Н. Свойства чернозема выщелоченного и его обеспеченность сульфатами при различных технологиях выращивания озимой пшеницы / В. Н. Слюсарев // Агроэкологические проблемы в сельском хозяйстве: сборник научных трудов. — Воронеж, ГАУ. — 2005. — Ч. 2. — С. 107–111.

115. Слюсарев, В. Н. Свойства чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и обеспеченность его серой / В. Н. Слюсарев // Труды Кубанского госагроуниверситета. — 2006. — № 2. — С. 157–166.

116. Слюсарев, В. Н. Сера в почвах Северо-западного Кавказа (агроэкологические аспекты): монография. — Краснодар: КубГАУ, 2007. — 230 с.

117. Сулейменов, Б. У. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от серосодержащих удобрений в условиях юга Казахстана / Б. У. Сулейменов, А. М. Солтанаева, С. И. Танирбергенов, Н. М. Токсейтов // Шаг в будущее: теоретические и прикладные исследования современной науки. — 2018. — С. 49–54.

118. Сулейменов, Б.У. Эффективность применения серосодержащих удобрений под озимую пшеницу в условиях серо-коричневых почв юга Казахстана / Б. У. Сулейменов, А. М. Солтанаева // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции в рамках XXVIII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2018». Башкирский государственный аграрный университет. — 2018. — С. 161–167.

119. Сухова, О. В. Опыт применения фосфогипса на солонцовых почвах / О. В. Сухова // Перспективы использования инновационных форм

удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. — Москва, 2020. — С. 150–154.

120. Сушеница, Б. А. Фосфатный уровень почв и его регулирование. — М. : Колос, 2007. — 376 с.

121. Сычев, В. Г. Эффективность фосфорных удобрений на почвах России и основные направления исследований по агрохимии фосфора / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, С. Н. Адрианов // Бюл. географ. сети опытов с удобрениями. Вып. 10. — М. : ВНИИА, 2010. — 48 с.

122. Сычев, В. Г. Состояние и эффективность химической мелиорации почв в земледелии Российской Федерации / В. Г. Сычев, И. А. Шильников, Н. И. Аканова // Плодородие. — 2013. — № 1. — С. 9–13.

123. Танделов, Ю. П. Влияние серосодержащих удобрений на урожай яровой пшеницы / Ю. П. Танделов, М. С. Быстрова // Агрохимический вестник. — 2007. — № 4. — С. 29–31.

124. Терещенко, Е. В. Влияние фосфогипса в качестве серосодержащего удобрения на прорастание семян озимой пшеницы / Е. В. Терещенко, Г. С. Кихаев // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. — 2009. — С. 204–207.

125. Тишков, Н. М. Применение серосодержащих удобрений под масличные культуры на черноземах выщелоченных / Н. М. Тишков, А. А. Дряхлов, В. Н. Слюсарев // Масличные культуры. — 2014. — № 2. — С. 159–160.

126. Трифонов, А. А. Опыты с фосфоритом и суперфосфаритом 1914–1921 гг. // Тр. Шатиловской опытн. станции. — 1925. — № 16. — 96 с.

127. Трусс, П. С. Изменение свойств почвы и повышение урожайности зерновых культур под влиянием длительного применения фосфатов // Химизация соц. земледелия. — 1940. — № 6. — С. 28–31.

128. Умаров, А. Б. Изменение численности микроорганизмов чернозема южного при внесении фосфогипса и серосодержащих удобрений /

А. Б. Умаров, В. С. Цховребов [и др.] // Вестник АПК Ставрополя. — 2019. — № 2 (34). — С. 74–78.

129. Умаров, А. Б. Влияние внесения фосфогипса и серосодержащих удобрений на содержание элементов питания на черноземе южном / А. Б. Умаров, В. С. Цховребов [и др.] // Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина. — Краснодар. — 2019. — С. 325–328.

130. Умаров, А. Б. Применение фосфогипса и серосодержащих удобрений под озимой пшеницей на черноземе южном / А. Б. Умаров, В. С. Цховребов [и др.] // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах (по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ). — 2018. — С. 111–114.

131. Фаизова, В. И. Изменение свойств и микробиологических показателей черноземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании: дисс. на соиск. степени доктора с.-х. наук. — Ставрополь, 2017. — 516 с.

132. Федотова, Л. С. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистой почве в севообороте с картофелем / Л. С. Федотова, Н. И. Аканова, К. С. Косодуров // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. — 2019. — № 2. — С. 41–50.

