

На правах рукописи

УДК 631.873.1:633.15:633.63:631.445.25

**Баранов
Андрей Иванович**

**ВЛИЯНИЕ САПРОПЕЛЯ НА ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ
И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА
«КУКУРУЗА НА ЗЕЛЕНУЮ МАССУ – САХАРНАЯ СВЕКЛА»**

06.01.04 – агрохимия

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре агрохимии и агроэкологии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»

Научный руководитель: **Титова Вера Ивановна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Ивойлов Александр Васильевич**,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», кафедра агрономии и ландшафтной архитектуры, профессор кафедры
Анисимова Татьяна Юрьевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт органических удобрений и торфа – филиал ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ», отдел технологий производства органических удобрений и торфа, ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: Нижегородский НИИСХ – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»

Защита диссертации состоится «17» декабря 2020 г. в 14.00 час. на заседании диссертационного совета Д 006.029.01 при ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке при ФГБНУ ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова и на сайте: <https://vniia-pr.ru/diss/diss-baranov-15-09-2020.pdf>

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета. Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные гербовой печатью учреждения, просим направлять по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, 31а, учёному секретарю диссертационного совета, e-mail: dissovet_vniia@mail.ru.

Ученый секретарь диссертационного совета _____ Никитина Любовь Васильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В настоящее время перед отраслью агропромышленного комплекса России стоит задача обеспечения населения страны продовольствием растительного и животного происхождения преимущественно местного производства (Монастырский О.А. с соавт., 2016). Решение этой задачи с учетом интересов жителей страны должно основываться на максимально полном сохранении качества природных сред, задействованных в производственном процессе получения растительной продукции. В первую очередь это касается состояния почв как природного ресурса и основного средства производства в земледелии.

Известно, однако, что почвенный покров России в последние годы сильно истощен и подвержен деградации (Иванов А.Л., 2015). Согласно данным В.Н. Кудярова с соавт. (2017), почвы России испытывают ощутимый дефицит основных элементов питания и, как отмечает В.Г. Сычев (2019), требуют проведения мелиоративных приемов как важного условия улучшения качества почв.

В этой связи внимание ученых и практиков в области сельского хозяйства должно быть обращено на использование природных ресурсов, способных стать для растений источником питательных веществ и своеобразным агромелиорантом при оптимизации условий произрастания растений (Титова В.И., 2017). Одним из таких ресурсов является сапрпель, что признано многими учеными (Инишева Л.И., 2001; Барановский И.Н. с соавт., 2012; Кирейчева Л.В. с соавт., 2016; Успенская О.Н. с соавт., 2019 и др.). В их публикациях многократно констатируется, что качество и удобрительная ценность сапрпеля в сильной степени зависят от характеристики места и природы образования этого природного ресурса, что предполагает обязательность исследований видов сапрпеля в каждом конкретном случае до начала его практического использования в земледелии.

Степень разработанности темы. Анализ источников литературы свидетельствует, что основные публикации по применению сапрпеля в качестве удобрения и агромелиоранта касаются, в основном, зерновых культур и травостоев. Однако, принимая во внимание неизбежность чередования культур в севообороте, а также производственную ценность отдельных культур в разных почвенно-климатических зонах и административных регионах, важным является изучение возможности использования сапрпеля и в технологиях возделывания других культур.

Таковыми культурами для Нижегородской области, как части Верхнего Поволжья, являются две культуры, выращиваемые последовательно: кукуруза на зеленую массу, как корм скоту, и сахарная свекла – техническая культура, для которой этот регион является самым северным районом возделывания.

Цель и задачи исследований. Цель исследования состоит в оценке влияния разных доз сапрпеля местного происхождения на урожайность и качество основной продукции культур в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы.

В задачи исследования входило:

- изучение прямого действия разных доз сапрпеля на урожайность и качество зеленой массы кукурузы;
- изучение последствия сапрпеля на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы;

- оценка влияния сапропеля на агрохимическую и агроэкологическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы;
- анализ агрономической эффективности сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла».

Научная новизна

Впервые на светло-серых лесных почвах Нижегородской области проведено исследование по возможности использования в земледелии сапропеля местного происхождения в качестве органического удобрения и агроmeliоранта. Дана оценка влияния разных доз сапропеля на урожайность кукурузы, выращиваемой на зеленую массу, в прямом действии, и на урожайность сахарной свеклы в последствии на второй год.

Установлены направленность и результативность влияния сапропеля на химический состав и питательную ценность растительной продукции. Определены коэффициенты использования основных элементов питания из сапропеля кукурузой и сахарной свеклой.

Изучено влияние разных доз сапропеля на изменение основных агрохимических показателей светло-серой лесной легкосуглинистой почвы и содержание в ней тяжелых металлов.

По продуктивности звена севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» в кормовых единицах и окупаемости элементов питания урожаем зеленой массы кукурузы и корнеплодов сахарной свеклы определена агрономическая эффективность использования сапропеля.

Практическая значимость и реализация результатов работы. Результаты исследований явились основанием для разработки рекомендаций по использованию продуктов расчистки озер и прудов – сапропеля (озерного ила) – в системах удобрения таких пропашных культур, как кукуруза на зеленую массу и сахарная свекла, при выращивании их не только в земледелии коллективных собственников, но и в мелкотоварном производстве и личном подсобном хозяйстве. Они имеют перспективу использования при организации производства органической продукции животноводства, базирующегося на использовании в корм скоту растительной продукции, выращенной без применения минеральных удобрений.

Основные положения работы используются в учебных курсах Нижегородской ГСХА по агрохимии и системе применения удобрений, а также при разработке программ повышения квалификации для практикующих сельхозтоваропроизводителей.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на системном подходе к выбору задач для достижения поставленной цели с учетом публикаций отечественных и зарубежных ученых. В работе использованы эмпирические методы исследований (мелкоделяночный полевой опыт, лабораторный анализ), теоретические (дисперсионный анализ), а также цифровое и текстовое отображение полученных результатов.

Достоверность экспериментальных данных и результатов их обобщения и анализа подтверждается количеством наблюдений и учетов, выполненных согласно программе исследований, а также данными статистической обработки.

Основные положения, выносимые на защиту

- сапропель в год внесения оказывает положительное влияние на урожайность, качественные показатели и кормовую ценность зеленой массы кукурузы;

- сапропель обладает последствием, способствуя повышению урожайности корнеплодов сахарной свеклы и сбора сахара с единицы площади;
- по комплексу показателей лучшей дозой сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» является 40 т/га;
- коэффициенты использования элементов питания из сапропеля в прямом действии изменяются в пределах 24-26%, 27-33% и 23-68% по азоту, фосфору и калию соответственно; в последствии – 12%, 9-10% и 16-19% соответственно по основным элементам питания;
- сапропель оказывает положительное влияние на агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы, не повышая содержание тяжелых металлов в ней;
- элементы питания сапропеля окупаются урожаем кукурузы и сахарной свеклы на уровне 6,9-14,2 кг кормовых единиц на 1 кг НРК в среднем за один год.

