

На правах рукописи

КУКУШКИНА Валерия Валерьевна

**ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ ПОРОД
НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЧЕРНОЗЁМА
ВЫЩЕЛОЧЕННОГО И УРОЖАЙНОСТЬ ЗВЕНА СЕВООБОРОТА**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» на кафедре агрохимии и физиологии растений.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры агрохимии
и физиологии растений
Есаулко Александр Николаевич

Официальные оппоненты: **Дзанагов Созирко Хасанбиевич**,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, ФГБОУ ВО «Горский
государственный аграрный университет»,
заведующий кафедрой агрохимии
и почвоведения;

Онищенко Людмила Михайловна,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный университет
имени В. Т. Трубилина», профессор кафедры
агрохимии

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Воронежский
государственный аграрный университет
имени Петра I»**

Защита диссертации состоится 27 декабря 2018 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. 3, тел/факс. 8(8652) 34-58-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» www.stgau.ru.

Автореферат размещён на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии РФ <http://vak.ed.gov.ru>

Автореферат разослан «___» _____ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Фаизова Вера Ивановна

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В процессе почвообразования происходит выветривание минеральной основы почв и вынос продуктов выветривания с надпочвенным и внутрипочвенным стоком. Эта проблема усугубляется в агроценозах, так как на пашне идёт постоянное отчуждение элементов питания вместе с урожаем. В таких условиях неизбежно обеднение почв элементами питания и снижение эффективного плодородия.

Можно ли решить эту проблему с помощью удобрений? Внесение минеральных удобрений направлено на повышение продуктивности сельскохозяйственных угодий. При возрастании биомассы растений мы добиваемся увеличения выноса элементов питания вместе с возросшим урожаем. С удобрениями вносится один или несколько элементов питания. В рацион сельскохозяйственных растений входит большинство элементов системы Менделеева, вынос которых не восполняется с удобрениями.

В целях увеличения плодородия почв необходимо периодически проводить реминерализацию минеральной основы горными породами, богатыми по химическому составу.

Степень разработанности темы. Анализ литературных источников свидетельствует о том, что применение различных горных пород на почвах южной и центральной России приводит к улучшению режима питания растений, изменению свойств почв и повышению урожайности сельскохозяйственных культур (Азимбаев С. А. и др., 2016; Арефьев А. Н., 2014; Баутдинов Т. С., 2016; Васильев А. А., 2005; Кузин Е. Н., 2015; Куликова А. Х. и др., 2007; Лукманов А. А., 2014; Мамиев Д. М., 2011; Соловьев А. С., 2014; Яппаров А. Х. и др., 2013). Представленные результаты исследования во многом подтверждают выводы авторов, но есть и свои особенности, обусловленные почвенными и климатическими условиями зоны исследований.

Цель и задачи исследований. Целью исследований являлось определение влияния последствия горных пород на агрохимические показатели плодородия чернозёма выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур в звене севооборота в условиях Центрального Предкавказья.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) изучить динамику содержания подвижных форм макро- и микроэлементов в 0–20 см слое почвы при внесении горных пород;
- 2) определить содержание макро- и микроэлементов в растениях звена севооборота в результате реминерализации чернозёма выщелоченного;
- 3) установить изменение состояния и химического состава почвенного поглащающего комплекса в связи с изучаемыми приемами;
- 4) выявить влияние горных пород на численность микроорганизмов в почве;

5) определить урожайность, качество и экономическую эффективность возделывания сельскохозяйственных культур при внесении различных горных пород.

Научная новизна исследований: впервые в условиях Центрального Предкавказья изучалось влияние последействия от применения горных пород на агрохимические показатели плодородия чернозема выщелоченного, биологическую активность почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в звене севооборота. Изучено содержание элементов питания в системе почва – растение, содержание и качественный состав микроорганизмов основных физиологических групп чернозёма выщелоченного в зависимости от последействия горных пород.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в том, что результаты эксперимента станут основой для теоретических расчетов доз внесения различных горных пород и разработки практических рекомендаций сельскохозяйственным предприятиям по повышению плодородия почв.

Результаты исследований используются в образовательном процессе при проведении лекционных и лабораторных занятий по дисциплинам «Почвоведение» и «Микробиология» для студентов ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Применение горных пород увеличивает содержание подвижных форм макро- и микроэлементов в почве и растениях.

2. Горные породы изменяют химический состав и соотношение катионов в системе почвенно-поглощающего комплекса и изменяют рН среды в сторону подщелачивания.

3. Дозы и сочетания горных пород увеличивают численность и разнообразие почвенной микрофлоры.

4. На протяжении двенадцати лет от закладки стационара мелиоративный эффект от отдельного и совместного применения горных пород снижается, но с экономической точки зрения остается выгодным.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в учебно-опытном хозяйстве СтГАУ и в СПК колхозе «Родина» Красногвардейского района на общей площади 987 га. Применение горных пород позволило увеличить урожайность сельскохозяйственных культур на 25–30 %.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались ежегодно (2015–2018 гг.) на конференциях Ставропольского ГАУ, V Международной научной конференции «Эволюция и деградация почвенного покрова» (г. Ставрополь, 19–22 сентября 2017 г.), конференции «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах» (4–5 октября 2018 г.).

Объём и структура работы. Диссертация изложена на 159 страницах машинописного текста, состоит из введения, восьми глав, заключения, предложения производству, списка литературы и приложений. В тексте

содержится 9 таблиц, 49 рисунков и 20 приложений. Список используемой литературы включает 152 наименования, в том числе 1 на иностранном языке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе приводится обзор литературы, касающейся вопросов изменения при сельскохозяйственном использовании таких показателей, как содержание гумуса, элементов питания, физических и физико-химических свойств, а также микробиологические характеристики. Также были изучены методы повышения плодородия почв при помощи внесения различных горных пород.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований является чернозем выщелоченный, мощный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидном суглинке, местом проведения исследований – опытная станция СтГАУ.

Опытная станция СтГАУ расположена в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. Сумма осадков более 600 мм при сумме активных температур за вегетационный период 2800–3000°, ГТК = 1,1–1,3.