133. Хаджинов, Н. И. К вопросу химической мелиорации солонцов и солонцевато-слитых почв известняком в сочетании с кислотами / Н. И. Хаджинов // Сб. науч. тр. Ставроп. СХИ. — 1983. — Вып. 45, Т. 2. — С. 21–27.

134. Ханиева, И. М. Особенности влияния серосодержащей нитроаммофоски на показатели качества зерна озимой пшеницы /

И. М. Ханиева, Т. Б. Жеруков, А. Ю. Кишев, А. Р. Саболиров // Земля. — 2018. — № 1. — С. 44–47.

135. Холомьева, Л. Н. Агроэкологическая и экономическая эффективность применения фосфогипса в орошаемом земледелии / Л. Н. Холомьева, С. И. Шкуркин, Н. И. Аканова, К. Е. Денисов, М. Н. Можаренко // Плодородие. — 2023. — № 4 (133). — С. 87–90.

136. Холомьева, Л. Н. Эффективность применения фосфогипса на дерново-подзолистой почве в посевах зерновых культур / Л. Н. Холомьева, М. Н. Можаренко // Современные проблемы агрохимии, агропочвоведения и агроэкологии. Материалы 56-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 150-летию со дня рождения академика Константина Каэтановича Гедройца. — Москва, 2023. — С. 155–161.

137. Цховребов, В. С., Влияние применения фосфогипса на содержание элементов питания и урожайность горчицы на черноземе выщелоченном СтГАУ / В. С. Цховребов, Д. В. Дубинин, Д. В. Калугин, В. В. Борзенко // Эволюция и деградация почвенного покрова. Сборник научных статей по материалам VI Международной научной конференции. — Ставрополь, 2022. — С. 339–341.

138. Цховребов, В. С. Влияние внесения фосфогипса на содержание макро- и микроэлементов на черноземе выщелоченном / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, А. М. Никифорова, В. И. Фаизова, А. Н. Марьин // Эволюция и деградация почвенного покрова : сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции (2017). Издательство: Общество с ограниченной ответственностью «Секвойя» (Ставрополь). — 2017. С. 62–63.

139. Цховребов, В. С. Влияние внесения горных пород на содержание макроэлементов в черноземе выщелоченном и урожайность подсолнечника / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин // Сб. материалов международной научно-практической конференции. — Нижний Новгород, 2017. — С. 290–293.

140. Цховребов, В. С. Изменение урожайности и экономической эффективности выращивания кукурузы на зерно в результате реминерализации чернозема выщелоченного / В. С. Цховребов, Д. В. Калугин, В. В. Кукушкина, А. А. Новиков // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина и 80-летию члена-корреспондента РАН Кудеярова. — 2019. — С. 219–224.

141. Цховребов, В. С. Влияние реминерализации чернозема выщелоченного на содержание подвижного фосфора / В. С. Цховребов, В. В. Кукушкина, Д. В. Калугин, В. Я. Лысенко, А. Б. Умаров // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти ученых Аллы Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова. — Горки, 2018. — С. 180–182.

142. Цховребов, В. С. Содержание обменных и валовых форм калия в почвах Ставропольского края / В. С. Цховребов, О. А. Оганезова, В. И. Фаизова, А. М. Никифорова // Плодородие. — 2013. — № 5. — С. 8–9.

143. Цховребов, В. С. Влияние фосфогипса и серосодержащих удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, А. М. Никифорова, Д. В. Калугин // Агрехимический вестник Издательство: Редакция «Химия в сельском хозяйстве». Москва. — 2018. — № 4. — С. 21–23.

144. Цховребов, В. С. Влияние внесения фосфогипса и серосодержащих удобрений на урожайность озимой пшеницы в повторных посевах на черноземе южном / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, В. И. Фаизова, А. М. Никифорова // Сборник трудов конференции. — Ставрополь, 2019. — С. 215–218.

145. Цховребов, В. С. Влияние внесения фосфогипса и серосодержащих удобрений на урожайность озимой пшеницы в повторных посевах на черноземе южном / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, В. И. Фаизова,

А. М. Никифорова / Сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию кафедры почвоведения Кубанского государственного аграрного университета имени И. Т. Трубилина. — Краснодар, 2019. — С. 215–218.