Апробация и публикация результатов исследований

Результаты исследований заслушивались на конференциях аспирантов и научно-педагогических работников Нижегородской ГСХА (2017-2020 гг.). Материалы, вошедшие в диссертацию, были представлены на Российско-Узбекском научно-практическом семинаре на тему «Цифровые технологии в управлении и оценке земельными ресурсами: новые подходы и инновационные решения» (Узбекистан, Бухара, 2020). Общее количество опубликованных работ представлено 6 наименованиями (личное участие 2,8 усл. печ. л.; 67%), в том числе в журналах из списка ВАК РФ опубликовано 3 работы.

Личный вклад автора. Соискателем лично предложена общая концепция и разработана программа исследований, сделаны теоретические обобщения результатов опытов, подготовлены заключение, выводы по работе и предложения производству. В проведении экспериментов соискатель принимал участие как организатор и соисполнитель, самостоятельно осуществлял отбор проб, готовил образцы к анализу и выборочно проводил аналитические работы.

Работа выполнена в период обучения автора в заочной аспирантуре по специальности 06.01.04 – агрохимия (сельскохозяйственные науки). Исследования проведены в соответствии с тематическим планом научных исследований факультета почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородская ГСХА» по теме «0120.0805767– Изучение удобрительной ценности традиционных удобрений при длительном их использовании в севообороте и оценка возможности применения в качестве источника минерального питания растений органосодержащих отходов народного хозяйства и нетрадиционных удобрительных материалов».

Структура и объем работы. Диссертационная работа включает введение, обзор литературы, главу «Объекты, условия и методы проведения исследований», 3 результативных главы, заключение, выводы, список использованной литературы и приложения. Она написана на 120 страницах машинописного текста, включает 29 таблиц, 3 рисунка и 8 приложений. При подготовке работы автором проанализированы 166 научных публикаций, в т.ч. 19 работ зарубежных исследователей.

Благодарности. Автор благодарен научному руководителю доктору сельскохозяйственных наук, профессору Вере Ивановне Титовой за методическую помощь и научные консультации по теме исследований, а также всем сотрудникам кафедры

агрохимии и агроэкологии Нижегородской ГСХА за постоянную поддержку и помощь в проведении аналитических исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Обзор источников литературы

Сапропель (иловый осадок), накапливающийся на дне озер и прудов – существенный резерв расширения возможностей использования в сельском хозяйстве органических удобрений, в том числе и для ускоренного окультуривания малопродуктивных земель. Результатом рассмотрения публикаций по возможностям использования сапропеля в земледелии явилось заключение о том, что его добыча и применение в растениеводческой отрасли агропромышленного комплекса есть один из вариантов новейших безотходных технологий. Однако при планировании использования сапропеля и определения его ценности как ресурса важной процедурой является оценка его экологической безопасности и эффективности влияния на формирование урожайности отдельных культур.

Глава 2. Объекты, условия и методы проведения исследований

Исследования по теме диссертации проведены в период с 2016 г. по 2019 гг. в лабораториях и на открытой экспериментальной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии НГСХА, расположенной на окраине г. Нижнего Новгорода. Территория относится к IV агроклиматическому району Нижегородской области, умеренно тёплому и влажному. Сумма температур выше 10 °С за год равна 2100-2200°, а выше 15 °С – 1500-1600 °С. Продолжительность периода с температурой выше 10 °С равна 130-135 дням, а выше 15 °С – 80-90 дням.

2016^й год был очень влажным (115-140% нормы) и теплым (130-155% от среднесезонных данных) во все летние месяцы, за исключением мая, что положительно сказалось на урожайности культур. 2017^й год по температурным условиям был близок к нормативным значениям, лишь в сентябре было жарче, чем в обычные годы примерно в 1,5 раза. По сумме выпадающих осадков два первых месяца вегетационного периода (май и июнь) также были на уровне среднестатистических, июль – очень влажный (180% к норме), а август – очень сухой (45% к норме), что осложнило ход роста и развития растений. Май и июнь 2018 г. были сухими (60% от нормы), а в сентябре осадков выпало на 40% больше, чем в среднем за этот месяц. В 2019 году сложились оптимальные температурные условия, но с превышением суммы осадков в мае (1,5 нормы) и июле (на 20% выше). В целом погодные условия были наиболее благоприятными в 2018 и 2019 гг., 2017 год был более сухим, а 2016 год – очень влажным и жарким.

Объектами исследований были две культуры – кукуруза и сахарная свекла, а также сапропель. Кукуруза (*Zea mays* L.), гибрид «Обский 140 СВ», создан в ООО НПО «КОС-МАИС» в сотрудничестве с Сибирским НИИ кормов и Алтайским НИИ сельского хозяйства. Гибрид универсальный (на зерно и силосную массу), раннеспелый, созревает за 92-95 дней, высота – 200-250 см. Сахарная свекла (*Beta vulgaris*), сорт «Крокодил», гибрид F1, создан компанией SevanderHave (Бельгия) в 2004 году. Односемянный диплоидный гибрид на стерильной основе, NZ типа, с потенциалом урожайности до 950 ц/га и сахаристостью до 20-22%, рекомендован для поздней уборки – период вегетации достигает 170 дней. Обе культуры включе-

ны в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в регионах, относящихся к Приволжскому федеральному округу.

Сапропель местного происхождения, из озера в Арзамасском районе Нижегородской области, относится к органо-глинистому типу (табл. 1).

1. Химический состав сапропеля, на сухое вещество

Образец	pH _{ккл}	Орган. в-во, %	Элементы питания, %			Тяжелые металлы, мг/кг					
			N _{общ.}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Cd	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr
Факт	5,2	43,3	1,2	0,35	0,16	<1,00	21,2	30,5	28,5	37,3	< 20
ГОСТ*	≥5,0	≥30	≥1,0	≥0,3	≥0,3	< 3	< 50	< 300	< 100	< 50	< 100

* - ГОСТ Р 54000-2010 «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия»

По pH солевой вытяжки, общему содержанию азота и фосфора, сапропель удовлетворяет требованиям ГОСТа. По содержанию тяжелых металлов сапропель относится к первому классу пригодности. То есть, в соответствии с приложением к ГОСТ Р 54000-2010 (А.1), его можно применять «...под все виды сельскохозяйственных культур, ... Наибольший эффект от сапропеля получают при внесении под картофель, овощи, корнеплоды».

Опыты заложены на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, которая характеризовалась слабокислой реакцией среды (pH_{ккл} 5,5-5,6), повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и калия (104-115 и 124-136 мг/кг соответственно), но была слабогумусирована (1,93-2,02%). Сумма поглощенных оснований почвы в годы закладки опытов варьировала в пределах 12,66-14,02 ммоль/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 90-92%.