Погодные условия были близки к типичным, однако нельзя не отметить, что температуры воздуха были выше нормы в 2016 и 2017 годах в период активной вегетации подсолнечника и кукурузы. Количество осадков также было меньше среднемноголетних в 2015 и 2016 годах. Наиболее сухими были летние месяцы.

Осуществлялось изучение последствий раздельного и совместного внесения горных пород. Схема вариантов опыта: 1) контроль; 2) известняк-ракушечник 6 т/га; 3) известняк-ракушечник 12 т/га; 4) апатит 1,5 т/га; 5) апатит 3,0 т/га; 6) фосфогипс 12 т/га; 7) известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га; 8) известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3,0 т/га; 9) известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га + гипс 12 т/га; 10) известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3,0 т/га + гипс 12 т/га.

Опыт заложен в 2006 году. Было опубликовано достаточно статей по материалам, полученным из данного стационара, и защищена диссертация Калугиным Д. В. в 2010 году. Мы исследовали последствия горных пород. В 2015 году на 10-й год последствий высевалась озимая пшеница сорта «Юка», в 2016 году на 11-й год – подсолнечник гибрид «Барс» и на 12-й год последствий в 2017 году – кукуруза на зерно гибрид «СИ Вералия».

Выбор горных пород обусловлен содержанием в них большого количества микро- и макроэлементов. Известняк-ракушечник содержит: Са – 35–38 %; Mg – 0,49 %; P₂O₅ – 0,25 %, и микроэлементы: В – 0,2 %; Mn –

1,5 %; Cu – 0,5 %; Zn – 1,5 %; Co – 0,2 %; Mo – 0,14 %. Доставлена была эта порода из карьера горы Недреманной (30 км от опытного участка).

Апатит с Кольского полуострова транспортируется в г. Лермонтов для производства фосфорных удобрений. Содержит: P₂O₅ – 41,4 %; CaO – 55,4 %; В– 0,16 %; Mn – 2,4 %; Cu – 0,4 %; Zn – 1,3 %; Co – 0,09 %; Mo – 0,1 %.

Фосфогипс – отход от производства фосфорных удобрений. Он содержит: Ca – 20–22 %; Mg – 1,5 %; P₂O₅ – 3,2 %; SO₄ – 20,4 %; F – 0,17–0,20 %; В–0,1 %; Mn – 1,0 %; Cu– 0,01 %; Zn – 0,05 %; Co – 0,03 %; Mo – 0,05 %.

Почвенные образцы под озимой пшеницей были отобраны из зоны ризосферы в сроки посева, кущения, выхода в трубку, цветения, молочной спелости, молочно-восковой спелости и полной спелости, под подсолнечником были в сроки посева, бутонизации, цветения и полной спелости, под кукурузой в сроки посева, 3–4 листа, цветения, спелости.

Исследования проводились по следующим методикам: **содержание в почве** подвижного фосфора и калия – по Мачигину в модификации ЦИНАО; подвижной серы – по методу ЦИНАО ГОСТ 26490–85; подвижного бора – по методу Бергера и Труога; подвижных форм марганца, кобальта, цинка, меди – по методу Пейве и Ринькиса; подвижного молибдена – по методу Грига; сумму поглощённых оснований и гидролитическую кислотность по Каппену-Гильковице; рН – потенциометрическим методом; **определение содержания в растениях:** азота – фотометрическим методом с использованием реактива Несслера; фосфора – по методу Труога-Мейера; определение микроэлементов в растениях по общепринятым методикам; стекловидность – ГОСТ 10987–76; количество и качество клейковины – ГОСТ 13586.1–68.

3. ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВНЕСЕНИИ ГОРНЫХ ПОРОД

3.1. Содержание макроэлементов

Определение содержания макро- и микроэлементов под сельскохозяйственными культурами производили в основные фазы роста и развития, как это представлено в методике исследований. Ввиду отсутствия существенного различия в изучаемом показателе в сезонном цикле для удобства восприятия были рассчитаны средние значения показателей за вегетационный период. В 2015 году высевалась озимая пшеница. Отмечено, что наименьшее содержание подвижного фосфора под этой культурой было на контроле и составляло 18,6 мг/кг (табл. 1). Внесение известняка-ракушечника в различных дозах увеличило количество P₂O₅ на 3,5–3,8 мг/кг. При внесении апатита в дозах 1,5 и 3,0 т/га такое увеличение составило 4,3 и 5,2 мг/кг соответственно. Наибольшие показатели были отмечены на варианте с применением известняка-ракушечника 12 т/га + апатита 3,0 т/га + фосфогипса 12 т/га. Не было выявлено значительного изменения в содержании обменного калия под озимой пшеницей.

Таблица 1 – Среднее содержание подвижных фосфора, калия и серы в 0–20 см слое почвы в результате последействия горных пород, мг/кг

Вариант опыта	Озимая пшеница			Подсолнечник			Кукуруза		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	P ₂ O ₅	K ₂ O	S
1. Контроль	18,6	242	3,1	19,6	213	3,5	18,2	220	3,2
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	22,3	249	3,5	21,5	225	4,1	21,2	224	3,4
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	22,6	253	3,8	22,4	239	4,2	22,3	235	3,8
4. Апатит 1,5 т/га	23,0	254	3,7	22,7	225	3,8	22,9	230	3,5
5. Апатит 3 т/га	23,8	262	3,8	23,7	225	3,9	23,8	228	3,7
6. Фосфогипс 12 т/га	21,7	258	5,8	22,2	221	5,9	21,5	228	6,0
7. Известняк-ракушечник 6 т/га+апатит 1,5 т/га	23,7	258	4,4	21,7	231	4,4	23,3	229	4,1
8. Известняк-ракушечник 12 т/га +апатит 3 т/га	24,3	259	4,5	22,5	233	4,7	24,6	230	4,3
9. Известняк-ракушечник 6 т/га+апатит 1,5 т/га +фосфогипс 12 т/га	23,9	258	5,9	23,9	232	6,5	24,2	231	6,1
10. Известняк-ракушечник 12 т/га+апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	24,4	261	6,3	24,3	237	6,5	24,2	229	6,3
НСР ₀₅ мг/кг	0,9	8,8	0,3	1,0	9,0	0,4	0,8	8,7	0,4

В содержании подвижной серы наблюдается совсем иная картина. Наименьшее её содержание в среднем за вегетацию было на контроле и составило 3,11 мг/кг. При внесении фосфогипса количество серы увеличивается почти в 2 раза. При внесении всех горных пород исследуемая величина имеет тенденцию дальнейшего возрастания. Почвы из разряда низкообеспеченных переходят в разряд среднеобеспеченных.