146. Цховребов, В. С. Влияние фосфогипса и удобрений на содержание элементов питания и урожайность озимой пшеницы на черноземе южном / В. С. Цховребов, А. Б. Умаров, В. И. Фаизова, Л. А. Сенькова, А. А. Новиков // Земледелие. — 2019. — № 7. — С. 15–17.

147. Цховребов, В. С. Анализ мелиоративного эффекта от применения горных пород и фосфогипса на черноземе выщелоченном на примере озимой пшеницы / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова, Д. В. Дубинин, В. Я. Лысенко // Агрохимический вестник. — 2022. — № 4. — С. 61–65.

148. Цховребов, В. С. Влияние применения фосфогипса на содержание элементов питания и урожайность горчицы на черноземе выщелоченном СтГАУ / В. С. Цховребов, Д. В. Дубинин, Д. В. Калугин, В. В. Борзенко // Эволюция и деградация почвенного покрова. Сборник научных статей по материалам 6-й Международной научной конференции. — Ставрополь, 2022. — С. 339–341.

149. Цховребов, В. С. Факторы почвообразования Центрального Предкавказья: коллективная монография. — Ставрополь : Агрус, 2020. — 108 с.

150. Чумаченко, И. Н. Аспекты исследований фосфатного режима почв и оптимизация эффективности фосфорных удобрений / И. Н. Чумаченко // Совершенствование методологии исследований фосфатного режима почв, оптимизация фосфатного питания растений и баланс фосфора в агроэкосистемах. — М. : ВНИИПТИХИМ, 1999. — С. 23–49.

151. Шалашова, О. Ю. Изменение физико-химических свойств чернозема обыкновенного среднесолонцеватого под влиянием удобрительно-мелиорирующих смесей / О. Ю. Шалашова, Н. А. Иванова // Вестник ОмГАУ. — 2016. — № 2 (22).

152. Шафран, С. А. Динамика применения удобрений и плодородие почв / С. А. Шафран // *Агрохимия*. — 2004. — № 1. — С. 9–17.

153. Шафран, С. А., Окупаемость фосфорных удобрений прибавкой урожайности озимой и яровой пшеницы на почвах России / С. А. Шафран, В. А. Прошкин, С. Н. Адрианов, Е. В. Шаброва // *Агрохимия*. — 2011. — № 11. — С. 9–21.

154. Шевченко, Д. А. Итоги обследования деградированных земель северо-западной части Ставропольской возвышенности и предложения по их охране / Д. А. Шевченко // *Вестник АПК Ставрополя*. — 2013. — № 1. — С. 32–35.

155. Шеуджен, А. Х. Научные основы применения фосфогипса нейтрализованного в качестве поликомпонентного удобрения в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, О. А. Гуторова [и др.] // *Плодородие*. — 2018. — № 1 (100). — С. 38–42.

156. Шеуджен, А. Х. Содержание и формы соединений хрома в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья условиях агрогенеза / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, В. П. Суетов [и др.] // *Научный журнал КубГАУ*, 2018. — № 140.

157. Шеуджен, А. Х. Эффективность применения фосфогипса нейтрализованного в рисовом севообороте / А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева, П. Н. Хачмамук [и др.] // *Международный научно-исследовательский журнал*. — 2016. — № 12-1 (54). — С. 163–167.

158. Ющенко, И. С. Оценка фосфогипса на территории ОАО «Гомельский химический завод» и способов его применения / И. С. Ющенко // *Вестник Пермского университета. Геология*. — 2023. — Т. 22. № 3. — С. 282–287.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Среднемесячная температура воздуха в годы исследований и ее отклонение от нормы

Показатели	Месяцы												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Норма	-3,1	-2,1	3,1	11,4	16,8	21,1	23,7	22,7	17,2	10,3	4,3	0	10,5
2015	-0.9	0.5	4.8	10.4	17.3	22.7	24.9	25.7	21.6	9.2	6.5	2.5	12,1
отклонение	+2.2	+1.6	+1.7	-1	+0.5	+1.6	+1.2	+3	+4.4	-1.1	+2.2	+2.5	+1,6
2016	-2.4	4.2	6.4	13.2	16.7	22.2	24.2	25.9	16.5	8.8	4.1	-4.2	11,3
отклонение	+0.7	+2.1	+3.3	+1.8	-0.1	+1.1	+0.5	+3.2	-0.7	-1.5	-0.2	-4,2	+0,8
2017	-1.5	-2.1	6.7	10.6	16.2	21.0	25.5	26.7	21.1	11.1	5.0	3.9	12,0
отклонение	+1,6	0	+3.6	-0.8	-0.6	-0.1	+1.8	+4	+3.9	+0.8	+0.7	+3.9	+1,5