Исследования проведены путем постановки мелкоделяночных полевых опытов, в 4-х кратной повторности, с целью изучения действия сапропеля при последовательном выращивании культур в звене «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла», где кукуруза испытывала прямое действие удобрения, а сахарная свекла – последствие. Опыт №1 проведен в 2016-2017 гг., опыт №2 – в 2017-2018 гг., опыт №3 – в 2018-2019 гг. Общая площадь делянки 3,96 м² (165 x 240), учетная – 3,24 м² (135 x 240), расположение повторений в 2 яруса, вариантов – систематическое.

Схема опытов единая, содержание и обозначение вариантов приведены в таблице 2.

2. Схема опытов №№1-3

№	Содержание варианта	Обозначение
1	Контроль без удобрений	1. Контроль
2	Сапропель – 10 т по сухому веществу или 20 т сапропеля естественной влажности в расчете на 1 га (120 кг азота в расчете на 1 га)	2.Сапропель – 20
3	Сапропель – 20 т по сухому веществу или 40 т сапропеля естественной влажности в расчете на 1 га (240 кг азота в расчете на 1 га)	3.Сапропель – 40
4	Сапропель – 30 т по сухому веществу или 60 т сапропеля естественной влажности в расчете на 1 га (360 кг азота в расчете на 1 га)	4.Сапропель – 60

Предшественником кукурузы была викоовсяная смесь, используемая в качестве сидерата, которая высевалась по белому люпину, выращиваемому на семена. Сапропель вносили при заделке сидеральной массы викоовсяной смеси под глубо-

кую осеннюю обработку почвы. Весной вручную была выполнена перекопка почвы.

Минеральные удобрения под посев кукурузы не вносили. Норма высева кукурузы 80 тыс. раст./га. Расстояние между рядками кукурузы 60 см, к уборке было оставлено 26 растений. Посев кукурузы проведен в первой декаде мая, уборка – во второй декаде сентября, период вегетации колебался в пределах 105-110 дней. Посев сахарной свеклы при ширине междурядий в 45 см проводили во второй декаде мая, уборку (27 растений) – в конце октября. Агротехника возделывания культур общепринятая для данной зоны.

Уборку во всех опытах проводили вручную.

Аналитические методы исследований

Анализ почвенных образцов выполнены в лабораториях кафедры агрохимии и агроэкологии НГСХА с использованием следующих методов: содержание гумуса – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, извлечение из ГОСТ 26213-91; pH_{kcl} – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85); гидролитическая кислотность – по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91); сумма поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-88); ёмкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями – расчетным методом; подвижные соединения фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ Р 54650-2011).

При оценке химического состава сапропеля использовали: ГОСТ 27979-88 для определения pH; содержание органического вещества по ГОСТ 27980-88; валовое содержание азота – ГОСТ 26715-85, фосфора – ГОСТ 26717-85, калия – ГОСТ 26718-85, тяжелые металлы – РД 52.18.191-89.

Анализ растительных образцов проводился в аккредитованной лаборатории ФГБУ «Центр агрохимической службы «Нижегородский» следующими методами: содержание азота по ГОСТ Р 51417-99 с дальнейшим пересчетом в сырой протеин (коэффициент 6,25), фосфора – по ГОСТ 26657-97, калия – по ГОСТ 30504-97; содержание сырой клетчатки – ГОСТ 31675-2012; растворимых углеводов (сахаров) и легкогидролизуемых углеводов (крахмала) – ГОСТ 26176-91; содержание сухого вещества – по ГОСТ 31640-2012, нитратов – по ГОСТ 13496.19-2015; расчет обменной энергии и кормовых единиц – по ГОСТ 27978-88. Корма зеленые.

Статистическая обработка результатов исследований проведена с использованием метода дисперсионного анализа при помощи программного пакета Microsoft Office Excel 2003. Для констатации различий при сравнении величин использовался показатель наименьшей существенной разницы при 5% уровне значимости ($НСР_{05}$).

Глава 3. Прямое действие сапропеля на урожайность и качество зеленой массы кукурузы

В главе рассматриваются результаты учета роста и развития кукурузы, выращиваемой первой культурой в трех двухлетних опытах (№№1-3). Результаты учета урожайности кукурузы по годам показаны в таблице 3.

Установлено, что минимальная доза сапропеля привела к достоверному повышению урожайности кукурузы в сравнении с неудобренным вариантом. Увеличение дозы сапропеля вдвое также было доказательно эффективным и по отношению к контролю, и в сравнении с дозой сапропеля в 20 т/га. Применение сапропеля до-

зой 60 т/га было эффективным в сравнении с контрольным вариантом, но в сравнении с дозой в 40 т/га прибавки урожайности не обеспечило. Масса 1-го растения соответствует генетическим характеристикам, под влиянием сапропеля повышалась на 11-24% в сравнении с неудобренным вариантом.

3. Влияние сапропеля на урожайность зеленой массы кукурузы

Варианты опыта	Среднее по годам, кг/делянку			Среднее за 2016-2018 гг.			
	2016	2017	2018	кг/делянку		т/га	
				по варианту	масса 1 раст., г	по варианту	+,- к вар.1*
1. Контроль	14,72	12,04	12,16	12,97	499	40,03	-
2. Сапропель-20	15,52	13,50	14,09	14,37	552	44,35	4,32 / 11
3. Сапропель-40	17,30	13,92	15,01	15,41	592	47,56	7,53 / 19
4. Сапропель-60	17,96	14,04	16,43	16,14	620	49,81	9,78 / 24
<i>НСР₀₅</i>	<i>1,12</i>	<i>1,26</i>	<i>1,07</i>	<i>1,03</i>			<i>3,09</i>

* - в числителе – в т/га, в знаменателе – в %

Влияние сапропеля на структуру урожайности и некоторые морфологические признаки растений кукурузы показано в таблице 4.

4. Структура урожайности надземной фитомассы кукурузы, 2017-2018 гг.

Варианты опыта	Структура урожайности					Высота, см		Листьев, шт. / раст.
	початки		листья + стебли		початки : стебли	средняя	+,- к вар.1	
	т/га	+,- к в.1	т/га	+,- к в.1				
1. Контроль	16,62	-	23,41	-	1 : 1,4	195	-	10
2. Сапропель-20	17,64	1,02	24,71	1,30	1 : 1,4	203	8	10
3. Сапропель-40	20,48	3,86	27,08	3,67	1 : 1,3	211	16	11
4. Сапропель-60	19,07	2,45	30,74	7,33	1 : 1,6	220	25	12
<i>НСР₀₅</i>		<i>2,04</i>		<i>2,36</i>			<i>15</i>	

Увеличение дозы сапропеля с 20 т/га до 40 т/га стимулировало нарастание початков, дальнейшее повышение дозы до 60 т/га оказало негативное влияние на структуру урожая, снизив долю початков в общей биомассе культуры (с 1:3 до 1:1,6). На варианте с максимальной дозой сапропеля растения были самыми высокорослыми и наиболее облиственными.