Содержание P₂O₅ под подсолнечником увеличивается до 21,5 и 22,4 мг/кг на вариантах с применением апатита. При совместном применении горных пород определяющим фактором является доза внесения апатита. Наиболее высокое содержание подвижного фосфора было на варианте с применением известняка-ракушечника 12 т/га, апатита 3,0 т/га и фосфогипса 12 т/га (табл. 1). На этом варианте исследуемая величина достигла 24,3 мг/кг, что на 4,7 мг/кг выше по сравнению с контролем. И всё же на 11-й год последействия наблюдается снижение мелиоративного эффекта.

При определении содержания подвижной серы выявили аналогичную зависимость с показателями по озимой пшенице. Содержание обменного калия остаётся нестабильным в течение вегетационного периода и мало зависит от фазы развития подсолнечника. Внесение горных пород незначительно влияло на изучаемый показатель в последействии.

Зависимость в изменении содержания элементов питания под кукурузой аналогична озимой пшенице и подсолнечнику.

Таблица 2 – Среднее содержание микроэлементов за вегетационный период в 0–20 см слое почвы в результате последствий горных пород, мг/кг

Вариант опыта*	Озимая пшеница						Подсолнечник						Кукуруза					
	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo
1	1,23	8,8	0,22	0,34	0,045	0,028	1,19	8,4	0,22	0,32	0,047	0,040	1,18	8,4	0,3	0,35	0,043	0,043
2	1,27	9,7	0,29	0,38	0,060	0,054	1,22	10,1	0,26	0,43	0,063	0,060	1,19	9,7	0,34	0,50	0,060	0,059
3	1,27	10,4	0,32	0,44	0,068	0,062	1,22	10,9	0,29	0,43	0,065	0,068	1,22	10,1	0,35	0,52	0,065	0,068
4	1,26	9,5	0,30	0,35	0,058	0,043	1,20	9,3	0,23	0,44	0,058	0,058	1,2	9,7	0,33	0,40	0,055	0,059
5	1,26	9,7	0,31	0,37	0,058	0,047	1,23	10,0	0,26	0,46	0,065	0,065	1,22	10,3	0,37	0,40	0,057	0,063
6	1,27	10,5	0,23	0,36	0,057	0,054	1,23	10,7	0,31	0,42	0,068	0,061	1,22	10,1	0,33	0,43	0,054	0,060
7	1,28	9,7	0,32	0,40	0,060	0,061	1,19	10,1	0,34	0,47	0,068	0,063	1,20	10,6	0,36	0,47	0,065	0,063
8	1,29	10,2	0,32	0,44	0,067	0,068	1,225	11,3	0,36	0,48	0,067	0,062	1,25	11,7	0,38	0,47	0,064	0,062
9	1,29	10,8	0,35	0,45	0,069	0,068	1,245	11,1	0,35	0,46	0,072	0,064	1,23	11,8	0,41	0,47	0,070	0,065
10	1,3	11,0	0,38	0,42	0,070	0,072	1,29	11,2	0,37	0,53	0,077	0,078	1,26	12,4	0,42	0,52	0,072	0,076
НСР ₀₅ , мг/кг	0,12	0,71	0,03	0,02	0,003	0,005	0,11	0,59	0,03	0,03	0,004	0,004	0,13	0,86	0,02	0,03	0,005	0,005

* – обозначение вариантов согласно схеме опыта.

3.2. Содержание микроэлементов

Применение горных пород слабо повлияло на содержание подвижного бора под озимой пшеницей и классифицировалось как высокое (табл. 2).

Наименьшее содержание подвижного марганца было на контроле (8,8 мг/кг) и возрастало в среднем на 1,3–2,2 мг/кг на вариантах внесения горных пород. Аналогичным было увеличение в содержании подвижных форм меди, цинка и кобальта.

При исследовании содержания подвижного молибдена установили более значимые изменения (табл. 2). На контроле в среднем за вегетацию его количество составило 0,028 мг/кг. При применении известняка-ракушечника в дозе 6 т/га исследуемая величина возросла на 0,026 мг/кг по сравнению с контролем. При внесении известняка-ракушечника 12 т/га увеличение составило 0,34 мг/кг, апатита – 0,15–0,17 мг/кг. При совместном внесении горных пород изучаемая величина возрастала в 2,3–2,7 раза.

При определении содержания микроэлементов под подсолнечником и кукурузой выявили аналогичную зависимость с показателями под озимой пшеницей (табл. 2).

4. СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В РАСТЕНИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Установлено, что содержание азота в фазу выхода в трубку озимой пшеницы составляет на контроле 4,75 % (табл. 3). При внесении известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га происходило возрастание содержания этого элемента до 4,98 и 5,05 % соответственно. При внесении апатита в различных дозах эффект был на том же уровне. Внесение фосфогипса в дозе 12 т/га сохраняло выявленную зависимость. При совместном внесении горных пород наблюдалось увеличение содержания азота в растениях, и на варианте с внесением известняка-ракушечника 12 т/га, апатита 3 т/га, фосфогипса 12 т/га исследуемый показатель возрос до 5,15 %, то есть увеличение по сравнению с контролем составило 0,4 % при наименьшей существенной разнице 0,12 %.

В фазу цветения озимой пшеницы наименьшее содержание азота в растениях также было на контроле и составляло 3,20 %. Внесение известняка-ракушечника в дозе 6 т/га увеличило исследуемый показатель на 0,10 %. Такое увеличение можно считать недостоверным, так как оно ниже наименьшей существенной разницы, которое составляет 0,11 %. При совместном внесении максимальных доз горных пород возрастание содержания азота составило 3,57 %, или на 0,37 % выше по сравнению с контролем.