Сумма осадков по месяцам и за годы исследований и ее отклонение от нормы

Показатели	Месяцы												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Норма	37	28,8	31,9	43,8	57,5	62,0	57,8	51,9	35,4	37,3	45,8	47,3	536,5
2015	25	18	24	32	107	107	40	0	56	47	46	54	555
% к норме	67	62	75	73	186	172	69	0	158	126	100	114	103,4
2016	86	16	52	24	135	60	169	73	54	27	44	53	792
% к норме	232	55	163	54	234	96	292	140	154	72	96	112	147
2017	18	50	41	58	61	69	4	28	6	74	11	68	526
% к норме	48	173	128	132	106	111	7	53	17	198	24	143	98

**Влияние применения фосфогипса и удобрений на содержание
элементов питания, мг/кг (2015 г.)**

№	Варианты опыта	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1	Контроль	9,2	19,6	331	3,5
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	12,5	25,8	324	6,3
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	14,5	26,6	330	7,2
4	Фосфогипс — 3 т/га	11,7	25,3	333	5,2
5	Фосфогипс — 6 т/га	14,8	27,5	327	5,9
6	Фосфогипс — 12 т/га	17,9	28,3	324	6,2
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	22,4	29,4	337	7,0
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	24,5	30,7	322	8,5
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	25,9	33,8	325	8,7
10	N ₄₂ P ₃₆	23,0	27,2	336	4,5
	НСР 05 мг/кг	1,4	2,2	11,2	1,3

**Влияние применения фосфогипса и удобрений на содержание
элементов питания, мг/кг (2016 г.)**

№	Варианты опыта	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1	Контроль	9,0	18,8	320	4,3
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	12,4	23,4	329	6,4
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	13,6	23,9	327	6,7
4	Фосфогипс — 3 т/га	12,9	22,0	325	6,5
5	Фосфогипс — 6 т/га	14,4	24,1	323	7,6
6	Фосфогипс — 12 т/га	14,8	24,6	325	9,9
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	21,3	32,3	328	11,9
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	22,4	33,7	322	12,5
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	21,9	35,8	324	13,9
10	N ₄₂ P ₃₆	18,8	25,6	317	5,1
	НСР 05 мг/кг	1,8	2,0	10,8	1,2

**Влияние применения фосфогипса и удобрений на содержание
элементов питания в почве, мг/кг (2017 г.)**

№	Варианты опыта	NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1	Контроль	6,6	20,9	329	3,3
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	9,6	27,9	323	7,4
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	11,6	28,1	326	8,7
4	Фосфогипс — 3 т/га	7,7	24,6	327	6,5
5	Фосфогипс — 6 т/га	8,2	25,7	328	7,6
6	Фосфогипс — 12 т/га	8,4	26,3	328	7,9
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	17,5	30,1	327	8,9
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	17,7	30,9	317	10,5
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	19,6	31,1	321	12,9
10	N ₄₂ P ₃₆	16,6	27,0	322	5,4
	НСР 05 мг/кг	2,1	2,5	9,6	1,4

**Содержание подвижных форм микроэлементов в черноземе южном
под озимой пшеницей в среднем за 2016–2017 гг., мг/кг.**

№	№ варианта	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo
1	Контроль	2,33	9,84	0,14	0,47	0,051	0,053
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,37	9,79	0,15	0,48	0,055	0,052
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	2,36	9,84	0,14	0,49	0,057	0,055
4	Фосфогипс — 3 т/га	2,36	9,92	0,15	0,52	0,068	0,063
5	Фосфогипс — 6 т/га	2,43	10,7	0,15	0,57	0,070	0,077
6	Фосфогипс — 12 т/га	2,57	12,5	0,16	0,58	0,077	0,084
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	2,38	10,7	0,15	0,54	0,065	0,066
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	2,44	11,2	0,16	0,55	0,069	0,078
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	2,59	12,8	0,17	0,58	0,079	0,088
10	N ₄₂ P ₃₆	2,35	9,80	0,15	0,45	0,056	0,062
	НСР ₀₅ , мг/кг	0,08	0,12	0,013	0,031	0,0033	0,0024