Известно, что кукуруза – основа обеспечения животноводства кормами. Питательность корма при этом характеризуется тремя критериями: химический состав корма, переваримость корма и степень усвоения питательных веществ. При этом химический состав – первичный показатель питательности кормов (табл. 5).

Содержание сухого вещества в зеленой массе кукурузы на удобренных вариантах с увеличением дозы сапропеля снижалось (с 22,2% до 19,4%), а содержание сырой золы увеличивалось (с 7,1 до 7,8%), т.е. соответствовало нормативным требованиям для зелёных кормов (не менее 17% сухого вещества и не более 8% золы). Во всех вариантах получен зеленый корм, по содержанию сырой клетчатки и сырого протеина удовлетворяющий разработанному стандарту. Содержание сахаров в растительной массе кукурузы с повышением дозы сапропеля увеличивается. Обменная энергия и содержание кормовых единиц соответствуют нормативу на всех вариантах с внесением сапропеля, хотя численное значение этих показателей несколько ниже

значений контрольного варианта. Содержание нитратов в зеленой массе кукурузы значительно ниже ПДК, хотя с увеличением дозы сапропеля несколько повышается.

5. Влияние сапропеля на питательную ценность надземной фитомассы кукурузы, 2017 г.

Варианты опыта	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %	Сахара, %	Крахмал, %	ОЭ, МДж/кг	ЭКЕ, кг/кг	Нитраты, мг / кг сырой массы
1. Контроль	19,70	10,13	8,6	38,9	11,45	1,06	180
2. Сапропель-20	20,27	11,88	10,8	26,0	11,35	1,04	177
3. Сапропель-40	19,95	12,75	10,3	23,0	11,41	1,05	189
4. Сапропель-60	20,73	13,25	11,0	25,9	11,27	1,02	217
<i>Норматив</i>	$\leq 26^*$	$\geq 9,0^*$			$\geq 10^{**}$	$\geq 1,0^{**}$	500**

* - ГОСТ Р 56912-2016 Корма зеленые. Технические условия.

** - Методические указания по оценке качества и питательности кормов, 2002

Учитывая концентрацию элементов питания в зеленой массе кукурузы, был рассчитан вынос и определены коэффициенты использования (КИ) элементов растениями из сапропеля (табл. 6).

6. Использование основных элементов питания надземной фитомассой кукурузы из сапропеля

Варианты опыта	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	содержание, %	вынос, кг/га	КИ %	содержание, %	вынос, кг/га	КИ %	содержание, %	вынос, кг/га	КИ %
1. Контроль	0,30	120,09	-	0,12	48,03	-	0,29	116,08	-
2. Сапропель-20	0,34	150,79	26	0,13	57,65	27	0,27	119,74	33
3. Сапропель-40	0,37	175,97	24	0,15	71,34	33	0,29	137,92	68
4. Сапропель-60	0,34	169,35	14	0,11	54,79	6	0,30	149,43	69
<i>Справочное*</i>	<i>0,26</i>		<i>25</i>	<i>0,13</i>		<i>40</i>	<i>0,37</i>		<i>50</i>

* - Справочник агронома-эколога, 2012

Установлено, что азот и фосфор из сапропеля усваиваются на уровне (по азоту) или чуть ниже (по фосфору) усредненных справочных данных, но лучше всего – при внесении сапропеля в дозе 20 или 40 т/га, резко снижаясь при увеличении дозы удобрения до 60 т/га. Коэффициент использования калия увеличивается с увеличением дозы сапропеля и значительно превышает справочную величину.

Глава 4. Последствие сапропеля на сахарной свекле

В данном исследовании сахарная свекла испытывала последствие сапропеля, ранее внесенного под кукурузу, выращиваемую на зеленую массу. Конкретно для сахарной свеклы учетными годами в опыте №1 был 2017 г., в опыте №2 – 2018 г., а в опыте №3 – 2019 г. Влияние сапропеля на формирование урожая сахарной свеклы за анализируемые годы (2017-2019 гг.) показано в таблицах 7 и 8.

Результаты свидетельствуют, что сапропель обладает последствием, так как во всех вариантах с его внесением получена достоверная прибавка урожай-

ности в сравнении с контролем. Но последствие дозы сапропеля в 60 т/га в среднем за годы исследований оказалось равным дозе удобрения в 40 т/га.

Соотношение основной и побочной продукции в урожае свеклы свидетельствует о положительном влиянии последствие сапропеля на формирование корнеплодов свеклы. При этом максимальным оно было на варианте с внесением ила в дозе 40 т/га. В целом внесение сапропеля привело к сужению соотношения «ботва : корнеплод» и уменьшению выхода ботвы. Генетический потенциал гибрида сахарной свеклы «Крокодил» по показателю «масса корнеплода» не достигнут, но приближен к минимальному из отмечаемых в Госреестре селекционных достижений (500-600 г). Корнеплоды имеют свойственную гибриду удлиненную форму.

7. Урожайность биомассы сахарной свеклы

Варианты опыта	Среднее по годам, кг/делянку			Среднее за 2017-2019 гг.			
	2017	2018	2019	кг / делянку		т/га	
				среднее	+, - к вар. 1		
1. Контроль	9,59	11,55	12,84	11,32	-	-	34,9
2. Сапропель-20	14,35	15,28	13,01	14,21	2,89	26	43,9
3. Сапропель-40	15,94	17,07	15,58	16,19	4,87	43	50,0
4. Сапропель-60	13,22	14,21	16,96	14,79	3,47	31	45,7
<i>НСР₀₅</i>	<i>1,44</i>	<i>1,37</i>	<i>1,48</i>		<i>1,61</i>		<i>4,7</i>

8. Структура урожая сахарной свеклы

Варианты опыта	Структура фитомассы свеклы, т/га				Корнеплод			
	корнеплоды		ботва		ботва: корни	масса, г	длина, см	диаметр, см
	среднее	+, - к в.1	среднее	+, - к в.1				
1. Контроль	24,5	-	10,4	-	0,42	294	22,5	9,3
2. Сапропель-20	31,3	6,8	12,6	2,2	0,40	376	24,6	10,1
3. Сапропель-40	36,7	12,2	13,3	2,9	0,36	440	25,4	10,9
4. Сапропель-60	32,4	7,9	13,2	2,8	0,40	389	23,5	10,9
<i>НСР₀₅</i>		<i>4,5</i>		<i>2,1</i>		<i>56</i>		

Изменения в содержании сахара в корнеплодах (табл. 9) невысоки и колеблются в пределах 1-4% к величине контрольного варианта, а сбор сахара целиком обеспечен урожайностью культуры. Калий в основном сосредоточен в ботве, а азот и фосфор равномерно распределены между основной и побочной продукцией свеклы.