В фазу молочной спелости озимой пшеницы наблюдается та же тенденция при более низких показателях. Увеличение содержания азота по фазам развития культуры оказало влияние на качество получаемой продукции.

Таблица 3 – Динамика содержания азота и фосфора (%) в растениях озимой пшеницы в результате последействия горных пород, 2015 г.

Вариант опыта	Фаза выхода в трубку		Фаза цветения		Фаза молочной спелости	
	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅	N	P ₂ O ₅
1. Контроль	4,75	0,46	3,20	0,32	2,20	0,18
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	4,98	0,48	3,30	0,34	2,45	0,18
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	5,05	0,48	3,42	0,36	2,46	0,19
4. Апатит 1,5 т/га	5,00	0,52	3,40	0,37	2,37	0,19
5. Апатит 3 т/га	5,10	0,54	3,40	0,38	2,35	0,20
6. Фосфогипс 12 т/га	4,97	0,46	3,46	0,35	2,40	0,18
7. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га	5,03	0,49	3,55	0,37	2,43	0,19
8. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га	5,09	0,53	3,52	0,39	2,55	0,19
9. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га + фосфогипс 12 т/га	5,10	0,50	3,52	0,37	2,45	0,20
10. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	5,15	0,57	3,57	0,41	2,56	0,21
НСР ₀₅ %	0,12	0,03	0,11	0,7	0,10	0,02

При определении содержания фосфора в растениях озимой пшеницы выявили, что в фазу выхода в трубку контрольный вариант имел наименьшие значения (0,46 %). При внесении известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га мы не получили достоверного увеличения исследуемого показателя. На обоих вариантах эта величина составляла 0,48 %, или на 0,02 % выше, чем на контроле, при наименьшей существенной разнице в 0,03 %. При внесении апатита 1,5 и 3 т/га содержание фосфора увеличилось до 0,52 и 0,54 % соответственно. При совместном внесении горных пород так же наблюдалось увеличение изучаемого показателя при наибольшем значении на варианте с максимальными дозами внесения горных пород. Различие между контролем и вариантом максимальных доз последействия составило 0,12 % (табл. 4).

В фазу цветения озимой пшеницы сохраняется выявленная зависимость. В фазу молочной спелости не было обнаружено значительной разницы между вариантами в изучаемом показателе. Можно отметить, что достоверную разницу с контролем имели только 8-й и 10-й варианты.

Среди микроэлементов в содержании бора между вариантами разницы не обнаружено (табл. 4). Содержание остальных микроэлементов увеличивалось по сравнению с контролем во все фазы развития культуры и особенно при совместном внесении горных пород.

Таблица 4 – Содержание микроэлементов в растениях озимой пшенице (мг/кг) по фазам развития в результате последствия горных пород, 2015 г.

Вариант опыта*	Фаза выхода в трубку						Фаза цветения						Фаза молочной спелости					
	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo
1	2,37	42,2	1,7	8,8	0,23	0,19	2,16	44,4	1,81	8,1	0,21	0,16	1,52	35,1	1,66	7,6	0,22	0,12
2	2,38	45,0	1,80	9,6	0,28	0,22	2,15	44,6	1,85	8,6	0,25	0,17	1,51	36,5	1,66	8,2	0,22	0,14
3	2,35	46,2	1,85	9,5	0,25	0,24	2,16	45,4	1,90	9,5	0,27	0,17	1,53	37,4	1,69	8,3	0,23	0,13
4	2,37	45,2	1,81	9,3	0,26	0,21	2,16	45,8	1,82	9,4	0,24	0,16	1,51	36,1	1,73	8,2	0,24	0,13
5	2,30	45,7	1,80	9,6	0,28	0,22	2,18	45,1	1,83	9,6	0,25	0,17	1,56	36,2	1,74	8,1	0,24	0,15
6	2,41	45,5	1,78	9,4	0,28	0,21	2,17	46,2	1,84	8,9	0,26	0,17	1,54	37,1	1,70	8,1	0,25	0,14
7	2,36	45,7	1,81	10,5	0,27	0,23	2,20	46,4	1,84	9,1	0,27	0,18	1,56	36,9	1,71	8,3	0,21	0,15
8	2,38	46,5	1,83	10,3	0,28	0,24	2,19	45,5	1,87	9,5	0,26	0,18	1,55	36,7	1,72	8,2	0,24	0,14
9	2,38	46,4	1,85	10,1	0,28	0,23	2,21	46,3	1,86	9,6	0,27	0,17	1,56	38,0	1,71	8,3	0,23	0,14
10	2,38	46,8	1,89	11,6	0,33	0,27	2,27	46,9	1,98	9,8	0,31	0,19	1,57	38,4	1,78	8,9	0,27	0,17

* – обозначение вариантов согласно схеме опыта.

5. СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННО-ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА И рН ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА В ЗАВИСИМОСТИ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Как показали исследования состояния почвенно-поглощающего комплекса, сумма обменных оснований была наименьшей на контроле и составляла 24,2 мг·экв/100 г. При внесении горных пород наблюдается увеличение исследуемого показателя, но незначительное. В составе обменных оснований наблюдаются более существенные изменения (табл. 5).