**Содержание азота и фосфора в озимой пшенице по фазам ее
развития в среднем за 2016–2017 гг., %**

№ п/п	Варианты опыта	Фаза выхода в трубку		Фаза цветения	
		N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1	Контроль	4,65	0,47	3,23	0,33
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	5,15	0,52	3,34	0,34
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	5,35	0,54	3,39	0,35
4	Фосфогипс — 3 т/га	5,00	0,52	3,42	0,35
5	Фосфогипс — 6 т/га	5,30	0,54	3,41	0,36
6	Фосфогипс — 12 т/га	5,57	0,57	3,46	0,38
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	6,16	0,59	3,60	0,36
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	6,29	0,63	3,65	0,39
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	6,50	0,68	3,60	0,41
10	N ₄₂ P ₃₆	6,03	0,58	3,47	0,37
	НСР ₀₅ мг/кг	0,35	0,033	0,26	0,021

Содержание микроэлементов в озимой пшенице в фазу выхода в трубку (мг/кг) в среднем за 2016–2017 гг., %

№ варианта	Фаза выхода в трубку					
	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo
Контроль	2,35	42,4	1,72	9,2	0,24	0,18
N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	2,36	42,0	1,79	9,6	0,26	0,19
N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	2,34	42,5	1,82	9,5	0,26	0,19
Фосфогипс — 3 т/га	2,35	43,2	1,81	9,6	0,25	0,20
Фосфогипс — 6 т/га	2,30	45,8	1,83	9,8	0,28	0,23
Фосфогипс — 12 т/га	2,43	49,5	1,85	9,8	0,30	0,27
Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	2,35	44,1	1,82	9,6	0,25	0,22
Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	2,37	45,5	1,83	9,8	0,28	0,24
Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	2,43	50,3	1,85	10,2	0,30	0,29
N ₄₂ P ₃₆	2,38	42,8	1,77	9,6	0,25	0,21
НСР ₀₅	0,2	2,3	0,11	0,38	0,03	0,03

Количество различных физиологических групп микроорганизмов под озимой пшеницей в 2016 и 2017 гг.

№ п/п	Вариант	Аммонификаторы, млн КОЕ/г		Нитрификаторы, млн КОЕ/г		Грибы, тыс. КОЕ/г		Целлюлозораз рушающие, тыс. КОЕ/г		Азотфиксаторы, тыс. КОЕ/г	
		2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017	2016	2017
1	Контроль	78,8	56,6	59,4	48,0	112	80	245	233	62,9	68
2	N ₃₀ P ₃₀ S ₂₁	120,1	90,3	66,4	52,4	120	86	259	251	66,4	72
3	N ₅₀ P ₅₀ S ₃₅	131,8	102,4	76,2	59,8	105	95	298	316	74,8	77
4	Фосфогипс — 3 т/га	137,0	109,6	92,2	69,3	154	122	324	332	62,9	82
5	Фосфогипс — 6 т/га	147,1	112,2	135,9	91,4	160	134	336	351	67,8	84
6	Фосфогипс — 12 т/га	150,0	121,1	149,0	111,6	163	157	364	387	77,5	96
7	Фосфогипс — 3 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	172,6	136,0	153,3	126,7	167	158	388	408	83,9	104
8	Фосфогипс — 6 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	191,3	144,8	176,2	140,4	174	162	478	488	88,9	114
9	Фосфогипс — 12 т/га+ N ₄₂ P ₃₆	202,2	165,5	192,8	158,0	191	178	502	680	93,0	155
10	N ₄₂ P ₃₆	127,8	100,9	103,6	92,1	155	113	288	301	75,5	80
	НСР ₀₅	18,3		14,4		9,3	9,8	16,3	15,7	11,2	9,4

«Утверждаю»

Председатель СПК колхоза «Родина»

Л.Г.Душка

25 марта 2024г.

Акт внедрения

Результаты научных исследований Умарова Александра Борисовича по диссертационной работе на тему « Влияние серосодержащих удобрений и фосфогипса на агрохимические и микробиологические показатели чернозёма южного Центрального Предкавказья и урожайность звена севооборота» приняты к внедрению в производстве с/х культур в СПК колхозе «Родина» на площади 727га.

Старший гидротехник
СПК колхоза «Родина»

А.Н. Ищенко

Адрес организации: 356041, Ставропольский край, Красногвардейский район,
с. Дмитриевское, ул. Пушкина 24 СПК колхоза «Родина».