9. Влияние сапропеля на сахаристость корнеплодов, сбор сахара с урожаем и содержание основных элементов питания в урожае

Варианты опыта	Содержание сахара				Содержание элементов питания, %					
	среднее, %	сбор сахара			в корнеплодах			в ботве		
		ц/га	+, - к вар. 1		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	16,9	41,4	-	-						
2. Сапропель-20	17,0	53,2	11,8	29	0,19	0,04	0,17	0,21	0,06	0,42
3. Сапропель-40	17,2	63,1	21,7	52	0,20	0,04	0,15	0,20	0,05	0,40
4. Сапропель-60	17,0	55,1	13,7	33	0,18	0,06	0,18	0,23	0,08	0,47
<i>НСР₀₅</i>	<i>F_φ < F_m</i>									
<i>Справочное*</i>					<i>0,24</i>	<i>0,08</i>	<i>0,25</i>	<i>0,35</i>	<i>0,10</i>	<i>0,50</i>

* - Агрохимия. 2-е изд., перераб. и доп., под ред. Смирнова П.М., Муравина Э.А.

Коэффициент использования азота в последствии сапропеля ниже, чем у классических органических удобрений (табл. 10).

10. Коэффициенты использования элементов питания сахарной свеклой из сапропеля, 2-й год последствия, 2018 г.

Варианты опыта	Вынос биомассой свеклы, кг/га			Использовано из сапропеля, кг/га			Коэффициент использования из сапропеля, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1. Контроль	77,8	20,7	108,7	-	-	-	-	-	-
2. Сапропель-20	92,3	24,2	111,7	14,5	3,5	3,0	12	10	19
3. Сапропель-40	105,4	29,3	114,0	27,6	6,5	5,3	12	9	16
4. Сапропель-60	88,0	30,7	111,2	10,2	10,0	2,5	3	10	5
<i>Справочное*</i>							20	15	15

* - коэффициенты использования элементов питания из органических удобрений (компосты, навоз подстилочный) в последствии 2 года (Справочник агронома-эколога, 2012).

Поглощение фосфора не зависело от дозы внесения удобрения, а усвоение азота и калия с увеличением дозы снижается.

Глава 5. Эффективность использования сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла»

В таблицах 11 и 12 приведены результаты анализа почвы спустя год (09.2018) и спустя 2 года (10.2019 г.) после разового внесения сапропеля в сравнении с начальной характеристикой почвы опыта (май 2018 г.).

11. Влияние сапропеля на основные агрохимические показатели почвы

Варианты опыта	pH _{KCl}		Гумус, %		P ₂ O ₅ , мг/кг		K ₂ O, мг/кг		ЕКО, ммоль/100 г	
	09.18	10.19	09.18	10.19	09.18	10.19	09.18	10.19	09.18	10.19
<i>Начало опыта</i>	5,50		1,95		115		130		15,34	
1. Контроль	5,52	5,54	1,91	2,00	118	113	124	117	15,38	15,40
2. Сапропель-20	5,60	5,65	2,05	2,07	126	129	133	132	15,53	15,62
3. Сапропель-40	5,74	5,82	2,11	2,10	139	142	140	136	15,68	15,92
4. Сапропель-60	5,77	5,81	2,19	2,16	144	147	145	139	15,77	16,01
<i>HCP₀₅</i>	0,18	0,17	0,13	0,15	11	12	12	9	<i>F_φ < F_m</i>	

12. Влияние сапропеля на содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг

Варианты опыта	Валовое содержание				Подвижные формы				
	Pb	Cd	Zn	Cu	Pb	Cd	Zn	Cu	
<i>Май 2018 г.</i>	4,14	0,36	15,05	6,13	0,29	0,07	0,48	0,30	
<i>Октябрь 2019 г.</i>									
1. Контроль	4,57	0,40	13,81	5,65	0,27	0,05	0,47	0,32	
2. Сапропель-20	4,70	0,33	17,40	5,69	0,30	0,07	0,44	0,34	
3. Сапропель-40	4,78	0,51	17,99	6,18	0,28	0,06	0,73	0,29	
4. Сапропель-60	5,02	0,47	18,76	7,74	0,34	0,07	0,82	0,27	
<i>Фон*</i>	8,7	0,61	26,60	9,20	1,00	0,20	0,90	0,30	
<i>ОДК, ПДК**</i>	65,0	1,00	110,0	66,00	6,00	-	23,00	3,00	

* - Геологическая основа ..., 2003; ОДК – для валового содержания в соответствии с ГН 2.1.7.2511-09; ПДК – для подвижных форм в соответствии с ГН 2.1.7.2041-06

Установлено, что содержание гумуса в почве после внесения сапропеля увеличивается на 0,15-0,16%, а содержание подвижных фосфатов – на 12-28 мг/кг, увеличиваясь с возрастанием дозы сапропеля.

Концентрация подвижных форм калия увеличивается только в прямом действии сапропеля при максимальной дозе его внесения. Кислотность почвы снижается с увеличением дозы сапропеля и во времени, спустя 2 года после его внесения.

Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь) в почве с внесением сапропеля изменялось в пределах фоновых значений для Правобережья Нижегородской области и не превысило ориентировочных и предельно допустимых уровней их концентрации.

Максимальную продуктивность звена севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» (33% к контролю) обеспечило внесение сапропеля в дозе 40 т/га (табл. 13).

13. Суммарный эффект (действие и последствие) сапропеля в звене севооборота

Варианты опыта	В сумме за 2 года, т к.ед./га				Среднее,		ПД	ППД	ПД : ППД
	1	2	3	сумма	т/га/год	к в.1			
1. Контроль	6,40	5,88	1,66	13,94	6,97	-	6,40	7,54	46 : 54
2.Сапропель-20	7,09	7,51	2,01	16,61	8,30	1,33	7,09	9,52	43 : 57
3.Сапропель-40	7,60	8,80	2,12	18,52	9,26	2,29	7,60	10,92	41 : 59
4.Сапропель-60	7,96	7,77	2,11	17,84	8,92	1,95	7,96	9,88	45 : 55

Примечание: 1 – зеленая масса кукурузы, 2 – корнеплоды, 3 – ботва сахарной свеклы;
ПД – прямое действие сапропеля, ППД – последствие сапропеля

Данные свидетельствуют, что последствие сапропеля на сахарной свекле оказалось сильнее его прямого действия на зеленую массу кукурузы, составляя от 54 до 59% суммарного эффекта. Максимальным оно было на варианте с внесением под первую культуру 40 т сапропеля в расчете на 1 га, обеспечив среднегодовую прибавку в 2,29 т корм. ед./га.

Результаты расчета окупаемости элементов питания сапропеля урожаем последовательно выращиваемых культур приведены в таблице 14. При этом усвоение элементов питания из сапропеля по сумме действия и последствия принято равным 55%.