Таблица 5 – Состояние и химический состав ППК почвы в результате последействия горных пород

Вариант опыта	Ca ²⁺		Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺		Σ	H _г	рН
	мг·экв/100 г	%	мг·экв/100 г	%	мг·экв/100 г	%	мг·экв/100 г	%	мг·экв/100 г	мг·экв/100 г	
1. Контроль	21,1	87,2	2,7	11,1	0,20	0,8	0,20	0,8	24,20	4,80	5,9
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	23,2	91,3	1,8	7,1	0,20	0,8	0,21	0,8	25,41	3,60	6,6
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	23,8	92,1	1,7	6,6	0,17	0,7	0,22	0,9	25,85	3,15	6,8
4. Апатит 1,5 т/га	22,0	88,7	2,4	9,7	0,20	0,8	0,20	0,8	24,80	4,20	6,1
5. Апатит 3 т/га	22,1	88,8	2,4	9,6	0,20	0,8	0,20	0,8	24,90	4,10	6,2
6. Фосфогипс 2 т/га	22,6	88,8	2,2	8,7	0,20	0,8	0,20	0,8	25,20	4,00	5,9
7. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га	22,4	89,1	2,3	9,2	0,22	0,9	0,20	0,8	25,12	4,05	6,8
8. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га	23,2	89,9	2,4	9,3	0,20	0,8	0,22	0,9	25,82	3,40	6,9
9. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га + фосфогипс 12 т/га	23,0	89,4	2,3	8,9	0,20	0,8	0,22	0,9	25,72	3,50	6,8
10. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	23,3	89,9	2,2	8,5	0,20	0,8	0,23	0,9	25,93	3,05	6,9

Содержание обменного кальция на контроле составляло 21,1 мг·экв/100 г. При совместном внесении горных пород наблюдается

увеличение этого показателя до 23,3 мг·экв/100 г на варианте с внесением известняка-ракушечника 12 т/га, апатита 3 т/га и фосфогипса 12 т/га.

При анализе содержания обменного магния была установлена обратная тенденция: его количество снижалось от контроля к изучаемым вариантам и особенно там, где вносили известняк-ракушечник.

Содержание обменного натрия находилось на уровне 0,20–0,22 мг·экв/100 г. Аналогичная зависимость была обнаружена и в содержании обменного калия.

Последствие ранее внесенных горных пород оказало существенное влияние на гидролитическую кислотность почв. На контроле этот показатель был наибольшим и составлял 4,8 мг·экв/100 г. При внесении известняка-ракушечника в дозе 6 т/га изучаемый показатель снижался до 3,6 мг·экв/100 г, а при внесении 12 т/га – до 3,15 мг·экв/100 г. На вариантах с применением апатита он находился в пределах 4,10–4,20 мг·экв/100 г. При совместном внесении горных пород также происходит снижение исследуемого показателя до 3,05 мг·экв/100 г.

Кислотно-щелочной показатель на контроле был наиболее низким и составлял 5,9 единицы. Внесение известняка-ракушечника в дозе 6 т/га увеличило исследуемый показатель до 6,6 ед., а в дозе 12 т/га – до 6,8 ед. Таким образом, увеличение рН по сравнению с контролем составляет 0,9 ед. При применении апатита рН находился в пределах 6,1–6,2 ед. Применение фосфогипса не оказало влияния на изучаемый показатель. Совместное применение максимальных доз горных пород увеличило рН до 6,9 ед. Разница с контролем составила 1,0 ед.

6. ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ПОЧВЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Установлено, что численность аммонификаторов в фазу цветения кукурузы на контроле составляла 36,8 млн КОЕ/г (табл. 6). Применение известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га повысило численность этих микроорганизмов в 1,5 и 2,2 раза соответственно. Внесение апатита в дозах 1,5 и 3 т/га и фосфогипса существенно не повлияло на количество аммонификаторов. Совместное внесение горных пород оказало более значительное влияние на численность этой группы микроорганизмов, при этом увеличение составило от 1,6 до 2,6 раза.

При исследовании численности микроорганизмов, преобразующих минеральные формы азота, выявлена зависимость, свойственная для аммонификаторов.

Численность аэробных азотфиксаторов на контроле составляла 26,1 тыс. КОЕ/г, при внесении известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га увеличилась в 2,6 и 2,8 раза соответственно. Внесение апатита в дозах 1,5 и

3 т/га и фосфогипса обеспечило не столь значительное увеличение количества данной группы микроорганизмов, всего в 1,3–1,4 раза. При совместном внесении горных пород численность микроорганизмов рода *Azotobacter* увеличилась в 2,1–2,4 раза.

На всех вариантах опыта количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов было выше, чем на контроле. Наименьшая разница была выявлена при внесении известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га (в 1,1 и 1,3 раза соответственно) и апатита в дозах 1,5 и 3 т/га (в 1,4 и 1,2 раза соответственно). Внесение фосфогипса вызвало увеличение численности изучаемых микроорганизмов в 1,5 раза и составило 163,5 тыс. КОЕ/г. Наибольшая численность целлюлозолитиков (261,6 тыс. КОЕ/г) была отмечена при совместном внесении горных пород в максимальных дозах.

Таблица 6 – Количество различных физиологических групп микроорганизмов в почве в фазу цветения кукурузы в зависимости от последствия горных пород

Вариант опыта	Аммонификаторы (млн КОЕ/г)	Нитрификаторы (млн КОЕ/г)	Аэробные азотофиксаторы (тыс. КОЕ/г)	Целлюлозоразрушающие (тыс. КОЕ/г)	Грибы (тыс. КОЕ/г)
1. Контроль	36,8	31,2	26,1	112,7	156,5
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	55,2	49,6	67,0	129,1	197,6
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	82,5	71,3	72,3	145,8	275,1
4. Апатит 1,5 т/га	31,2	28,4	33,7	154,8	197,4
5. Апатит 3 т/га	37,5	32,1	32,9	132,0	242,0
6. Фосфогипс 12 т/га	40,2	35,7	35,7	163,5	273,5
7. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га	59,9	51,0	46,2	157,8	297,5
8. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га	84,2	72,4	69,0	230,6	264,2
9. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га + фосфогипс 12 т/га	61,2	54,3	57,2	218,7	222,0
10. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	94,3	85,1	69,7	261,6	371,6
НСР ₀₅ КОЕ/г	8,3	9,4	7,1	15,4	21,1

Численность микромицетов на контроле составляла 156,5 тыс. КОЕ/г почвы. При внесении известняка-ракушечника в дозах 6 и 12 т/га происходило возрастание исследуемой величины в 1,4 и в 1,8 раза соответственно. На вариантах совместного внесения горных пород

Таблица 7 – Частота встречаемости микромицетов в почве под кукурузой в зависимости от последействия горных пород, %

Вариант опыта	Патогены						Токсино-образователи		Остальные сапрофиты			Антагонисты патогенов			Индекс разнообразия по Шеннону
	Rhizopus	Fusarium	Botrytis	Verticillium	Alternaria	Bipolaris	Aspergillus	Penicillium	Cladosporium	Absidia	Mucor	Mortierella	Stachybotrys	Trichoderma	
1. Контроль	60	100	20	40	40	40	100	100	40	60	20	60	60	–	0,94
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	40	60	–	20	40	20	60	80	20	60	20	80	20	–	0,99
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	20	60	–	20	40	20	60	60	20	80	–	80	20	–	1,09
4. Апатит 1,5 т/га	–	80	20	–	60	40	80	–	–	60	–	60	40	–	1,42
5. Апатит 3 т/га	–	80	–	–	60	20	60	20	20	60	40	60	40	–	1,48
6. Фосфогипс 12 т/га	20	80	20	–	60	20	80	–	–	60	40	60	20	–	1,50
7. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га	–	60	–	–	60	20	60	–	–	80	–	80	20	20	1,77
8. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га	–	40	–	–	40	–	40	–	–	80	–	80	20	20	1,83
9. Известняк-ракушечник 6 т/га + фосфогипс 12 т/га	–	40	–	–	20	–	40	–	–	100	–	80	20	20	2,06
10. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	–	40	–	–	20	–	40	–	–	100	–	80	20	20	2,11

изучаемый показатель имел тенденцию к возрастанию. При максимальных дозах внесения горных пород численность микромицетов увеличилась в 2,4 раза и составила 371,6 тыс. КОЕ/г.

Для определения фитосанитарного состояния почв мы изучили родовой состав грибов, частоту их встречаемости и разбили их на 4 группы: патогены, токсинообразователи, антагонисты патогенов и остальные сапрофиты.

На контроле обнаружена наиболее высокая встречаемость таких патогенов, как *Rhizopus* (60 %), *Fusarium* (100 %), *Verticillium* (40 %), *Alternaria* (40 %), *Bipolaris* (40 %). Наименьшей встречаемостью обладают микроорганизмы рода *Botrytis* (табл. 7). При внесении горных пород установили снижение встречаемости патогенов, а при совместном внесении мелиорантов не обнаруживаются грибы родов *Rhizopus*, *Verticillium* и *Bipolaris*. Частота встречаемости токсинообразователей, таких как *Aspergillus* и *Penicillium*, достигает 100 % на контроле и снижается на 20–40% особенно при совместном внесении горных пород. Частота встречаемости антагонистов патогенов возрастает на вариантах внесения горных пород, а количество остальных сапрофитов снижается. Следует обратить внимание, что грибы-антагонисты различных патогенов рода *Trichoderma* не обнаружены на контроле и вариантах с отдельным применением горных пород и встречаются на вариантах с совместным их внесением.

Частота встречаемости микромицетов по индексу Шеннона считается бедной на контроле (0,94) и богатой при совместном внесении горных пород (2,11). Более богатое сообщество свидетельствует о лучшей экологической устойчивости почвенной системы при внесении большинства горных пород.

7. УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

7.1. Урожайность сельскохозяйственных культур

Установлено, что на контроле урожайность озимой пшеницы была наименьшей и составила 4,59 т/га (табл. 8). Применение известняка-ракушечника в дозах 6 т/га привело к увеличению исследуемого показателя на 0,27 т/га, а в дозе 12 т/га – на 0,32 т/га. Апатитовый концентрат в дозах 1,5 и 3 т/га повысил урожайность озимой пшеницы на 0,23 и 0,36 т/га соответственно. Внесение фосфогипса менее значительно повлияло на изучаемую величину. Наиболее высокая урожайность сельскохозяйственной культуры получена при совместном внесении различных горных пород, и разница составила в среднем от 0,27 до 0,36 т/га. Внесение всех горных пород в максимальных дозах увеличило урожайность озимой пшеницы на 0,36 т/га.

Горные породы оказали влияние и на урожайность подсолнечника. Наименьший сбор маслосемян был на контроле и составил 2,35 т/га (табл. 8). Раздельное применение горных пород увеличило урожайность культуры на 7–8 %. Наибольшая урожайность была на варианте с максимальными дозами

внесения всех горных пород, и увеличение составляло 0,30 т/га по сравнению с контролем.

Таблица 8 – Урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от последствия горных пород

Вариант опыта	Озимая пшеница			Подсолнечник			Кукуруза		
	Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка		Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
1. Контроль	4,39	–	–	2,35	–	–	4,19	–	–
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	4,86	0,47	10,7	2,53	0,18	7,7	4,36	0,17	4,1
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	4,91	0,52	11,8	2,54	0,19	8,0	4,44	0,25	5,9
4. Апатит 1,5 т/га	4,82	0,43	9,8	2,53	0,18	7,7	4,46	0,27	6,4
5. Апатит 3 т/га	4,95	0,56	12,7	2,55	0,20	8,5	4,55	0,36	8,7
6. Фосфогипс 12 т/га	4,73	0,34	7,7	2,52	0,17	7,2	4,59	0,40	9,6
7. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га	4,86	0,47	10,7	2,58	0,23	9,7	4,86	0,67	16,0
8. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га	4,90	0,51	11,6	2,59	0,24	10,2	4,94	0,75	17,8
9. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га + фосфогипс 12 т/га	4,83	0,44	10,0	2,60	0,25	10,6	4,86	0,67	15,9
10. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	5,15	0,56	17,3	2,65	0,30	12,7	5,01	0,82	19,6
НСР ₀₅ , т/га	0,18			0,12			0,21		

Урожайность кукурузы на контроле составила 4,19 т/га и возростала на 0,17 и 0,25 т/га при применении известняка-ракушечника, на 0,40 т/га с применением фосфогипса, на 0,27 и 0,36 т/га с применением апатита. Совместное внесение применяемых горных пород увеличило урожайность на 0,82 т/га, или на 19,6 %.

7.2. Качество сельскохозяйственных культур

Содержание клейковины в зерне озимой пшенице было наименьшим на контроле и составляло 20,3 %. На всех остальных вариантах опыта увеличение исследуемой величины было существенным и достоверным, кроме варианта с применением известняка-ракушечника 6 т/га. На вариантах

с применением апатита 3 т/га в сочетании с горными породами получена продукция третьего класса, а на остальных вариантах – четвертого класса.