14. Агрономическая эффективность использования сапропеля в севообороте

Варианты опыта	Окупаемость 1 кг НРК продукцией, кг		Эффективность звена «кукуруза – сахарная свекла»					
			внесено удобрений		использовано, кг/га	прибавка урожая, кг к.ед./га	окупаемость, кг корм. ед.	
	кукуруза	свекла	т/га	кг/га			кг/т	кг/кг
2.Сапропель-20	46	72	20	171	94	2670	134	28,4
3.Сапропель-40	40	65	40	342	188	4580	115	24,4
4.Сапропель-60	35	28	60	513	282	3900	65	13,8

Расчеты показали, что 1 кг внесенных под кукурузу в составе сапропеля элементов питания окупается прибавкой урожая зеленой массы в пределах 35-46 кг, снижаясь с увеличением дозы сапропеля с 20 до 60 т/га. Последствие сапропеля

на сахарной свекле наиболее эффективно при дозе сапропеля 20 т/га: окупаемость 1 кг NPK достигает 72 кг корнеплодов. С повышением дозы сапропеля окупаемость 1 килограмма NPK снижается с 12,2 кг кормовых единиц (при дозе сапропеля 40 т/га) до 6,9 кг кормовых единиц (при дозе сапропеля 60 т/га).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Почвенный покров России в последние годы сильно истощен, что требует проведения мелиорации и применения удобрений как важного условия улучшения качества почв. В этой связи внимание ученых и практиков в области сельского хозяйства должно быть обращено на использование природных ресурсов, способных стать для растений источником питательных веществ и своеобразным агромеритом при оптимизации условий произрастания растений. Одним из таких ресурсов является сапропель, качество и удобрительная ценность которого в сильной степени зависят от характеристики места и природы образования, что предполагает обязательность исследований видов сапропеля в технологиях возделывания разных культур. Такими культурами для Нижегородской области, как части Верхнего Поволжья, являются две культуры, выращиваемые последовательно: кукуруза на зеленую массу, как корм скоту, и сахарная свекла – техническая культура, для которой этот регион является самым северным районом возделывания.

Данная работа имела целью оценку влияния разных доз сапропеля местного происхождения на урожайность и качество основной продукции культур в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» и агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы.

Исследования проведены по 4-м направлениям:

- 1) изучение прямого действия разных доз сапропеля на урожайность и качество зеленой массы кукурузы;
- 2) изучение последствия сапропеля на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы;
- 3) оценка влияния сапропеля на агрохимическую и агроэкологическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы;
- 4) анализ агрономической эффективности сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла».

Основные исследования проведены в мелкоделяночных опытах, в 4-х кратной повторности, на экспериментальной площадке кафедры агрохимии и агроэкологии НГСХА, при последовательном выращивании культур. Опыт №1 поставлен в 2016-2017 гг., опыт №2 – в 2017-2018 гг., опыт №3 – в 2018-2019 гг. Учетная площадь деланки 3,24 м² (135 x 240), общая площадь – 3,96 м² (165 x 240), защитная полоса между деланками 30 см, между повторениями – 50 см. Расположение повторений в 2 яруса. Агротехника возделывания культур общепринятая для этой зоны. Уборку во всех опытах проводили вручную. В процессе вегетации культур оценивали рост и развитие растений, провели учет урожайности и определение отдельных показателей качества растительной продукции, а также учли влияние сапропеля на основные агрохимические показатели почвы.

Сапропель в опытах был внесен под кукурузу, дозы определены с учетом рекомендаций ГОСТ Р 54000-2010 по азоту, и по вариантам колебались от 120 до

360 кг/га, что в пересчете на физическую массу удобрения составило 20 т/га, 40 т/га и 60 т/га сапропеля естественной влажности. На второй год на этом же участке выращивали сахарную свеклу, соответственно, свекла использовала последствие ранее внесенного удобрения. Гибрид кукурузы «Обский 140 СВ», универсальный (на зерно и силосную массу), раннеспелый, отличается холодостойкостью. Сахарная свёкла сорта «Крокодил», гибрид F1, с высокой урожайностью и сахаристостью, рекомендован для поздней уборки (период вегетации достигает 170 дней). Обе культуры включены в Госреестр по Средневолжскому региону, который относится к Приволжскому федеральному округу.

Сапропель местного происхождения, из озера в Арзамасском районе Нижегородской области. В соответствии с классификацией, приведенной в ГОСТ Р 54000-2010 «Удобрения органические. Сапропели. Общие технические условия», относится к органо-глинистому типу. По рН солевой вытяжки, общему содержанию азота и фосфора удовлетворяет требованиям ГОСТа. Содержание калия в сапропеле ниже нормируемого практически в два раза. По содержанию тяжелых металлов сапропель относится к первому классу пригодности. Это значит, что его можно применять под все виды сельскохозяйственных культур, включая корнеплоды.

Погодные условия 2018 и 2019 гг. соответствовали среднемноголетним данным, 2017 год был более сухим, а 2016 год – очень влажным и жарким, но в целом все годы были благоприятными для выращивания сельскохозяйственных культур. Почва для опытов слабогумусирована, со слабокислой реакцией среды, повышенной обеспеченностью подвижными соединениями фосфора и калия. По показателям, характеризующим состояние почвенного поглощающего комплекса (гидролитическая кислотность, суммы поглощенных оснований, степень насыщенности почвы основаниями) почва оценивается как устойчивая к внешним воздействиям.

По направлению «Изучение прямого действия разных доз сапропеля на урожайность и качество зеленой массы кукурузы» установлено следующее.

Дозы сапропеля оказали влияние на изменение морфологических характеристик растений кукурузы. Если в начале вегетации культуры темпы увеличения высоты растений и образования листьев находились на уровне контрольного варианта, то в последующие сроки развития четко прослеживались тенденции увеличения их значений при возрастании дозы. Высота растений в среднем за 2016-2018 гг. колебалась от 195 см до 220 см. Максимальное количество листьев на одном растении (12 шт.) отмечено при дозе сапропеля в 60 т/га.

Урожайность зеленой массы кукурузы с ростом дозы сапропеля возрастала, достигнув максимума в 47,6 т/га при дозе сапропеля 40 т/га. Увеличение дозы сапропеля до 60 т/га не дало прироста урожайности, показав лишь тенденцию её повышения (49,8 т/га). Наибольшее влияние на синтез початков кукурузы оказала доза сапропеля в 40 т/га (20,5 т/га), а на прирост стеблелистовой массы кукурузы – доза 60 т/га (30,7 т/га).

Под влиянием сапропеля изменялся химический состав зеленой массы кукурузы. Содержание сухого вещества достигает 22-24% (норматив не менее 17%), сырой золы – 6,8-7,8% (норматив не более 8%). По содержанию сырой клетчатки (19,7-20,7% при норме не более 26%) и сырого протеина (10,13-13,25% при норме не менее 9%) зеленая масса кукурузы удовлетворяет требованиям (Методические указания по оценке качества и питательности кормов, 2002).

Содержание нитратов в зеленой массе не превышает ПДК (при всех дозах сапропеля не более 217 мг/кг сырой массы при нормативе не более 500 мг/кг). Значения всех показателей возрастали с увеличением дозы природного материала.

Применение сапропеля в качестве удобрения способствует повышению питательности зеленой массы кукурузы с достижением максимума на варианте, где вносили озерный ил в дозе 40 т/га: обменная энергия 11,41 МДж/кг (при норме не менее 10 МДж/кг), энергетические кормовые единицы – 1,05 кг/кг (при норме не менее 1,0 кг/кг).

Коэффициенты использования кукурузой азота и фосфора из сапропеля в прямом действии наиболее сбалансированы и находятся в соответствии со среднестатистическими при внесении сапропеля в дозах 20 и 40 т/га, изменяясь в пределах 24-26% по азоту и 27-33% по фосфору. Использование калия из сапропеля повышалось с увеличением дозы удобрения от 23% (при внесении сапропеля в дозе 20 т/га) до 68-69% (при дозах 40 и 60 т/га).

По направлению «Изучение последствий сапропеля на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы» установлено следующее.

Сапропель обладает последствием на второй год после его внесения под предшествующую культуру, что выражается приростом урожайности общей биомассы сахарной свеклы с преимущественным влиянием на формирование корнеплодов. Стабильно положительное влияние на большинство анализируемых показателей сахарной свеклы оказала доза сапропеля в 40 т/га. Последствие этой дозы (40 т/га) в среднем за 2017-2019 гг. привело к увеличению урожайности свеклы в сравнении с неудобренным контролем (на 43-50% при урожайности на контроле 24,5 т/га), а в сравнении с дозами 20 и 60 т/га – на 16-17%.

Применение сапропеля способствует повышению доли основной продукции (корнеплодов) в структуре урожайности сахарной свеклы до 64%. Внесение сапропеля в дозе 40 т/га в последствии дало возможность сформировать генетически свойственную гибриду сахарной свеклы «Крокодил» удлиненную форму корнеплода при массе корнеплода в среднем за годы исследований в 440 г, что на 50% превышает массу корнеплода свеклы при выращивании её на неудобренной почве.

Установлено, что сапропель в последствии не оказывает влияния на содержание сахара в корнеплодах, но увеличивает сбор сахара с единицы площади: при внесении сапропеля в дозе 40 т/га – на 52% в сравнении с неудобренным вариантом, а при внесении сапропеля в дозе 20 или 60 т/га – на 29-33% к контролю. Содержание основных элементов питания в растительной продукции сахарной свеклы под влиянием сапропеля, внесенного за год до её посева, изменяется лишь на уровне тенденции и в целом снижено в сравнении со среднестатистическими справочными величинами.

Коэффициенты использования элементов питания из сапропеля в первый год последствия выражаются следующими цифрами: по азоту – 12% при внесении сапропеля в дозе 20-40 т/га с резким снижением до 3% при дозе сапропеля в 60 т/га; по фосфору – на уровне 9-10% независимо от дозы сапропеля; по калию – постепенным снижением коэффициента усвоения с 19% при дозе сапропеля 20 т/га до 16% и 5% при дозах сапропеля 40 и 60 т/га.

По направлению «Оценка влияния сапропеля на агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы» установлено следующее.

Внесение сапропеля оказывает доказательное положительное влияние на питательный режим почвы. Содержание органического вещества под действием сапропеля увеличивается на 0,15-0,16% (8-11 относительных процентов к характеристике почвы на начало опыта), а содержание подвижных фосфатов повышается на 12-28 мг/кг почвы (21-25% к началу опыта), увеличиваясь с возрастанием дозы сапропеля. При этом содержание подвижных форм калия повышается только при максимальной дозе сапропеля (60 т/га) и только в год внесения, имея в последствии тенденцию снижения концентрации калия с увеличением дозы внесения сапропеля.

Физико-химические агрохимические показатели, характеризующие почвенный поглощающий комплекс, свидетельствуют, что внесение сапропеля способствует существенному снижению кислотности почвы (рН солевой вытяжки и гидролитической кислотности), что характеризует его как агроメリорант, а также проявлению устойчивой тенденции повышения суммы поглощенных оснований, емкости катионного обмена и степени насыщенности почвы основаниями. Наиболее стабильной в этом отношении была доза сапропеля в 40 т/га.

Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь) в почве с внесением сапропеля изменялось в пределах фоновых значений для Правобережья Нижегородской области и не превысило ориентировочных и предельно допустимых уровней их концентрации.

По вопросу «Анализ агрономической эффективности сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» установлено следующее.

В год прямого действия сапропеля на кукурузе наиболее продуктивным был вариант с внесением 60 т сапропеля в расчете на 1 га, где урожайность оценена в 7,96 т кормовых единиц с 1 га. В последствии на сахарной свекле лучшим был вариант с внесением сапропеля в дозе 40 т/га, что позволило сформировать урожайность свеклы на уровне 10,92 т кормовых единиц с 1 га.

Максимальная продуктивность звена севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» отмечена при внесении сапропеля в дозе 40 т/га, где в среднем за год получена максимальная прибавка урожайности в 2,29 т кормовых единиц с 1 га к урожайности на контроле на уровне 6,97 т корм.ед./га.

Окупаемость 1 т сапропеля продукцией звена севооборота колеблется от 65 кг кормовых единиц при дозе сапропеля в 60 т/га до 115 кг/т и 134 кг/т при последовательном снижении доз сапропеля до 40 и 20 т/га. Оплата 1 кг элементов питания сапропеля урожаем кукурузы составляет 35-46 кг зеленой массы, а сахарной свеклы – 28-72 кг корнеплодов.

Наибольшая отдача от разового внесения сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» получена при его внесении в дозе 20 т/га: в среднем за год окупаемость 1 кг внесенных с дозой сапропеля элементов питания на этом варианте составила 14,2 кг кормовых единиц. С повышением дозы сапропеля окупаемость 1 килограмма NPK снижается с 12,2 кг кормовых единиц (при дозе 40 т/га) до 6,9 кг кормовых единиц (при дозе 60 т/га).

В целом, учитывая суммарный сбор кормовых единиц (прибавка от удобрений равна 4,58 т корм. ед./га), который был наивысшим при дозе внесения сапропеля в 40 т/га, и достаточно высокую окупаемость 1 кг элементов питания, внесенных с этой дозой сапропеля (12,2 кг кормовых единиц ежегодно в расчете на 1 кг внесенных элементов питания), оптимальным для звена севооборота «кукуруза на зеле-

ную массу → сахарная свекла» следует признать внесение сапропеля в дозе 40 т/га разово под первую культуру.