Наиболее высокие показатели индекса деформации клейковины были на контроле (90,3 ед.). При внесении известняка-ракушечника происходит снижение исследуемого показателя и особенно в дозе 12 т/га (на 3,7 единицы). На варианте с внесением максимальных доз горных пород составлял 85,1 единицы, что ниже контроля на 5,2 единицы (табл. 9).

Таблица 9 – Показатели качества сельскохозяйственных культур

Вариант опыта	Озимая пшеница			Масличность подсолнечника, %	Содержание крахмала в кукурузе, %
	Содержание клейковины, %	ИДК клейковины	Стекловидность, %		
1. Контроль	20,3	90,3	45,0	41,1	64
2. Известняк-ракушечник 6 т/га	20,8	88,8	50,5	41,7	68
3. Известняк-ракушечник 12 т/га	21,3	86,6	52,0	42,0	70
4. Апатит 1,5 т/га	22,2	86,7	50,0	41,5	71
5. Апатит 3 т/га	21,6	86,5	49,5	41,6	69
6. Фосфогипс 12 т/га	21,8	86,3	50,5	41,8	68
7. Известняк-ракушечник 6 т/га, апатит 1,5 т/га	21,4	86,7	52,0	41,4	70
8. Известняк-ракушечник 12 т/га, апатит 3 т/га	22,5	85,5	51,0	42,6	69
9. Известняк-ракушечник 6 т/га + апатит 1,5 т/га + гипс 12 т/га	21,4	86,9	53,0	42,5	68
10. Известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га	22,7	85,1	53,0	43,7	72
НСР ₀₅ , %	0,8	1,6	2,6	1,1	3,5

Стекловидность зерна озимой пшеницы наименьшей была на контроле и составляла 45,0 %. Применение известняка-ракушечника более чем на 5 % увеличило исследуемый показатель. Аналогичное увеличение отмечено при применении апатита и фосфогипса.

Масличность подсолнечника на контрольном варианте составляла 41,1 %. На вариантах с применением горных пород исследуемый показатель имел тенденцию к возрастанию, но довольно незначительную. Можно считать, что достоверные различия с контролем были только на вариантах с совместным применением горных пород.

Изучая содержание крахмала в зерне кукурузы выявили, что на контрольном варианте исследуемая величина составляла 64 %. При внесении известняка-ракушечника в дозе 6 и 12 т/га этот показатель возрастал на 4 и 6 % соответственно. При внесении апатита и фосфогипса изменение в показателе было аналогичным действию известняка – ракушечника.

Наиболее высокое содержание крахмала было на варианте с максимальным внесением горных пород и составляло 72 %, что выше контроля на 8 %.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Самый низкий уровень рентабельности на пшенице, подсолнечнике и кукурузе был на контроле и составлял 96,4; 106,2 и 79,3% соответственно. На всех вариантах применения горных пород произошло увеличение данного показателя. Но наиболее высоким уровнем рентабельности был на варианте с применением максимальных доз известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса и составлял 105,5; 132,2 и 106,9% соответственно. Себестоимость получаемой продукции по всем культурам наибольшая на контроле и составляла 5295,2 руб./т на озимой пшенице, 9697,0 руб./т на подсолнечнике и 5020,2 руб./т на кукурузе. В соответствие с этим распределялась и прибыль, которая была самой высокой с применением максимальных доз горных пород и составляла 30171,2 руб/га на озимой пшенице, 25415,7 руб/га на подсолнечнике и 23301,4 руб/га на кукурузе по сравнению 22529,4; 24212,0 и 16675,4 руб/га на контроле соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Последствие горных пород (известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса), как отдельное, так и совместное, привело к увеличению содержания подвижных форм фосфора в почве под озимой пшеницей, подсолнечником и кукурузой в среднем на 5–7 мг/кг. Содержание подвижной серы возрастало на вариантах опыта как с отдельным, так и с совместным применением фосфогипса и изменяло обеспеченность почв от низкой до средней.

Содержание бора слабо изменялось по вариантам опыта и находилось в пределах 1,2–1,3 мг/кг. Применение горных пород и особенно совместное увеличивало содержание марганца под всеми культурами, и почвы из разряда с низкой обеспеченностью переходили в разряд средней по этому показателю. Аналогичные изменения были характерны и для содержания подвижной меди и цинка.

На содержание подвижного кобальта оказало влияние последствие всех мелиорантов, но наибольшие значения были при применении известняка-ракушечника и совместном внесении горных пород (0,045–контрольный вариант; 0,07 мг/кг – известняк-ракушечник 12 т/га + апатит 3 т/га + фосфогипс 12 т/га) под озимой пшеницей. Аналогичные результаты получены под подсолнечником и кукурузой.

Наибольшее влияние последствие горных пород оказало на содержание подвижного молибдена, которое составляло под озимой пшеницей 0,028 мг/кг на контрольном варианте и увеличивалось в 1,9–2,6 раза относительно контроля.

Применение горных пород 12 лет назад обеспечило увеличение содержания азота в растениях озимой пшеницы в среднем на 0,45 % в фазу выхода в трубку, на 0,27 % – в фазу цветения и на 0,36 % – в фазу молочной спелости. Содержание фосфора увеличилось на 0,11 % по сравнению с контролем в фазу выхода в трубку, на 0,9 % – в фазу цветения и на 0,03 % в фазу молочной спелости.

Последствие горных пород не оказало влияния на содержание бора в растениях. Содержание марганца возрастало по сравнению с контролем на 20–30 % и более всего на варианте с применением известняка-ракушечника в дозе 12 т/га и совместном внесении горных пород в максимальной дозе. Аналогичные изменения претерпевает и содержание подвижного цинка, меди, кобальта и молибдена.

В составе ППК на вариантах реминерализации незначительно возрастало содержание обменного кальция (на 1–2 мг·экв/100 г) по сравнению с контролем. Количество обменного натрия и калия находилось в пределах 0,20–0,22 мг·экв/100 г. Гидролитическая кислотность на контроле составляла 4,8 мг·экв/100 г и снижалась при последствии известняка-ракушечника в дозе 12 т/га на 1,65 мг·экв/100 г и совместном применении пород – на 1,75 мг·экв/100 г. На контроле значения рН составляли 5,9 и возрастали до 6,6–6,9 на вариантах опыта.

Количество аммонификаторов на контроле – 37 млн КОЕ/г, увеличивалось в 1,3–1,5 раза при раздельном применении и в 2,5–3 раза на вариантах с совместным применением горных пород. Аналогичные изменения наблюдались и в отношении количества нитрификаторов и аэробных азотфиксаторов рода *Azotobacter*. Количество целлюлозо-разрушающих микроорганизмов на вариантах реминерализации достигало 220–230 тыс. КОЕ/г по сравнению со 115 тыс. КОЕ/г на контроле. Аналогичные изменения наблюдались и для количества микроскопических грибов.

На контроле обнаружена наиболее высокая встречаемость таких патогенов, как *Rhizopus* (60 %), *Fusarium* (100 %), *Botrytis* (20 %), *Verticillium* (40 %), *Alternaria* (40 %), *Bipolaris* (40 %), *Helminthosporium* (20 %). При раздельном внесении горных пород обнаружили снижение встречаемости патогенов, а при совместном внесении они не обнаруживаются. Частота встречаемости токсинообразователей, таких как *Aspergillus* и *Penicillium*, достигает 100 % на контроле и снижалась на 20–40 % особенно при совместном внесении горных пород. Частота встречаемости антагонистов патогенов возрастает на вариантах внесения горных пород, а количество остальных сапрофитов снижается. Обилие микромицетов по индексу Шеннона считается бедным на контроле (0,94) и богатым при совместном внесении горных пород (2,03–2,11).

На 10-й год последствия урожайность озимой пшеницы возрастает от контрольного варианта (4,39 т/га) на 0,47; 0,52; 0,43; 0,56; 0,34; 0,47; 0,51; 0,44 и на 0,56 т/га согласно схеме опыта. Урожайность подсолнечника на

контроле составляла 2,35 т/га и возрастала на 0,18; 0,1,9; 0,1,8; 0,2,0; 0,1,7; 0,2,3; 0,2,4; 0,2,5 и 0,3 т/га соответственно. Урожайность кукурузы на контроле была 4,19 т/га и увеличивалась на 0,17; 0,25; 0,27; 0,36; 0,40; 0,67; 0,75; 0,67 и 0,82 т/га соответственно по вариантам внесения горных пород. ИДК клейковины снижался с 93 ед. на контроле на 1,5–6 ед. при внесении мелиорантов. Стекловидность зерна озимой увеличивалась на 5–8 %. Содержание масла в подсолнечнике возрастало от 41,1 % на контроле до 41,7–43,7 % на вариантах опыта; содержание крахмала в зерне кукурузы возрастало от 64 до 68–72 % при внесении горных пород.

Самый низкий уровень рентабельности на озимой пшенице, подсолнечнике и кукурузе был на контроле и составлял 96,4; 106,2 и 79,3 % соответственно. На всех вариантах применения горных пород произошло увеличение данного показателя, но наиболее высоким уровень рентабельности был на варианте с применением максимальных доз известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса и составлял 105,5; 132,2 и 106,9 % соответственно. Прибыль также была самой высокой на этом варианте и составляла 30171,2; 25415,7 и 23301,4 руб/га по сравнению с контролем 22529,4; 24212,0 и 16675,4 руб/га соответственно.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

На основании изучения 12-летнего последействия горных пород для улучшения агрохимических и микробиологических показателей чернозёма выщелоченного и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур производству рекомендуется как раздельное, так и совместное применение известняка-ракушечника, апатита и фосфогипса.

Максимальный экономический эффектообеспечивает совместное внесение известняка-ракушечника 12 т/га, апатита 3 т/га и фосфогипса 12 т/га.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Есаулко, А. Н. Повышение содержания элементов питания в черноземе выщелоченном при внесении различных горных пород / А. Н. Есаулко, Д. В. Калугин, **В. В. Кукушкина** // Агрохимический вестник. – 2017. – № 4. – С. 23–25.
2. Калугин, Д. В. Изменение физико-химических показателей чернозема выщелоченного при внесении горных пород / Д. В. Калугин, В. С. Цховребов, **В. В. Кукушкина** // Агрохимический вестник. – 2017. – № 4. – С. 20–22.

3. Калугин, Д. В. Динамика содержания макро- и микроэлементов под озимой пшеницей в результате реминерализации чернозема выщелоченного / Д. В. Калугин, А. Н. Есаулко, **В. В. Кукушкина** // Политематический сборник. – 2017. – № 128. – С. 135–145.

Публикации в других изданиях

4. Влияние внесения горных пород на урожайность подсолнечника / В. С. Цховребов [и др.] // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. конф. (г. Ставрополь, 19–22 сентября 2017 г.) / СЕКВОЙЯ. – Ставрополь, 2017. – С. 64–65.
5. Причины и последствия подтопления почв учхоза СтГАУ / В. С. Цховребов [и др.] // Эволюция и деградация почвенного покрова : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. конф. (г. Ставрополь, 19–22 сентября 2017 г.) / СЕКВОЙЯ. – Ставрополь, 2017. – С. 206–208.
6. 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 : сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч. конф. (г. Ставрополь, 19–22 сентября 2017 г.) / СЕКВОЙЯ. – Ставрополь, 2017. – С. 26–27.
7. **Кукушкина, В. В.** Изменения в состоянии почвенно-поглощающего комплекса под озимой пшеницей на чернозёме выщелоченном при внесении различных горных пород / В. В. Кукушкина, Д. В. Калугин, А. М. Никифорова // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : сб. науч. тр. по материалам Междунар. науч. конф. (г. Ставрополь, 4–5 октября 2018 г.) / СЕКВОЙЯ. – Ставрополь, 2018. – С. 247–250.

Подписано в печать 26.10.2018. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0.
Тираж 100. Заказ № 359.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ИПК СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Пушкина, 15.