ВЫВОДЫ

1. Внесение сапропеля под кукурузу в дозах 20, 40 и 60 т/га способствует росту растений в высоту до 220 см и увеличению числа листьев на одном растении до 11-12 штук. Урожайность зеленой массы кукурузы в среднем за 2016-2018 гг. с ростом дозы сапропеля возрастала, достигнув максимума в 47,6 т/га при дозе 40 т/га. Увеличение дозы сапропеля до 60 т/га не дало прироста урожайности, показав лишь тенденцию её повышения (49,8 т/га). Наибольшее влияние на синтез початков кукурузы оказала доза сапропеля в 40 т/га (20,5 т/га), а на прирост стебле-лиственной массы кукурузы – доза 60 т/га (30,7 т/га).
2. Химический состав растений кукурузы при внесении сапропеля улучшается и соответствует требованиям к зеленой массе кукурузы как к кормовой продукции: содержание сухого вещества достигает 22-24%, сырой золы – 6,8-8,7%, сырого протеина – 10,13-13,25%. При этом содержание сырой клетчатки не превышает норматива в 26%, варьируя от 19,7% до 20,7%, а концентрация нитратов не превышает ПДК (500 мг/кг), изменяясь в пределах не более 217 мг/кг сырой продукции. Питательность зеленой массы кукурузы наивысшая на варианте с дозой сапропеля 40 т/га, что подтверждается показателем обменной энергии (ОЭ) в 11,41 мДж и кормовой ценностью (ЭКЕ) в 1,05 кг/кг.
3. Коэффициенты использования кукурузой азота и фосфора из сапропеля при внесении его в дозах 20 и 40 т/га в прямом действии варьируют в пределах 24-26% по азоту и 27-33% по фосфору. Использование калия из сапропеля повышалось с увеличением дозы удобрения от 23% (при внесении сапропеля в дозе 20 т/га) до 68-69% (при дозах 40 и 60 т/га).
4. Последствие сапропеля в дозе 40 т/га на сахарной свекле в среднем за 2017-2019 гг. способствует увеличению её урожайности в сравнении с неудобренным контролем на 43-50% (при урожайности на контроле 24,5 т/га), а в сравнении с другими изучаемыми дозами – на 16-17%. Применение сапропеля способствует повышению доли основной продукции (корнеплодов) в структуре урожайности сахарной свеклы до 64%.
5. Сапропель в последствии не оказывает влияния на содержание сахара в корнеплодах, но увеличивает сбор сахара с единицы площади: при внесении сапропеля в дозе 40 т/га – на 52% в сравнении с неудобренным вариантом, а при внесении сапропеля в дозе 20 или 60 т/га – на 29-33% к контролю.
6. Коэффициенты использования элементов питания из сапропеля в первый год последствия выражаются следующими цифрами: по азоту – 12% при внесении сапропеля в дозе 20-40 т/га с резким снижением до 3% при дозе сапропеля в 60 т/га; по фосфору – на уровне 9-10% независимо от дозы сапропеля; по калию – постепенным снижением коэффициента усвоения с 19% при дозе сапропеля 20 т/га до 16% и 5% при дозах сапропеля 40 и 60 т/га соответственно.
7. Внесение сапропеля оказывает доказательное положительное влияние на питательный режим почвы, способствуя повышению содержания органического ве-

щества на 0,15-0,16% (8-11%%), и содержанию подвижных фосфатов – на 12-28 мг/кг почвы (21-25% к началу опыта), увеличиваясь с возрастанием дозы сапропеля. Содержание подвижных форм калия повышается только при максимальной дозе сапропеля (60 т/га) и только в год внесения. Отмечено существенное снижение кислотности почвы (рН солевой вытяжки и гидролитической кислотности), что характеризует сапропель как агроулучшитель.

8. Валовое содержание и содержание подвижных форм тяжелых металлов (свинец, кадмий, цинк, медь) в почве с внесением сапропеля изменялось в пределах фоновых значений для Правобережья Нижегородской области и не превысило ориентировочных и предельно допустимых уровней их концентрации.
9. Максимальная продуктивность звена севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» отмечена при внесении сапропеля в дозе 40 т/га, где в среднем за год получена прибавка урожайности в 2,29 т кормовых единиц с 1 га к урожайности на контроле на уровне 6,97 т корм. ед./га. Оплата 1 кг элементов питания сапропеля урожаем кукурузы составляет 35-46 кг зеленой массы, а продукцией сахарной свеклы – 28-72 кг корнеплодов. Наибольшая отдача от разового внесения сапропеля в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла» получена при его внесении в дозе 20 т/га: в среднем за год окупаемость 1 кг внесенных с дозой сапропеля элементов питания на этом варианте составила 14,2 кг кормовых единиц. С повышением дозы сапропеля окупаемость 1 килограмма NPK снижается с 12,2 кг кормовых единиц (при дозе сапропеля 40 т/га) до 6,9 кг кормовых единиц (при дозе сапропеля 60 т/га).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Сапропель (озерный ил), образующийся при расчистке местных пресноводных водоемов, рекомендуется использовать в качестве удобрения длительного действия и агроулучшителя в звене севооборота «кукуруза на зеленую массу → сахарная свекла», что позволяет повысить продуктивность агроценоза и содержание основных элементов питания в светло-серой лесной легкосуглинистой почве при сохранении её безопасности по тяжелым металлам.

Оптимальная доза сапропеля – 40 т физической массы (20 т сухого вещества) в расчете на 1 гектар, при основной обработке почвы под кукурузу, что в среднем за год обеспечивает окупаемость 1 кг элементов питания сапропеля 12,2 кг кормовых единиц продукции последовательно выращиваемых кукурузы на зеленый корм и сахарной свеклы.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Ветчинников А.А., Титова В.И., **Баранов А.И.**, Сеньчева Е.В. Оценка возможности использования донных отложений пруда для рекультивации техногенно нарушенных почв / Агрехимический вестник. – 2018. – № 2. – С. 50-53.
2. Титова В.И., **Баранов А.И.**, Белоусова Е.Г. Использование сапропеля при выращивании кукурузы на серых лесных почвах Нижегородской области / Агрехимия. – 2019. – №1. – С. 36-41. DOI:10.1134/S0002188119010137
3. Титова В.И., **Баранов А.И.**, Белоусова Е.Г. Оценка возможности использования сапропеля при выращивании сахарной свеклы на серых лесных почвах Нижегородской области / Пермский аграрный вестник – 2020. – № 1 (29). – С. 84-91. doi 10.24411/2307-2873-2020-10010

Публикации в других изданиях:

4. Титова В.И., **Баранов А.И.**, Тиматкина И.А. Оценка влияния сапропеля на фитоценотический состав и урожайность бобово-злакового травостоя / Вестник НГСХА. – 2016. – № 2 (10). – С. 18-22.
5. **Баранов А.И.**, Титова В.И. Влияние сапропеля на агрохимическую характеристику светло-серой лесной легкосуглинистой почвы / Цифровые технологии в управлении и оценке земельными ресурсами: новые подходы и инновационные решения / Сб. матер. Российско-Узбекского научно-практического семинара. Узбекистан, Бухара: БухГУ, 20.04.2020 – 23.04.2020 г.

Подписано в печать _____ Формат

Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. п.л. 1,0

Заказ _____ Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии _____