

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА
ФАКУЛЬТЕТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ

На правах рукописи



Королев Петр Сергеевич

**Влияние новых форм удобрений на рост и развитие
газонных трав в г. Москва**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

научный руководитель:
доктор биологических наук
Пашкевич Елена Борисовна

Москва, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	9
1.1 История возникновения газонов, современные представления о системе удобрения газонов.....	9
1.2 Экологические функции газонов.....	12
1.3 Характеристика и экология газонных злаков.....	15
1.4 Минеральное питание и создание системы удобрений для газонов...	18
1.5 Создание новых удобрений пролонгированного действия.....	27
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
Опыт 1. Сравнительная эффективность применения капсулированной мочевины и дробного внесения азотных удобрений при создании и эксплуатации газонного покрытия на искусственных почвогрунтах.....	35
Опыт 2. Изучение влияния сроков и доз внесения инновационных комплексных удобрений на биопродуктивность и качество старовозрастного паркового газона.....	37
Методы исследования почвогрунтов и растений.....	39
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.....	41
Опыт 1. Сравнительная эффективность применения капсулированной мочевины и дробного внесения азотных удобрений при создании и эксплуатации газонного покрытия на искусственных почвогрунтах.....	41
Опыт 2. Изучение влияния сроков и доз внесения инновационных комплексных удобрений на биопродуктивность и качество старовозрастного паркового газона.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	79
ВЫВОДЫ.....	81
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	83
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Обеспеченность городских территорий зелеными насаждениями - один из факторов, которые определяют качество жизни людей в условиях города. Именно газонные злаки обладают преимуществом перед другими типами растительности, так как они довольно устойчивы к негативным факторам и быстро растут. Спрос на проектирование газонных покрытий постоянно увеличивается и обуславливает разработку грамотного агрохимического сопровождения для газонов при создании и при эксплуатации уже имеющихся газонов (Kleiber et al., 2009).

Улучшение декоративных характеристик зеленых насаждений невозможно без применения минеральных удобрений. При создании газонов высокого качества для их успешной вегетации требуется постоянное поступление питательных элементов из почв или грунтов, так как из-за антропогенных и абиотических факторов происходит отчуждение элементов питания из корнеобитаемого слоя (Lubkowski, 2016). Это - основная проблема при эксплуатации и создании газонов, требующая научно-обоснованного использования минеральных удобрений (Guillard, 2008), направленного против деградации почвенного и растительного покрова.

Оптимизация минерального питания газонов является одним из важнейших факторов по уходу за ними (Martinez et al., 2014). В средней полосе России ухудшение минерального питания газонных трав связано с вымыванием элементов за пределы корнеобитаемого слоя. В работах отечественных и зарубежных исследователей указывается, что только при регулярном ежегодном применении удобрений можно поддерживать газон в надлежащем состоянии и только при таких условиях он может выполнять свои экологические и эстетические функции. В зарубежной литературе обсуждается и вопрос о необходимости ежегодного применения азотных удобрений (Cheng et al., 2008) и о регулировании применения фосфорных удобрений (Mensink, Rene, 1990), которые при попадании с газонов в водоисточники могут вызывать

эвтрофикацию. Также широко обсуждается вопрос о частоте применения азотных удобрений на газонах, последнем сроке их внесения и совместном использовании азотных и фосфорно-калийных удобрений.

В условиях г. Москвы разработка приемов, способов и сроков внесения минеральных удобрений под газонные травы может играть важную роль для предотвращения деградации газонных покрытий и, таким образом, снижать необходимость их замены. При этом важно рассматривать частоту внесения удобрений и их дозы исходя из свойств почв и почво-грунтов. В случае хорошей обеспеченности почв фосфором и калием необходимо отдельно рассматривать вопрос о целесообразности использования фосфорно-калийных удобрений.

Научные исследования отдают предпочтения комплексным удобрениям и удобрениям, содержащим микроэлементы. Использование подобных удобрений в агрохимической практике позволит улучшить почвенное плодородие и удовлетворить потребность растений в основных питательных элементах. При этом комплексные удобрения могут обладать и рядом недостатков – в первую очередь, это постоянная потребность в их внесении. Развитие химической индустрии позволило совершенствовать производство новых удобрений с полимерным покрытием. Создание подобных удобрений обеспечивает более эффективное высвобождение питательных элементов и снижает неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Эти удобрения с контролируемым высвобождением питательных элементов или удобрения с медленным высвобождением выделяют питательные вещества в соответствии с потребностями растений при однократном их внесении (Parker, 1981). Удобрения пролонгированного действия использовали в сельском хозяйстве, но их высокая стоимость долгое время ограничивала их применение. Преимущество пролонгированных удобрений при проведении озеленения в городах заключается в однократном внесении, а питательные элементы высвобождаются в течение всего вегетационного периода (Шуршин, Болышева, 2011).

Вносить при посеве газона высокие дозы удобрений, рассчитанных на весь период вегетации, не целесообразно. Это связано с тем, что часть удобрений будет вымываться за пределы корнеобитаемого слоя, а если газон имеет уклон, то и смываться с него. Считаем, что для создания долговечных, высокодекоративных газонов удобрения нужно вносить дробно, а при создании газонов использовать капсулированные удобрения пролонгированного действия. В первую очередь это относится к азотным удобрениям.

Степень разработанности проблемы. Необходимость применения комплексных удобрений и уход за газонными покрытиями достаточно хорошо исследованы в работах зарубежных ученых (Côté, Grégoire, 2021; Landschoot, 2003), однако, в России обеспечением газонов питательными элементами, особенно азотом, в городских условиях практически не изучено (Волкова, Соболев, 2015). Оптимизация минерального питания городских газонов и применения удобрений в городских условиях требует проработки и детализации.

Цель и задачи. Цель исследования - изучить влияние внесения разных доз и форм комплексных минеральных удобрений и новых удобрений пролонгированного действия на биопродуктивность, декоративные свойства и минеральное питание создаваемых (новых) и находящихся в длительной эксплуатации (старых) газонов в условиях города Москва.

В задачи исследования входило:

1. Оценить действие различных форм и способов внесения удобрений на показатели биомассы, проективного покрытия и количество фотосинтетических пигментов в газонных травах.
2. Изучить влияние форм, доз и способов внесения минеральных удобрений на минеральное питание газонных трав газонов разного срока эксплуатации.
3. Изучить изменения свойств почвы и почвогрунтов при использовании минеральных удобрений под газонные травы.

4. Выявить наиболее эффективные формы удобрений для подкормки газонных трав как вновь формируемых, так и находящихся в длительной эксплуатации газонов.

Научная новизна. Впервые проведено изучение влияния инновационных комплексных удобрений и удобрений пролонгированного действия, разработанных для озеленения в городских условиях.

Впервые получены данные по применению новых комплексных удобрений и удобрений пролонгированного действия, как на городских почвах, так и на почвогрунтах, используемых при создании новых газонов.

Разработан алгоритм применения доз, форм и способов внесения новых инновационных видов удобрений под газонные травы для оптимального обеспечения элементами минерального питания как новых, так и находящихся в длительной эксплуатации газонов.

Теоретическая и практическая значимость. Внесен существенный теоретический вклад в понимание действия удобрений, вносимых в почву или почвогрунт, на повышение декоративных свойств газонов в городских условиях. На данный момент не разработано никаких нормативных документов, которые регламентируют применение минеральных удобрений на городских газонах в течении всего вегетационного периода для повышения декоративных свойств и увеличения их устойчивости к неблагоприятным условиям среды. Изучение и разработка научно-обоснованных рекомендаций по применению форм, доз и способов применения удобрений на газонах позволит уменьшить антропогенную и экологическую нагрузку на окружающую среду и повысить декоративные свойства газонных трав.

Объект исследования. Объектами исследования являлись городские газоны с разными сроками эксплуатации, расположенные на территории МГУ имени М.В. Ломоносова.

Методология и методы исследования. Методология исследования основывается на результатах, полученных в течение трех лет на двух мелкоделяночных полевых опытах, заложенных на территории МГУ имени

М.В. Ломоносова в период 2020-2022 гг., лабораторных методов исследования по общепринятым методикам. Полученные результаты подвергались статистической обработке.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Применение капсулированной мочевины пролонгированного действия как отдельно, так и совместно с гранулированной мочевиной – самое эффективное азотное удобрение при закладке газонов на почвогрунтах в городских условиях;
2. Дробное ежемесячное внесение самого распространенного комплексного удобрения нитроаммофоска является оптимальным для агрохимического сопровождения уже созданных газонов на урбаноземах г. Москвы;
3. Основные показатели качества газонных трав (проективное покрытие, биомасса, содержание хлорофилла) регулируются дозой и формой вносимого удобрения.

Степень достоверности и апробация результатов. Степень достоверности результатов обеспечивается проведёнными на протяжении 3-х лет мелкоделяночными опытами с использованием общепринятых методик. Все лабораторные и аналитические исследования проводили в трехкратной повторности на современном оборудовании. Анализ и обобщение данных проводили с использованием современных методов статистической обработки экспериментальных данных.

Результаты исследований были представлены к обсуждению на Всероссийских и Международных научных и научно-практических конференциях: Международная научно-практическая конференция «Плодородие почв и эффективное применение удобрений», Минск 22-25 июня 2021 г., Всероссийская научная конференция, посвященная 90-летию выдающегося деятеля науки, классика отечественной школы агрохимии, академика РАН В.Г. Минеева, 7-8 сентября 2021 г. Москва., Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2021» (Москва 12-23.04.21), Международная научная конференция студентов,

аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2022 (Москва, 11-22.04.2022), XXXV международная научно-практическая конференция Eurasiascience, (Москва, 2021).

Личный вклад автора. Вклад автора состоял в организации и проведении всех исследований, предполагаемых программой работы. Автор непосредственно участвовал во всех мелкоделяночных опытах и аналитических исследованиях, проанализировал и интерпретировал полученные экспериментальные данные, выполнил их статическую обработку, подготовил текст и иллюстрации для публикации.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 4 печатные работы: из них 4 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, индексируемых международными базами данных (Web of Science и Scopus), рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова. В работах, опубликованных в соавторстве, основополагающий вклад принадлежит соискателю.

Объем и структура работы. Работа состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, списка литературы и приложений, изложенных на 131 странице. Диссертационная работа содержит 4 таблицы, 35 рисунков и список литературы из 146 наименований, из которых 91 на английском языке.

Благодарности. Автор выражает признательность научному руководителю, д.б.н., с.н.с. Пашкевич Е.Б., к.б.н. Большевой Т.Н. за ценные консультации

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГАЗОНОВ, СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О СИСТЕМЕ УДОБРЕНИЯ ГАЗОНОВ.

В динамично развивающихся агломерациях газоны – это неотъемлемый элемент при благоустройстве и озеленении территорий (Ignatieva et al., 2020). Газоны используются для улучшения условий окружающей среды на протяжении более десяти веков. Основные назначения газонов: функциональные, рекреационные и эстетические (Beard et al., 1994; Серегин, 2020). Помимо этого, газоны играют важную экологическую роль в крупных развивающихся городах. Первая группа функций, выполняемых газонами, подразумевает улучшение физических свойств почвы, ассимиляцию углекислого газа из атмосферы, восстановление нарушенного почвенного покрова. Немаловажным является рассеивание тепла в приземном слое и как следствие – снижение температуры в приземном слое (Alonso et al., 2011).

Современные города – это открытые, сложные и динамичные системы (Kasperidus, 2002). Быстрый рост городов в период индустриализации в XIX веке и развитие технологий привели к увеличению численности населения в крупных городских агломерациях. Быстрые темпы урбанизации, к сожалению, служат причиной многих экологических и социальных проблем. Одной из них являются зеленые насаждения и газонные покрытия, которые могут испытывать несбалансированное антропогенное воздействие. Данные городские экосистемы представляют собой сложные социально экологические объекты (Folke et al., 2011). Для достижения устойчивого развития экосистем в условиях города необходимо понимать их устройство (Панина, 2017). Некоторые исследователи рассматривают газоны как некий социальный и культурный феномен и символ глобализации и рыночной экономики (Ignatieva et al., 2017).

Изначально газоны формировались в виде зеленых лужаек вокруг домов обеспеченных жителей, подчеркивая их достаток и социальный статус. Со временем подобные лужайки стали обычным элементом декора не только в городских парках, но и вдоль городских и загородных дорог, а также на большинстве придомовых территориях. В Соединенных Штатах Америки это стало возможным благодаря Фредерику Лоу Олмстеду, которого считают основоположником ландшафтной архитектуры. Проведенные исследования определили ряд причин, по которым люди создают газонные покрытия или их альтернативы (Kaufman et al., 2002). В основном – это бережное отношение и забота об окружающей среде, а также создание благоустроенной обстановки. Например, в крупных британских городах возможность проектирования газонов зависит от общественных потребностей, эстетической составляющей и экономических возможностей.

Первые газоны возникли в Европе, это были ухоженные поля с декоративными деревьями и кустарниками, которые использовались для выпаса овец. Прототипом газонов могла служить ненарушенная европейская луговая пойменная растительность. Один из классических примеров газонов - Великая лужайка в историческом парке Чатсуорт, которая была засеяна примерно в 1760 году. Эта лужайка никогда не удобрялась и сначала служила местом выпаса оленей до 1833 г., позже ее начали косить. На данный момент растительность в парке представлена травянистыми сообществами и полевыми цветами, которые обычно не характерны для типовых газонов (мята, подмаренник, вероника и фиалка) (Gilbert, 1989). Долгое время газоны были символом власти и процветания, их можно было встретить только в развивающихся городах. Подтверждение тому можно встретить во французских или английских парковых ансамблях, создаваемых для аристократии и в частных резиденциях по всему миру (Greenbaum, 2016). В то время особенно ценились английские парки, в которых газоны с середины 18 века выполняли рекреационную функцию. Технологический прогресс позволил

привнести механические средства для ухода за газонами, например, газонокосилки и те стали более распространенным явлением уже в частных пригородных садах в Англии, Франции, Австралии и т.д. Это способствовало появлению более качественных газонов. Исследования американских социологов продемонстрировали, что несмотря на европейское происхождение, газонные лужайки перед домами стали одним из ярких социальных явлений и обязательным элементом американского образа жизни (Teysott, 1999).

В России создание первых садов и газонов можно отнести к времени правления Петра I. При создании загородной резиденции для императора-реформатора были разбиты Верхний и Нижний парки с обязательным декоративным элементом – газонами. В некоторой степени это было данью европейской моде. Газонами в царской России активно занимался Рихард Рихардович Шредер, он сформировал основы газоноведения. В своей работе «Образование дерна в садах и парках» 1883 г. он приводит результаты изучения ассортимента газонных трав и анализирует отечественный и зарубежный опыт создания газонов. Разработанные им методики и рекомендации активно применялись и в Европе.

В Советское время исследования по проектированию и созданию газонов проводились Ботаническим институтом Академии наук СССР и Всесоюзной академией сельскохозяйственных наук имени В.И. Ленина. Некоторое время исследования осуществлялись под руководством академика В.Р. Вильямса. В собрании сочинений он указывает, что создание устойчивых газонов требует взаимодействие между многими научными и производственными организациями на территории всей страны (Вильямс, 1952).

В настоящее время газоны рассматриваются, как управляемое, искусственно созданное растительное сообщество с преобладанием злаковых растений, предназначенное для выполнения ряда экосистемных услуг и экологических функций. Одной из важных особенностей газонов является

наличие верхнего слоя в виде дерна, который образован газонными травами или разнотравьем с густой корневой системой, которое преимущественно состоит из культурных сортов трав, а также из спонтанно возникающих и нежелательных видов травянистых растений, известных как «газонные сорняки» (Ignatieva, 2017). Важным свойством газонных покрытий является однородное состояние дерна, который представляет собой верхний уровень почвы, покрытый тесно сплетенными травами и разнотравьем, переплетающимися с их корнями и / или столонами, и которые находятся в симбиозе с почвой и фауной. В частности, газон отвечает за создание однородной и «прочной» поверхности, обычно используемой людьми для отдыха и занятий спортом.

1.2 Экологические функции газонов

Газоны предоставляют полный спектр экосистемных услуг, таких как регулирование круговорота воды за счет инфильтрации, тем самым способствуя регенерации запасов грунтовых вод и эвапотранспирации (Monteiro, 2017). Они способны создать своеобразный экологический каркас в городских экосистемах и обеспечить стабильность и оптимизацию среды обитания людей (Лаптев, 1983; Гречушкина-Сухорукова, 2010).

Газоны в условиях города служат основой пространственной организации для многих городских ландшафтов – от транспортных и промышленных до садовых и парковых (Ерема, Созинов, 2015). Кроме того, газоны смягчают тепловое воздействие за счет транспирации и испарения и обеспечивают более прохладный микроклимат (Norton et al., 2015). Другой важной экосистемной услугой газонов является обеспечение среды обитания для некоторых видов городской фауны. Газоны также служат средой обитания почвенных микроорганизмов (Burgin, 2016).

В настоящее время в условиях постепенного потепления климата роль газонов заключается в выполнении экостабилизирующей функции. Благодаря

поддерживающемуся гомеостазу и адаптивным механизмам они способны сбалансированно реагировать на негативное антропогенное воздействие и факторы окружающей среды. Это выражается в устойчивости к длительным засушливым периодам или избыточному увлажнению в условиях динамично изменяющегося климата. Адаптация к высоким температурам у газонных трав выражается в быстром восстановлении после засушливых условий за счет устойчивой и густой корневой системы, преобладанием вегетативного размножения у растений и их кущением.

Газоны проявляют ионизирующие свойства, снижая содержание вредных микроорганизмов в приземном слое воздуха (Carpita, 1996). Для таких растений как полевица белая (*Agrostis albidula* Trin.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.) характерна фитонцидная активность. Определено, что частые стрижки благоприятно влияют на выделение фитонцидов, интенсифицируя их синтез (Куринская, 2012). Осуществляя процессы фотосинтеза, зрелый газон способен за 1 час поглощать порядка 1,5-2 граммов углекислого газа на 1 квадратный метр. Сравнивая воздухоочистительный потенциал газонов, можно утверждать, что 4 квадратных метра газона эквивалентны одному дереву (Тюльдюков, 2002).

Корневая система газонных трав вносит заметный вклад в защиту почвенного покрова от эрозионных процессов. Эрозия представляет серьезную опасность для городских и сельскохозяйственных почв (Коломейченко, 2007). Потенциальная водная эрозия может достигать 55-60 % от всех эрозионных процессов, протекающих в городских условиях. Густая корневая система и травостой значительно снижают негативные последствия эрозионных процессов. Развитая газонная фитомасса способна снижать скорость ветра в среднем на 10 %, улавливая пылевые частицы и снижая пылеобразующую площадь в городских условиях (Beard, 1994). Одним из основных механизмов, позволяющим газонным травам накапливать и сохранять влагу, является их способность улавливать и удерживать поверхностные стоки, что приводит к

фильтрации большого количества воды через корневую систему. Грамотно спроектированный агроландшафт позволяет предотвратить сток элементов и минимизировать эрозию почвенного покрова. Это выражается в поглощении осадков, уменьшает энергию водных потоков и скрепляет почвенные частицы корневой системой, тем самым снижая эрозию. Например, при проектировании и строительстве дорог дерн укладывают рядом с бордюрами в роли буферной полосы для снижения эрозионных процессов. Дерн позволяет дополнительно фильтровать дождевые воды и снеговой сток перед их поступлением в ливневые стоки, снижая также вымывание химических элементов. Газонные злаки способны задерживать до 10-15 % осадков.

Газоны обеспечивают доступную и комфортную поверхность для отдыха. Многие виды спорта на открытом воздухе такие как гольф, бейсбол, поло и футбол нуждаются в создании покрытий из газонных трав. Они позволяют обеспечить доступную амортизацию, которая снижает травматизм по сравнению с незадерненными почвами в контактных видах спорта. Газоны предоставляют их владельцам эстетическое удовольствие, возможность заниматься физическими упражнениями. Было изучено, что ухоженный аккуратный газон может благоприятно влиять на нервную систему людей (Теодоронский, 2006)

Одной из важных функций газонных трав служит их способность улучшать почвенные свойства благодаря дополнительному поступлению органического вещества, которое формируется за счет ассимиляции углекислого газа из атмосферы посредством фотосинтеза. Многие плодородные почвы сформированы под густым растительным покровом. (Gould, 1968). В основном для газонных трав характерно протекание фотосинтеза по типу C4. Такие растения имеют более глубокую и разветвленную корневую систему, чем более теплолюбивые растения с C3 фотосинтезом. Биомасса корневой системы мятлика полевого находится в диапазоне от 11000 до 16100 кг/га (Boecker, 1974; Falk, 1980). По оценкам (Falk, 1980), ежегодная скорость обновления корневой

системы газонных трав составляет 42 %. По усредненным оценкам порядка 6700 кг/га корневой системы может трансформироваться в органическое вещество почвы. Формирование газонов позволяет ускорить восстановление нарушенных почв. Посадки многолетних трав эффективны в сильно эродированных ландшафтах, на нарушенных участках, крутых склонах. После формирования развитого травянистого покрова подобные территории могут быть превращены в парки, спортивные комплексы и площадки для отдыха.

1.3. Характеристика и экология газонных злаков

При создании газонов используют растения семейства Злаковые. Это одно из самых распространенных семейств высших растений на планете, которое насчитывает более 11 тысячи видов и занимает одно из первых мест среди всех семейств покрытосеменных растений. Используемые в озеленении газонные травы эволюционировали на протяжении 50 миллионов лет, и человечество выращивали их для улучшения окружающей среды и качества жизни на протяжении более десяти веков. Семейство Злаковые в настоящее время представлено 759 родами и 11554 видами по всему земному шару в разных биоценозах. В России численность выращиваемых видов меньше, и к ним предъявляются высокие требования к проявлению декоративных характеристик:

- быстрая скорость прорастания семян;
- невысокие требования к почвенным характеристикам;
- высокая плотность побегов и равномерное развитие надземной биомассы;
- формирование мощной корневой системы и плотной дернины;
- переносимость частых скашиваний и устойчивость к вытаптыванию;
- зимостойкость, засухоустойчивость;
- конкурентоспособность к сорным растениям;
- устойчивость к болезням и вредителям.

Используемые злаковые травы при формировании газонов традиционно подразделяют на следующие группы:

1) злаки, используемые для создания декоративных, партерных и спортивных газонов высшего качества;

2) злаки для создания обыкновенных садово-парковых и дерновых покрытий удовлетворительного качества, а при соответствующем уходе – хорошего качества;

3) злаки, формирующие дерновый покров неудовлетворительного качества, и использующиеся для создания луговых газонов и почвозащитных покрытий.

Газонные покрытия характеризуются большим многообразием, при их создании используют разнообразные виды трав. На сегодняшний день выделяют два типа газонов – специальные и декоративные. Специальные газоны осуществляют природоохранные и санитарно-гигиенические функции. К ним относят защитные и спортивные газоны. Декоративные газоны в свою очередь выполняют рекреационную и эстетическую функции. Такие газоны могут быть партерными, луговыми и садово-парковыми.

При формировании газонов в городах предпочтение отдают травосмесям. Исключение составляют партерные газоны, в которых часто используют монокультуру злаков. Так как травосмеси состоят из разных видов, их эколого-биологические свойства предъявляют разные требования к условиям вегетации (Ерема, Созинов, 2015), что обуславливает более широкое использование природных особенностей озеленяемой территории. Злаковые растения в травосмесях обладают повышенной устойчивостью к неблагоприятным факторам окружающей среды, таким как засуха, избыточное увлажнение, засоление и т.д. Создание травосмесей заключается в подборе и смешивании злаков с разными типами кущения, высотой и мощностью корневой системы (Ерема, Созинов, 2015). Как правило, при создании типовой газонной травосмеси используют растения мятлика (*Poa* sp.), райграса (*Lolium* sp.) и овсяницы (*Festuca* sp.) (Шкаринов, 2004). Наибольшие декоративные свойства

проявляют мятлик и овсяница, так как эти растения способны формировать густой травяной покров (Тен, 1982), способны выдерживать постоянное скашивание (Лазарев, Гусев, 2011) и колебания среднесуточных температур.

Краткая характеристика изучаемых газонных злаков:

1) Тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) - многолетний влаголюбивый злак высотой от 30 до 100 см. Листья плоские, темно-зеленые. Произрастает на умеренно-влажных суглинистых и супесчаных почвах. Способна адаптироваться к низким значениям почвенной кислотности. Низкая засухоустойчивость. Малотребовательна к почвенным условиям, зимостойка, при этом тимфеевка луговая является влаголюбивым растением, коэффициент транспирации может достигать 500. Подходящий злак для создания декоративных газонов. (Белова, Исаков, 2014). При активной вегетации и хороших климатических условиях использует из почвы большое количество питательных веществ – в основном азот и калий.

2) Райграс однолетний (*Lolium temulentum* L.) теневыносливый злак, популяция которого была выделена из райграса многоцветкового в Нидерландах. Полуверховой яровой злак, способный быстро формировать биомассу. Малотребователен к теплу, всходы способны переносить легкие заморозки. Для райграса характерно раннее весеннее отрастание и высокая конкурентоспособность (Трузина, 2012). Благодаря быстрорастущей корневой системе способен улучшать структуру почвы. За счет особенностей развития корневой системы и протекающих метаболических процессов способен поглощать макро- и микроэлементы из труднодоступных соединений почвы. (Золотарев, 2010).

3) Райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) - сорт интенсивного типа. Многолетний корневищный злак. Семена всходят на 7 день после посева травосмеси, растения высотой до 40 см. Быстро отрастает, требователен к почвенным условиям, обладает высокими декоративными свойствами. Через 1-1,5 месяца поле посева райграс способен формировать густой травостой.

Требует постоянное внесение удобрений. Сорт достигает полного развития на второй год вегетации. Отличается высокой семенной продуктивностью. Не любит избыточного увлажнения. Хорошо кустился, требует частое и низкое скашивание (Князева, Князева, 2004). После скашивания растения райграс отрастают равномерно, декоративные свойства сохраняются до поздней осени. Характеризуется средней устойчивостью к вытаптыванию и уплотнению почвы, умеренно теневыносливый. Злак относительно чувствителен к весенним заморозкам. Может подмерзать, при бесснежных зимах возникают проплешины в травостое из-за полного вымерзания злака. Густая корневая система райграса пастбищного позволяет быстро восстанавливаться после механических повреждений. Согласно имеющимся данным – считается, что райграс пастбищный возможно выращивать только в временных газонах или дерновых покрытиях низкого качества из-за отмирания побегов на второй год вегетации, наносящих вред качеству газона (Тюльдинов, 2002).

1.4. Минеральное питание и создание системы удобрений для газонов

При создании и оптимизации газонных покрытий возникает актуальная потребность в изучении минерального питания газонных трав и применения новых форм и видов удобрений, а также разработка агрохимического сопровождения для создаваемых газонов и газонов, находящихся в длительной эксплуатации (Thompson et al., 2004). Проводимые исследования газонов в Российской Федерации немногочисленны и сосредоточены в основном на видовом разнообразии газонных сообществ.

В ряде исследований особое место занимают изучение влияния конкретных мест (город/сельская местность) возделывания газонных трав (Wolski et al., 2020). В условиях города газоны подвержены различного рода деструктивным воздействиям вследствие прямого механического повреждения, при проведении строительных работ и при систематическом вытаптывании. При избыточном или наоборот недостатке полива происходит нарушение

водного режима трав, потеря их декоративных свойств и средообразующая функция газонов нарушается. Накопленный опыт газоноведения демонстрирует, что задача создания зеленых насаждений может быть успешно решена только на основе глубоких знаний о биоэкологических особенностях видов, используемых при создании газонов и особенностях их питательного режима. Во многих исследованиях отмечается, что при осуществлении работ по озеленению городские почвы обходят вниманием и не изучают должным образом агрохимические и агрофизические свойства городских почвы (Жарикова, 2010). Городские газоны являются сложной системой и при их создании и эксплуатации необходимо последовательно соблюдать следующие приемы: подготовка почвы, подбор травосмеси, осуществление требуемых агротехнических мероприятий, скашивание отрастающей травы и подсев при наличии изреженности.

Проводимые мероприятия по озеленению быстроразвивающихся городов становятся привычным явлением для крупных агломераций. Неправильное проведение стрижки и уборка листвы, проводимые с 90-х годов прошлого века по настоящий день послужили причиной утраты газонами их экологических и экосистемных функций, был нанесен значительный вред не только растительности, но и почвенным беспозвоночным. В начале века была разработана «Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию» (Указ Президента РФ № 440 от 01.04.1996 г.), подписан Закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», которые определили приоритет естественных экосистем и были направлены на сохранение биологического разнообразия. Но при этом, на сегодняшний день в России не разработаны определенные нормативы, которые могли бы регламентировать внесение минеральных удобрений при эксплуатации газонов. Из имеющихся нормативно-правовых актов можно привести постановление Правительства Москвы № 743-ПП от 10.09.2002, в котором есть указание на обязательное использование минеральных удобрений для создания газонов в

городских условиях. Количество вносимых минеральных удобрений, согласно данному постановлению, определяется типом почвы, на которой произрастает газон. Сведения о применении удобрений при устройстве газонов имеются в МДС13-5.2000: предлагается на суглинистых и тяжелосуглинистых почвах вносить при создании газона: азота - 40-50, фосфора - 60-90, калия - 40-60 кг/га по д.в.; а на слабоподзолистых и легкосуглинистых почвах: азота - 20-30, фосфора - 40-60, калия - 30-40 кг/га по д.в. Причина выбора подобных доз удобрений не рассматривается, в качестве удобрений предлагается аммиачная селитра, суперфосфат и хлористый калий, сведения о необходимости подкормок газона в МДС13-5.2000 отсутствуют.

Иных нормативных документов с рекомендованными дозами минеральных удобрений для эксплуатации газонных трав не разработаны. Анализ литературы позволяет выявить следующие категории доз внесения азотных удобрений по действующему веществу: 25-75 кг/га – низкая доза, 75-150 кг/га – средняя, 150-250 кг/га – высокая (Côté , 2021; Chen, 2018; Wang, 2014). Можно утверждать, что системы и опыт применения минеральных удобрений для газонов разработаны более детально в зарубежных источниках литературы, где учитывается большое количество факторов.

Обеспечение достаточного уровня плодородия почвы газонов – это необходимый фактор, влияющий на рост и качество газонных трав. Их качество обычно определяется плотностью травостоя, однородностью окраски и отсутствием заметных повреждений, заболеваний и скоростью роста газона (Krans, Morris, 2007; Morris, Shearman, 2012). Создание жизнеспособного газона требует грамотного агрохимического сопровождения и осуществления всех необходимых агротехнических приемов. Для этого необходима надлежащая подготовка участка, выбор адаптированных видов злаковых трав, регулярные стрижки, борьба с сорняками и вредителями и внесение удобрений (Хессайон, 2007). Каждый из этих приемов является ограничивающим фактором, несоблюдение каждого из них может привести к деградации газонных трав.

Одним из важных факторов при уходе за газонами служит регулярное внесение удобрений, так как при постоянных стрижках и в условиях промывного режима из корнеобитаемого слоя неизбежно происходит вымывание элементов питания. Несбалансированное применение удобрений способно значительно снижать жизненный статус газонных трав и выполняемые ими экологические функции из-за возникновения чрезмерно высоких концентраций почвенного раствора.

Существуют разные системы удобрения газонов:

- 1) Осеннее внесение, при котором в почву для повышения зимостойкости трав вносится полная доза фосфорно-калийных удобрений ($P_{60-120} K_{120-180}$), а азотные удобрения применяют дробно: весной и сразу после каждого скашивания из расчета 3-5 г/м². Суммарная доза за вегетационный период может составлять 25-30 г/м² по д.в. азота;
- 2) Внесение комплексных удобрений, таких как нитроаммофоска или азофоска. Фосфор и калий вносят в почву весной в полной дозе, а азотные подкормки – со второго-третьего отрастания;
- 3) Осенняя фосфорно-калийная подкормка ($P_{30}K_{30-50}$) и подкормки, начиная с весны под каждое отрастание. Под последнее отрастание вносят только фосфорно-калийные удобрения (Тюльдинов, 2002).

В условиях города можно вносить нитрофоску весной из расчета 60 г/м². Газонные травы используют внесенный азот полностью, калий и фосфор будут находиться в избытке, обеспечивая перезимовку трав. Научная литература имеет разные рекомендации о том, какие дозы удобрений нужно вносить на газоны. Исследования И.П. Киселевой (Киселева, 1981) показывают, что применение полной дозы NPK на фоне произвесткованного торфа положительно влияет на рост, кущение и развитие корневой системы злаков. На песчаной почве азот в дозе 60 кг/га д.в. вносится в три срока. Увеличение дозы азота вызывает быстрое отрастание трав, и как следствие, частое кошение. В

работе К.А. Шуршина и Т.Н. Болышевой (Шуршин, 2011) отмечается, что внесение в один прием высоких доз азотных и калийных удобрений неэффективно. Авторы рекомендуют вносить данные макроэлементы дробно два раза – при посеве семян и еще раз через 5-6 недель.

Канадские исследователи рекомендуют проводить первую весеннюю подкормку, когда температура почвы достигает 10 градусов и можно вносить минеральное удобрение 20-5-10 из расчета 60 кг/га по д.в. азота. В конце мая авторы предлагают вносить 30 кг азота в медленнодействующей форме, с целью обеспечить перенос газоном высоких летних температур. Так, в городских условиях лучшая форма – это капсулированное удобрение с соотношением 32-0-4. В начале осени – осуществление подкормки в дозе 30 кг/га комплексным удобрением 20-8-8 в сентябре и та же доза формой 13-25-12 (Henry et al., 2002; Carrow et al., 2004; Soldat et al., 2008).

Другие авторы при подкормке городских газонов рекомендуют использовать медленнодействующие капсулированные формы. В том случае, если содержание в почве калия и фосфора находится на высоком уровне, то применяют только простые азотные удобрения. Если такой возможности нет, то можно вносить комплексные удобрения без фосфора, но с низким содержанием калия. При проектировании придомовых газонов, где снимают гумусовый слой, используют 90 кг/га д.в. азота, но дозы могут быть и выше. Решение о внесении фосфорных удобрений принимается на основе агрохимических анализов, оптимальный pH для газонов – 6-6,5 (Guillard, 2008; Morris, 2012).

Не менее значимым в питании газонных трав элементом является фосфор. Но фосфорные удобрения могут быть угрозой для окружающей среды, как и азотные. Фосфор может попадать в водоемы через грунтовые воды из-за процессов выщелачивания и так же вызывать эвтрофикацию (Sims et al., 1998). Наиболее активно эта проблема изучается в Соединенных Штатах Америки, так

как довольно часто встречается в большинстве штатов. Именно поэтому порядка десяти штатов утвердили закон, который запрещает применять удобрения для газонов, содержащие фосфор. Особенно остро эта проблема стоит для штатов, на территории которых имеются водные объекты. Но эти нормативные акты не распространяются при удобрении овощных и плодово-ягодных культур, газоны при реставрации или создании новых газонов. Поэтому практически везде удобрения применяются по необходимости. Перед внесением удобрений проводят обязательный агрохимический анализ почвы для определения всех показателей (Khachatryan, 2014).

Например, в штате Флорида особенно актуальна проблема с применением удобрений, содержащих фосфор. Низкое качество воды в природных водоемах не может не оказать влияние на качество жизни людей, так как водоемы близко расположены к жилым кварталам. После проведенных исследований антропогенного воздействия было определено, что применяемые удобрения на жилых территориях послужило причиной неточечного загрязнения воды (Motavalli et al., 2008). Большая часть вносимых удобрений поступала в воду, незначительные потери были при попадании на прилегающие дороги и бордюры. Из-за того, что городские ливневые и канализационные системы переходят в ручьи и дренажные каналы, значимая часть фосфорных удобрений вместе с водой поступала в городские реки и озера, ухудшая экологическую обстановку. Что позволяет сделать вывод, что при внесении минеральных удобрений на газонах необходимо осуществлять, учитывая все возможные непродуктивные статьи баланса питательных элементов вне пределов корнеобитаемого слоя (Badruzzaman et al., 2012).

Подводя итог имеющемуся зарубежному и отечественному опыту создания городских газонов, можно сделать вывод, что при создании газонов и их эксплуатации исследователи отдают предпочтение комплексным удобрениям, в том числе удобрениям, которые содержат микроэлементы. Разногласия отмечаются в проведении подкормок газонных трав азотными

удобрениями. В одинаковых климатических условиях России и Канады отмечены различные сроки внесения азотных удобрений. Авторы отмечают, что проблемы удобрения городских газонов должны тщательно изучаться, так как количество экспериментов для данных газонов недостаточно.

Не менее важен и грамотный уход за газонами (Лукиных, 2013). Проведение периодических стрижек обуславливает образование в зоне кущения злаков большого количества междоузлий, увеличение числа побегов более высокого порядка, что влияет на увеличение вегетативной массы растений. При этом отмечается увеличение выноса питательных элементов из почвы вместе с скашиваемой биомассой. Своевременная стрижка позволяет придать газону эстетический вид, а также способствует образованию плотной дернины, препятствующей развитию сорной растительности и сорняков. Важное значение имеет уровень ножа газонокосилки или высота скашивания, при неправильной технологии кошения существуют риски повреждения газонного покрытия. Обычно луговые газоны стригут реже, чем партерные. Обыкновенные газоны стригут при высоте травостоя 4-5 см, спортивные – 5-5,5 см, партерные – 2,5-3 см. Способность восстанавливаться после стрижек В.В. Вакуленко (1982) предлагает считать одной из показательных характеристик газонных трав.

Газонные травы, как и все растения, для сбалансированного роста нуждаются в основных макро- и микроэлементах. Это утверждение является аксиомой, но важно помнить и про другие факторы, влияющие на качество газона. Для успешного развития газонные травы нуждаются в азоте, фосфоре, калии и кальции. Изредка требуется дополнительное внесение серы, бора и магния. При недостатке в почве необходимых элементов питания нарушается вегетация газонных трав.

Азот необходим для газонов больше всех вышеназванных элементов (Mangiafico, Guillard, 2007). Он обеспечивает равномерную окраску и

способствует активному росту и развитию корневой системы и надземной биомассы. Недостаток азота в почве приводит к пожелтению газонных трав и их увяданию. Фосфор необходим для развития корневой системы, а калий способствует повышению зимостойкости и устойчивости к заболеваниям. При удобрении газонов азот вносят в больших количествах и чаще, чем любые другие питательные элементы (Lassaletta et al., 2014), так как азот, как правило, больше всех лимитирует развитие растений. При этом избыточное внесение минеральных удобрение может вызывать вымывание питательных элементов. Согласно имеющемуся литературным данным, процесс потери питательных элементов из городских почв изучен недостаточно по сравнению с почвами сельскохозяйственных угодий (Allen et al., 2006). Так, чрезмерное внесение удобрений и орошение, которые нередко встречаются в практике городского озеленения могут приводить к значительному стоку питательных элементов в прилегающие водоразделы, вызывая эвтрофикацию водоемов (Carpenter et al., 1988). Согласно опыту городских служб во Флориде для смягчения потенциального негативного воздействия на окружающую среду было запрещено применение удобрений, содержащих фосфор и ограничено внесение удобрений с азотом в летние месяцы, например, в сезон дождей. Подобное ограниченное поступление макро- и микроэлементов, в свою очередь, может оказать обратный эффект на развивающиеся газонные травы и привести к замедлению развития корневой системы, тем самым снизив способность поглощения питательных элементов. Было показано, что американские городские ландшафты, включающие коммерческие, жилые и административные, занимают порядка 40 миллионов акров, что в три раза превышает площади, используемые для выращивания кукурузы, самой крупной орошаемой культуры в стране. То есть, около четверти всей городской территории требует разработанное агрохимическое сопровождение (Milesi et al., 2005).

Городские почвы, на которых произрастают газоны, являются основным источником питательных элементов для трав. И потребность в минеральном питании меняется в зависимости от возраста или фазы роста растений. Дефицит даже одного из основных макроэлементов способен вызывать заболевания и тормозить развитие газонных трав. Внесение удобрений является эффективным способом поддержания необходимого количества доступных элементов питания (Ладыженская и др., 2020). При эксплуатации газонов и поддержании их в должном состоянии в условиях города требуется своевременное внесение минеральных удобрений, так как при периодических стрижках растения испытывают стресс и происходит вынос питательных элементов. Подобные явления можно компенсировать своевременным внесением в первую очередь азотных минеральных удобрений. За последние пятьдесят лет применение азотных удобрений увеличилось примерно в 10 раз (Fields, 2001; Mulvaney et al., 2009; Tilman et al., 2001). Изучение и подбор оптимальных форм и доз азотных удобрений позволяет добиться оптимального уровня и способа применения азотных удобрений на газонах. Основной проблемой традиционных удобрений является скорость их высвобождения. Она достаточно высока, растения не успевают усвоить их максимально эффективно. Было определено, что потребление элементов минерального питания удобрений не превышает 50 % (Mikula et al., 2020).

С 1960-х годов содержание химически активного азота в окружающей среде продолжает неуклонно расти, и он способен оказывать негативное воздействие на природные ресурсы, здоровье человека и качество получаемой продукции при внесении несбалансированных доз удобрений (Blackshaw, 2011). На начало второго десятилетия XXI века применение азотных удобрений прогнозировалось на уровне 139 миллионов тонн (FAO, 2008). При этом важно обращать внимание на почвенные процессы, в которые вовлекается азот вносимых удобрений. После внесения азот удобрений не только удерживается в почве и поглощается растениями, но и может выделяться в виде аммиака или

закиси азота (Dentener, 2006). Выделения аммиака является серьезной экологической проблемой, так как он служит причиной формирования фотохимического смога (Erisman, 2004) и может с большей вероятностью осаждаться на суше или поверхности водоемов, чем другие формы азота. Депонирование аммиака в экосистемах может приводить к подкислению почвы (Sutton et al., 2008) и эвтрофикации поверхностных вод. Увеличение доступности азота приводит к деградации растительных сообществ и сокращению биоразнообразия. Потери азота могут быть вредны для окружающей среды, что приводит к непреднамеренному пагубному воздействию на качество воды и воздуха (Golden et al., 2009). Проблемы с качеством воды обычно связаны с выщелачиванием нитратов (Silveira et al., 2007), в то время как испарение аммиака и выбросы закиси азота являются основными источниками загрязнения воздуха (Cabrera et al., 1997).

1.5. Создание новых удобрений пролонгированного действия

Химизация земледелия в XX веке позволила создать крупную международную отрасль по производству удобрений во всем мире. Данные Международной ассоциации производителей удобрений позволяют утверждать, что мировое потребление удобрений в 2010-20 гг. выросло в шесть раз по сравнению с серединой прошлого столетия. Россия, Канада, Китай, Индия и США являются пятью самыми крупными производителями удобрений в мире (Алтухов и др., 2019). На нашем рынке среди всех компаний наиболее крупными считаются «ЕвроХим», «УралКалий», «УралХим» и «ФосАгро». При производстве удобрений российскими компаниями около 60% всех удобрений – это комплексные удобрения: азотно-фосфорные и азотно-калийно-фосфорные. Оставшаяся часть рынка – это однокомпонентные удобрения, где преобладают калийные (более 50 %) (Лыжин, 2016). Азотные удобрения – это наиболее часто применяемые удобрения из-за их относительной дешевизны по сравнению с другими удобрениями (Бабикова, 2022).

Использование комплексных удобрений в современной агрохимической практике — это незаменимый источник почвенного плодородия. Применение комплексных удобрений позволяет одновременно обеспечить потребность сельскохозяйственных и декоративных культур в основных элементах питания – азоте, фосфоре и калии. Это в первую очередь позволяет снизить общие затраты на внесение удобрений и лучше сказывается на урожайности культур.

Азот, самый важный элемент питания в удобрениях, вероятно, является самым «бедным» с точки зрения эффективности использования и самым серьезным из загрязняющих веществ. Сток, выщелачивание и улетучивание приводят к массовым потерям ресурсов. Основной причиной проблем, связанных с азотными удобрениями, является их растворимость в воде. Снижение растворимости в воде устранило бы эту проблему и позволило бы получить удобрение, которое было бы экологически безопасным и в то же время эффективным. Таким образом, концептуально удобрения с замедленным высвобождением являются эффективным решением проблем, возникающих в связи с постоянно растущим спросом и использованием водорастворимых азотных удобрений.

Растворимость азотистых соединений в воде может быть снижена физическими или химическими методами. Физические методы зависят от покрытия или инкапсуляции водорастворимых материалов наружными слоями из органических или неорганических материалов. Инкапсулированные материалы характеризуются контролируемым диффузией высвобождением питательных веществ через поверхностный слой. Физические методы контроля включают использование серы, полимеров и смешанных материалов, инкапсулированных в серу и полимер (Oertli, 1980; Hummel, 1989) и полимерные покрытия (термореактивные и термопластичные смолы), такие как Osmocote (Hulme, Buchheit, 2007). Другие типы составов с замедленным высвобождением и контролируемым высвобождением включают

гелеобразующие материалы, материалы на основе цеолита, а также ингибиторы уреазы и нитрификации.

Проведение капсулирования и подбор необходимой толщины полимерных пленок на поверхности гранул удобрений позволяет контролировать скорость и интенсивность поступления питательных элементов в почвенный раствор (Мухина и др., 2021).

Использование удобрений с контролируемым высвобождением питательных элементов позволяет решать ряд экономических, агрономических и экологических задач (Shaviv, 2001). Один из наиболее актуальных способов является внесение капсулированных форм мочевины для снижения процессов выщелачивания азота из почвы (Drost et al., 2002). Удобрения с контролируемым высвобождением питательных элементов (CRF – Controlled Release Fertilizers) или удобрения с медленным высвобождением (SRF – Slow Release Fertilizers), которые выделяют питательные вещества в соответствии с потребностями растений при однократном применении. Удобрения с контролируемым высвобождением питательных элементов или удобрения контролируемого выделения представляют собой гранулы удобрений интеркалированные в химические соединения-носители с целью совершенствования обеспечения растений элементами питания. Эти удобрения широко используются в зарубежном сельскохозяйственном производстве, но высокие цены на протяжении длительного периода времени лимитировали их применение.

После развития химии полимеров в сельскохозяйственной практике начали создаваться первые медленнодействующие мочевино-формальдегидные удобрения. Дальнейшее развитие их синтеза послужило причиной возникновения современных медленнодействующих азотных удобрений на базе мочевины и альдегидов.

Первые капсулированные удобрения представляли собой капсулированную мочевины с покрытием из серы. Данное покрытие экономически выгодно, дешево и служит субстратом для развития почвенных

микроорганизмов. Такое покрытие представляет собой непроницаемый слой и в результате совокупности физических, химических и микробиологических процессов он медленно разлагается. Высвобождение питательных веществ происходит при изменении фактор окружающей среды – температуры, влажности и силы ионного раствора в почве. Скорость разрушения определяется так же толщиной покрытия (Azeem et al, 2014). Одни из самых ранних работ с удобрениями с покрытием были проведены Управлением долины Теннесси (TVA) при разработке удобрений с покрытием из серы. Эта работа, начатая в начале 1960-х годов, была сосредоточена вокруг концепции инкапсуляции частиц удобрения серой. Сера была выбрана из-за высокой непроницаемости для воды и из-за ее относительно низкой стоимости. Эта работа заложила основу для ряда современных технологий внесения удобрений с покрытием из серы. Примерно в то же время компания Archer Daniels Midland разрабатывала технологию внесения удобрений с покрытием, основанную на полимерных и смолистых покрытиях. Эта концепция стала отправной точкой для большого количества удобрений с полимерным покрытием, представленных в настоящее время на рынке. В настоящее время материалы для покрытий включают синтетические органические полимеры, такие как алкидные смолы и материалы, подобные полиуретану, натуральные органические вещества, такие как латекс и полимеры органических, легкоразлагаемых в почве кислот.

Удобрения с полимерным покрытием представляют собой передовую технологию производства удобрений повышенной эффективности (Connell et al., 2011). Они могут быть рассчитаны на очень длительный или кратковременный срок службы (Nasima et al., 2012). Они также могут быть сконструированы таким образом, чтобы высвобождать по заранее определенным схемам, и они могут контролировать высвобождение нескольких питательных веществ, а также одного питательного вещества (Sharma, Singh, 2019). Однако, создаваемые модели скорости поступления питательных элементов, как правило, очень чувствительны к температуре (Christianson,

1988). В результате покрытия необходимо адаптировать к различным климатическим условиям.

Удобрения с покрытием относятся к совершенно другому классу продуктов с медленным/контролируемым высвобождением. Удобрения с покрытием основаны на принципе физического барьера, предотвращающего или контролирующего скорость высвобождения питательных веществ в почвенный раствор. Как правило, каждая отдельная гранула удобрения инкапсулирована или обернута нерастворимым в воде или непроницаемым для воды материалом покрытия. Следовательно, вода должна проникать сквозь покрытие, чтобы растворить сердцевину удобрения. После растворения раствор удобрения внутри частицы должен пройти через покрытие, прежде чем он сможет попасть в окружающую среду. На скорость выделения питательных веществ (скорость поступления воды/скорость вывода раствора удобрения) из продуктов с покрытием влияют свойства материала покрытия (такие как коэффициенты водопроницаемости и проницаемости для удобрений), целостность покрытия (дефекты в покрытии) и толщина покрытия. При правильной разработке удобрения с покрытием обладают потенциалом для контроля или дозирования высвобождения питательных веществ в течение очень длительных периодов времени (до 2 лет) и с заранее определенными профилями высвобождения.

Традиционное удобрение растений мочевиной требует проведения двух-трех подкормок в период вегетации. Но, в случае применения капсулированной мочевины, достаточно однократного внесения, позволяющего гармонично снабжать растения азотом в течение всего периода вегетации (Lubkowski, 2016).

В исследовании (Peacock, DiPaola, 1992) проводили изучение реакции бермудской травы на внесение карбамида RLC (Reactive Layer Coated fertilizers) и пришли к выводу, что наилучшее качество дерна было при применении RLC, которые сочетали карбамиды RLC с медленной и средней скоростью высвобождения (12,5% или 10,8% покрытия + 7,2% покрытия) с мочевиной.

Аналогичный рост был отмечен для мочевины вместе с 9,9% RLC и мочевиной, покрытой серой. Использование носителей RLC с замедленным высвобождением в роли удобрений пролонгированного действия показало себя многообещающим на практике.

Получение полимерных покрытий позволило усовершенствовать технологию создания капсулированных удобрений. В настоящее время активно используются покрытия на базе полистирена, поливинилхлорида, полиакриламида, парафионов. Модификация толщины и состава позволяет довольно точно регулировать выделение элементов питания (Trenkel, 2010).

Проведенные исследования с внесением капсулированных удобрений при выращивании газонных трав позволили выявить, что использование мочевины с полимерным покрытием или мочевины с покрытием из серы в опыте с выращиванием мятлика кентуккийского (*Poa pratensis* L.) (Geron et al., 1993) позволило снизить потери нитратного азота на 43 % по сравнению с вариантами опыта, в которых вносили обычную мочевины. В работе (Engelsjord, Singh, 1997) отмечается, что концентрация нитратной формы азота в почвенной вытяжке в вариантах с внесением аммиачной селитры была более чем в шесть раз выше, чем в вариантах с внесением гранулированной мочевины с покрытием из серы. В работе (Guillard, Kopp, 2004) продемонстрировано, что среднегодовые значения потерь нитратного азота при использовании капсулированной мочевины составляли 10 % от потерь на вариантах с внесением аммиачной селитры.

Подводя итог, можно сказать: что пролонгированные удобрения обладают преимуществами по сравнению с обычными удобрениями. Но их широкомасштабному применению препятствует необходимость совершенствования технологии. Существующие капсулированные удобрения чувствительны к изменениям температуры (LeMonte et al., 2016), величине pH, поэтому их использование иногда проблематично. Продукты химического и биологического разложения при накоплении в прикорневой зоне могут

спровоцировать фитотоксический эффект. Технологию создания оболочек можно ориентировать на синтез из биоразлагаемого сырья (Jagns, Kaltwasser, 2000). Такие удобрения не должны негативно влиять на растения, структуру почвы, ее химические свойства и микробные сообщества.

Второй способ, позволяющий уменьшить отрицательное влияние вносимых азотных удобрений — это снижение вносимых доз удобрений. Так, дозы азота для зон умеренного климата варьируют от 50 до 200 кг/га в год (Branham, 2008). Последующее увеличение применяемых доз позволяют снизить количество сорной растительности (Kleiber et al, 2009), но при этом необходимо учитывать возрастающие потери азота при выщелачивании. Согласно рекомендациям в работе (Coté, Grégoire, 2021) суммарная доза азота по действующему веществу не должна быть больше 150 кг/га. При этом желательно использовать капсулированные формы удобрений, чтобы снизить потери азота. Также поддерживать газоны в надлежащем состоянии можно за счет дробного внесения минеральных удобрений (50-100 кг/га).

На снижение или увеличение потерь азота из почвы может влиять возраст изучаемого газона. Согласно имеющимся данным, внесение азотных удобрений спустя 60 дней после посева травосмеси, может значительно снизить потери удобрений. Это объясняется тем, что растения не успели сформировать хорошо развитую корневую систему. Но и на зрелых газонах могут происходить большие потери. Со временем в почве происходит накопление органического вещества и выравнивание соотношения C:N, что приводит к тому, что азот для питания газонных трав поступает из почвенного пула, а азот удобрений не иммобилизируется и теряется из почвы (Telenko et al, 2015).

Внесение азотных удобрений на газоны обычно определяется разработанными графиками, то есть сроками, существующими нормами или по необходимости для ожидаемого улучшения визуальных характеристик. Но запланированное внесение обычно не учитывает доступный для растений азот

почвы, который образуется в результате минерализации органического вещества, атмосферных выпадений азота, а также поступающего вместе с орошением. Если не рассматривать эти приходные статьи баланса азота, то происходит избыточное внесение азота, что в свою очередь повышает непродуктивные потери этого элемента. Перспективными считаются разработки решений по управлению азотным питанием, учитывающие одновременно свойства почвы и типы растительности. Исследование содержания NO_3^- в почвенной вытяжке недостаточно для репрезентативной оценки обеспеченности газонных трав азотом. Доступным способом для управления азотным питанием служит анализ содержания азота в листьях газонных трав. Он позволяет выявить проблемы питания, которые не могут быть решены простым анализом почвы. В зарубежных исследованиях определены минимальные концентрации азота в растительных тканях, обеспечивающих развитие следующих трав, произрастающих в умеренном климате – мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) и овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea* Schreb.). Для мятлика содержание азота составляет от 26 до 28 г/кг, для райграса и овсяницы – от 23 до 35 г/кг и от 28 до 32 г/кг травостоя соответственно (Kelling, 1990; Pinkerton et al., 1997).

Для изучения минерального питания газонных трав существует разработанная система управления элементами питания, которая включает в себя следующие положения: анализ существующего состояния и плодородия почвы, которая обеспечивает среду для культивирования газонных трав и определяет дренаж и инфильтрацию воды на участке, изучение потребностей газонных трав в основных элементах минерального питания с учетом следующих переменных: ожидаемое качество газона, плодородие почвы, доступные технологические ресурсы для управления питанием. Информированное и научно-обоснованное применение удобрений с учетом времени внесения, правильных доз и форм, минимизирующее возможное

неблагоприятное воздействие на окружающую среду. Надлежащий учет всех вносимых питательных веществ и соотношение питательных веществ в системе газона.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для изучения влияния комплексных удобрений и азотных капсулированных удобрений пролонгированного действия на городские газоны в 2020 г. на территории МГУ имени Ломоносова были заложены два микрополевых опыта. Исследования проводили в течении 3-х лет с 2020 по 2022 гг.

ОПЫТ 1. Сравнительная эффективность применения капсулированной мочевины и дробного внесения азотных удобрений при создании и эксплуатации газонного покрытия на искусственных почвогрунтах

Микрополевой опыт по изучению эффективности дробного внесения стандартных и комплексных удобрений с однократным внесением капсулированной мочевины пролонгированного действия на рост, содержание в растениях азота и декоративные свойства газонных трав был заложен на территории почвенного стационара факультета Почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова на заводском почвогрунте 11.09.2020 года со следующими агрохимическими характеристиками: pH_{KCl} - 6,6, подвижный фосфор - 124,0, мг/кг, подвижный калий - 212,0, мг/кг, содержание органического вещества - 18,8 %, содержание меди - 8,8 мг/кг, содержание цинка, мг/кг - 30,4.

Внесение удобрений проводили в соответствии со схемой опыта (табл. 1). В опыте использовали:

1. Капсулированную мочевины фирмы АО «ОХК «УРАЛХИМ», (вес оболочки составляет до 6 %, содержание N - 46,0%);
2. Гранулированную мочевины фирмы АО «ОХК «УРАЛХИМ» (N - 46,0%);

3. Азофоску фирмы АО «ОХК «УРАЛХИМ» (14 % N-NH₄⁺, 12,1 % N-NO₃⁻, 5,5 % P₂O₅, 5,5 % K₂O, 2 % S);
4. Универсал 18:18:18 фирмы АО «ОХК «УРАЛХИМ» (9,0 % N-NH₂⁻, 3,6 % N-NH₄⁺, 5,4 % N-NO₃⁻, 18,0 % P₂O₅, 18,0 % K₂O, 2% MgO, 0,02 % B, 0,01 % Cu, 0,1 % Fe, 0,05 % Mn, 0,01 % Mo, 0,01 % Zn, все микроэлементы в хелатной форме);
5. Гранулированную мочевицу фирмы «Фаско» с содержанием N - 46,0%;
6. Сульфат калия фирмы ОАО «Буйские удобрения» (50 % K₂O, 17 % S);
7. Двойной суперфосфат фирмы АО «Фертика» (29 % P₂O₅);

Фосфорные, калийные удобрения, гранулированную мочевицу, смесь гранулированной мочевины и капсулированную мочевицу и капсулированную мочевицу заделывали в почву граблями на глубину 0-5 см. Остальные удобрения вносили на поверхность почвы в жидком виде. Делянки, где вносили сухие гранулированные и капсулированные удобрения поливали водой в количестве, которое вносили на делянки с растворами удобрений.

В 2021 и 2022 гг. после окончания снеготаянья фосфорные и калийные удобрения, а также капсулированную мочевицу и гранулированную мочевицу с капсулированной мочевиной вносили весной один раз за период вегетации. Остальные удобрения вносили дробно. Растворы удобрений вносили в начале каждого месяца после стрижки газона и отбора образцов почвогрунта. Удобрения Универсал, Азофоску и мочевицу вносили дробно в виде растворов в соответствии со схемой опыта. Площадь опытных делянок - 1 м², повторность – трехкратная, расположение делянок – рандомизированное.

На поверхность газона после внесения удобрений высевали травосмесь газонных трав производства ООО Агрофирмы «Русские газоны». Состав использованной травосмеси: тимopheевка луговая (*Phleum pratense* L.) 40 %, овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) 20 %, райграс однолетний (*Lolium temulentum* L.) 20 %, райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) 20 %. Норма посева составляла 40 г/м². Всходы газонных трав появились через 7 суток после посева.

В 2020 г., после закладки опыта, внесения удобрений и посева газонных трав было проведено 2 укоса (сентябрь, октябрь 2020 г.). В 2021-2022 гг. газон стригли 4 раза в первых числах мая, июня, июля и августа.

Таблица 1. Схема микрополевого опыта с газонными травами и число внесения удобрений 2020-2022 гг.

Варианты опыта		2020 г.	2021 г.	2022 г.
1	Контроль без удобрений	Удобрения не вносили		
2	Азофоска в растворе	N60P60K60 (за 1 внесение)	N60P60K60 (за 4 внесения)	
3	Универсал в растворе	N60P60K60 (за 1 внесение)	N60P60K60 (за 4 внесения)	
4	Мочевина в растворе	N60P60K60 (за 4 внесения)	N60P60K60 (за 4 внесения)	
5	Гранулированная мочевина	N60P60K60 (за 1 внесение)	N60P60K60 (за 4 внесения)	
6	Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина (3:1)	N60P60K60 (за 1 внесение)		
7	Капсулированная мочевина	N60P60K60 (за 1 внесение)		

Образцы растительного материала и пробы почвы отбирали четыре раза за сезон.

ОПЫТ 2. Изучение влияния сроков и доз внесения инновационных комплексных удобрений на биопродуктивность и качество старовозрастного паркового газона

Опыт был заложен на территории Ботанического сада МГУ имени М.В. Ломоносова в 2020-2022 гг. Посев газонных трав на опытном участке был осуществлен в 2014 г. парковой травосмесью, состоящей из райграса (*Lolium* sp.), мятлика (*Poa pratensis* L.) и овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.). До проведения опыта в 2020 г. на газоне не применяли минеральные удобрения. Так же отсутствовала регулярная стрижка и очистка от газонного войлока, что вероятно послужило причиной возникновения проплешин и сорной растительности. Таким образом, до внесения удобрений изучаемый в

Ботаническом саду газон имел низкую степень декоративности, характеризовался значительной изреженностью травостоя и плохим кушением трав.

Тип почвы – урбанозем. Размер опытных делянок – 4 м². Повторность опыта трехкратная. Расположение вариантов опыта – рандомизированное. В течение 2020-2022 гг. проводили регулярные стрижки до высоты травостоя 4-5 см. Образцы растительного материала и пробы почвы отбирали четыре раза за сезон.

Почва корнеобитаемого слоя почвы перед закладкой опыта характеризовалась: близким к нейтральному значению актуальной кислотности pH водной вытяжки - 6,4, низким содержанием минеральных форм азота – 2,58 мг/кг N-NO₃⁻ и 1,18 мг/кг N-NH₄⁺ и высоким содержанием подвижных форм фосфора и обменного калия - 218,0 и 225,1 мг/кг почвы, соответственно.

В опыте №2 изучали влияние на состояние газонного покрытия дробного внесения 2 доз комплексных минеральных удобрений. За рабочую гипотезу было принято, что на почвах с высоким уровнем фосфора и калия нецелесообразно вносить одинаковые дозы с азотом дозы фосфора и калия. Для подтверждения этой гипотезы были выбраны 4 комплексных удобрения – два с выровненным содержанием (1:1:1) NPK: нитроаммофоску, фирмы ООО «Нов-Агро» (8,5% N-NH₄⁺, 7,5 % N-NO₃⁻, 15 % P₂O₅, 15 % K₂O) и Универсал (9,0 % N-NH₂⁻, 3,6 % N-NH₄⁺, 5,4 % N-NO₃⁻, 18,0 % P₂O₅, 18,0 % K₂O, 2% MgO, 0,02 % B, 0,01 % Cu, 0,1 % Fe, 0,05 % Mn, 0,01 % Mo, 0,01 % Zn, все микроэлементы в хелатной форме, АО «ОХК «УРАЛХИМ») и два комплексных удобрения той же фирмы с более низким содержанием РК – азофоска (14 % N-NH₄⁺, 12,1 % N-NO₃⁻, 5,5 % P₂O₅, 5,5 % K₂O, 2 % S) и нитроаммофоска (11% N-NH₄⁺, 10,0 % N-NO₃⁻, 10,0 % P₂O₅, 10,0 % K₂O, для удобства, это удобрение в тексте будет называться Нитроаммофоска S).

Дозы всех удобрений рассчитывали по азоту. Изучали действие двух доз азота – 60 кг/га (одинарная доза) и 120 кг/га (двойная доза), вносимых дробно. В 2020 г. были проведены две подкормки: первая подкормка была произведена

в конце июля, а вторая – в конце августа. В 2021 году те же дозы минеральных удобрений вносили 4 раза, разделив исходные дозы на 4 части (28.05, 2.07, 3.08 и 1.09.2021). В 2022 году также было проведено четыре подкормки (26.05., 29.06., 29.07. и 29.08.2022.). Удобрения вносили вручную на поверхность скошенного газона. Схема опыта представлена в Таблице 2 (табл.2).

Таблица 2. Схема микрополевого опыта с газонными травами и число внесения удобрений 2020-2022 гг.

Варианты опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	Удобрения не вносили		
Азофоска (NPKS 27:6:6:2), доза 60 кг азота по д.в.	N60P13K13 за 2 внесения	N60P13K13 за 4 внесения	
Азофоска (NPKS 27:6:6:2), доза 120 кг азота по д.в.	N120P26K26 за 2 внесения	N120P26K26 за 4 внесения	
Нитроаммофоска S (NPKS 21:10:10:2), 60 кг азота по д.в.	N60P29K29 за 2 внесения	N60P29K29 за 4 внесения	
Нитроаммофоска S (NPKS 21:10:10:2), 120 кг азота по д.в.	N120P58K58 за 2 внесения	N120P58K58 за 4 внесения	
Универсал (NPK 18:18:18), 60 кг азота по д.в.	N60P60K60 за 2 внесения	N60P60K60 за 4 внесения	
Универсал (NPK 18:18:18), 120 кг азота по д.в.	N120P120K120 за 2 внесения	N120P120K120 за 4 внесения	
Нитроаммофоска (NPK 15:15:15), 60 кг азота по д.в.	N60P60K60 за 2 внесения	N60P60K60 за 4 внесения	
Нитроаммофоска, 120 кг азота по д.в.	N120P120K120 за 2 внесения	N120P120K120 за 4 внесения	

Методы исследования почвогрунтов и растений

Пробы почвы и почвогрунтов отбирали методом конверта из пяти точек почвенным буром на глубину 0-15 см. В отобранных образцах почвогрунтов и почв проводили определение pH водной вытяжки потенциометрически (ГОСТ 26423-85) на иономере; содержание органического вещества по методу Тюрина (ГОСТ 26213-2021); подвижные формы фосфора и калия в вытяжке Кирсанова (ГОСТ 54650-2011); содержание цинка, меди в 1М вытяжке соляной кислоты (атомно-абсорбционный спектрофотометр Hitachi-1981, Япония, Практикум по агрохимии, 2001).

Для оценки влияния изучаемых удобрений и расчета первичного интегрального показателя – биопродуктивности, отобранные растительные образцы взвешивали для (Тюльдинов и др., 2002). Далее, растительный материал фиксировали 10 минут при температуре 90° в сушильном шкафу, после чего досушивали при комнатной температуре. Азот, фосфор, калий (NPK) в образцах определяли после мокрого озоления по Гинзбург. Содержание общего азота – методом Кьельдаля в системе для программируемой дистилляции «VaroDest 30» (ФРГ), содержание фосфора – фотометрически после окрашивания по Дениже, содержание калия – пламенной фотометрией. Определение содержания фотосинтетических пигментов (хлорофилла а и б) проводили в свежих образцах растительного материала фотометрически после экстрагирования пигментов 100% ацетоном (Третьяков, 1990). Содержание микроэлементов (Zn, Cu) определяли после сухого озоления и растворения золы в 10 % смеси азотной и соляной кислот атомно-абсорбционным методом (Минеев, 2001).

Динамику изменения проективного покрытия травостоя оценивали визуально с использованием рамки Раменского 100x100 см.

Погодные условия в 2020-2022 гг. оценивали по данным метеостанции МГУ. Гидротермические коэффициенты Селянинова ГТК (Селянинов, 1928), в годы исследования:

2020 г.: июль - 1,6 (избыточное увлажнение), август – 1,01 (обеспеченное увлажнение).

В 2021 г.: июнь – 0,66 (очень засушливые условия), июль – 0,31 (очень засушливые условия), август – 1,5 (избыточное увлажнение).

В 2022 г.: май – 1,42 (избыточное увлажнение), июнь – 0,97 (засушливые условия), июль – 0,96 (засушливые условия), август – 0,58 (очень засушливые условия). Среднесуточные температуры в мае-сентябре в 2021 году были выше, чем в 2022 г.

Для статистической обработки результатов и их графического представления использовали программы «Excel 2016» и программный пакет

для статистического анализа данных «STATISTICA 10». Для всех результатов были приведены расчеты наименьшей существенной разницы НСР с доверительным уровнем 5 %.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ¹

ОПЫТ 1. Сравнительная эффективность однократного применения капсулированной мочевины и дробного внесения азотных удобрений при создании и эксплуатации газонного покрытия на искусственных почвогрунтах

За время проведения исследования рН почвогрунта изменился в сторону понижения, хотя и незначительно, что вероятно могло усиливать мобилизацию питательных элементов и увеличивать их потребление растениями (рис. 1, Таблица П.13).

¹ Основные результаты, изложенные в данной главе, опубликованы в следующих научных статьях автора в журналах, индексируемых в базах данных WoS, Scopus и PSCI, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М.В. Ломоносова:

1. **Королев П.С.**, Пашкевич Е.Б., Большева Т.Н. Влияние дробного внесения разных доз комплексных удобрений на физиологические показатели растений в длительно эксплуатируемых газонах в г. Москве // Проблемы агрохимии и экологии. – 2022. – № 2. – С. 21-27. – DOI: 10.26178/AE.2022.24.75.006. (ИФ РИНЦ = 0,308) Вклад автора в печатных листах: (0,44/0,5) (Здесь и далее в скобках приведен объем публикации в печатных листах и вклад автора в печатных листах).
2. **Королев П.С.**, Пашкевич Е.Б., Большева Т.Н. Влияние стандартных комплексных удобрений, азотных удобрений пролонгированного действия и новых технологических приемов их внесения в почву на рост и развитие газонов в г. Москве // Проблемы агрохимии и экологии. – 2023 – № 2. – С. 29-37. – DOI: 10.26178/AE.2023.34.36.006 (ИФ РИНЦ = 0,308) (0,56/0,5)
3. Кулачкова С.А., Деревенец Е.Н., **Королев П.С.**, Пронина В.В. Влияние минеральных удобрений на дыхание почв городских газонов // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2023. – Т. 78, № 3. – С. 103-114. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-3-103-114 (ИФ РИНЦ = 0,333) (0,75/0,25) [Kulachkova, S.A., Derevenets, E.N., Korolev, P.S., Pronina V.V. The effect of mineral fertilizers on soil respiration in urban lawns // Moscow University Soil Science Bulletin. – 2023. – V. 78, № 3. – P. 281–291 – DOI: 10.3103/S0147687423030080]
4. **Королев П.С.** Изучение эффективности применения капсулированной мочевины на газонах города Москвы // Агрохимический вестник. – 2024. – № 2. – С. 80-83. – DOI: 10.24412/1029-2551-2024-2-015 (ИФ РИНЦ = 0,850) (0,25/1)

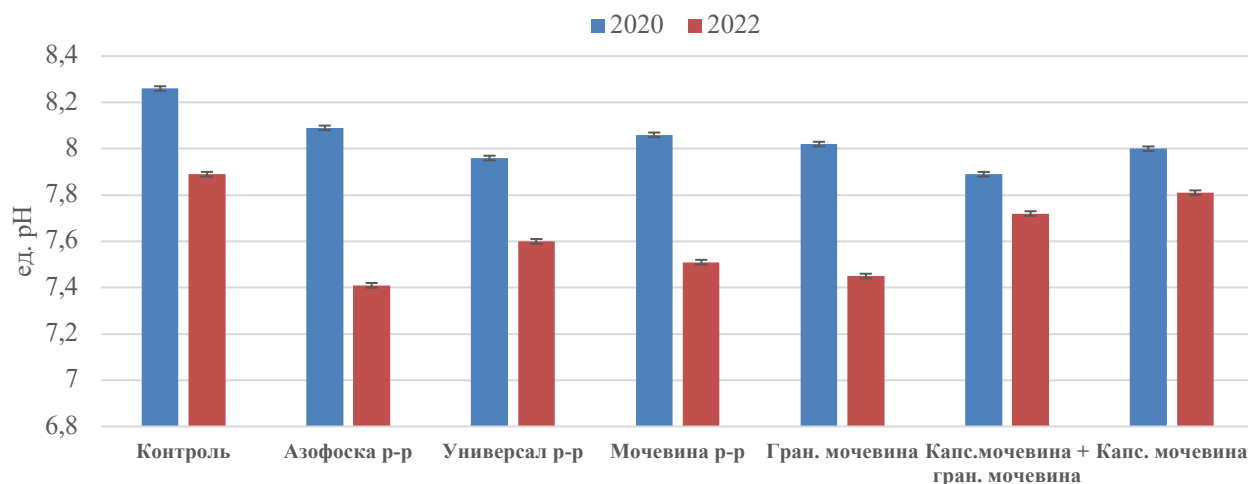


Рисунок 1. Значения рН в почвогрунте на момент начала опыта и его завершения. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HSP_{0,05}$ (в 2020 г. – 0,01, в 2022 г. – 0,01).

Одним из основных факторов, определяющих развитие газонных трав, является уровень азотного питания. Для анализа питания растений азотом было рассмотрена динамика содержания нитратного и аммонийного азота в почвогрунте. Отмечено накопление аммонийного азота на вариантах с внесением гранулированной мочевины и при совместном внесении гранулированной и капсулированной мочевины в 2021 г., что связано с погодными условиями, а именно, с замедлением процессов нитрификации при высоких температурах и низкой влажности почвы. В 2022 г. это явление не наблюдалось на всех вариантах опыта. Это обусловлено усилением процесса нитрификации в июле-августе 2022 г.

За весь период исследования содержание аммонийного азота в почвогрунте повышается, достигая максимума в 2022 г. на вариантах с внесением Капсулированной мочевины и гранулированной мочевины и Капсулированной мочевины в два и более раза (рис. 2, Таблица П.22-23).

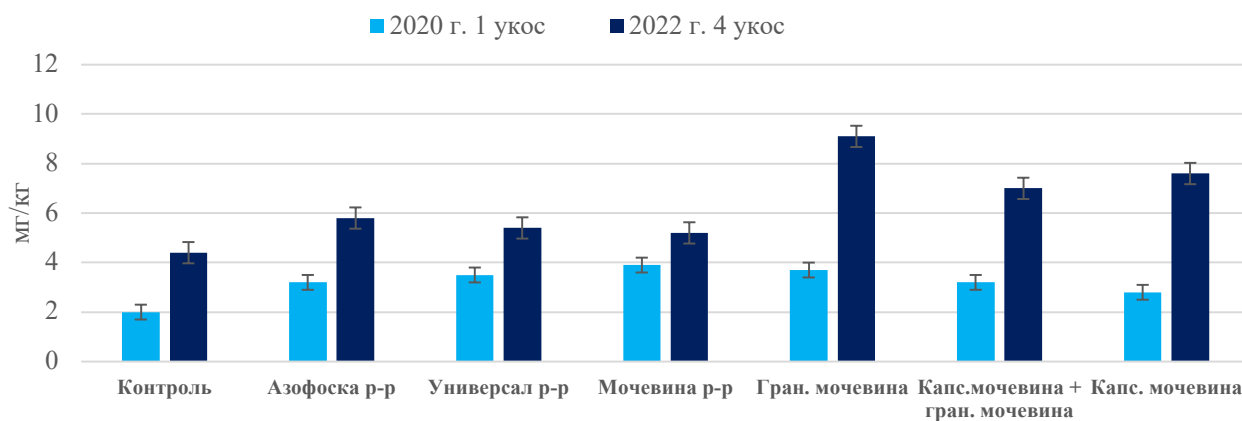


Рисунок 2. Содержание аммонийного азота в почвогрунте в начале и конце эксперимента, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HCP_{0,05}$ (в 2020 г. – 0,3, в 2022 г. – 0,43).

Содержание нитратного азота имело обратный тренд. На контроле за время исследований этот показатель упал с 11,9 до 3,9 мг/кг почвогрунта, что связано с выносом растениями и потерей с внутрипочвенным стоком. Самое высокое содержание нитратного азота отмечено на варианте с удобрением Универсал и капсулированной мочевиной с гранулированной мочевиной за все время исследований. За весь период исследования содержание нитратного азота в почвогрунте понижается с 1-го его определения в 2020 г. к последнему в 2022 г. более чем в два раза, кроме варианта с внесением аммофоски в растворе, что связано с интенсивным выносом из почвы растениями (рис. 3, Таблица П.24-25).

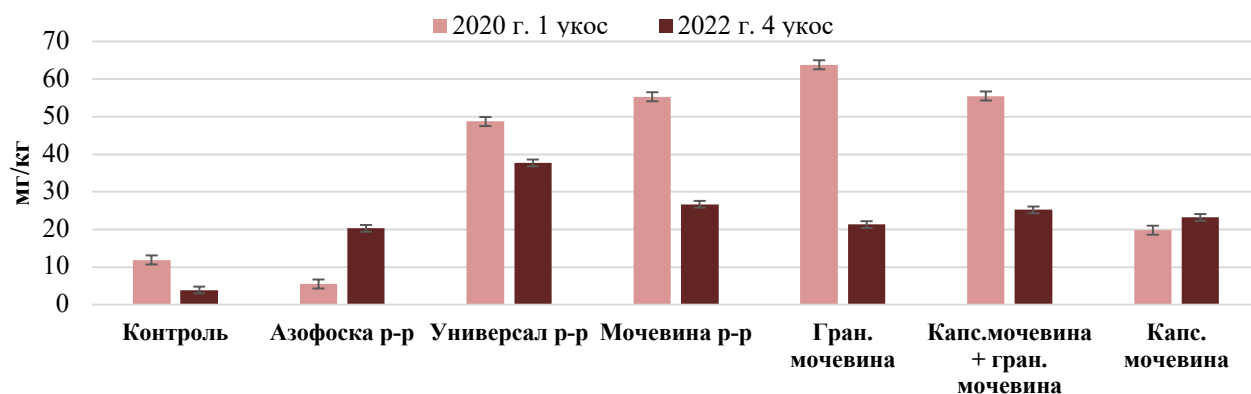


Рисунок 3. Содержание нитратного азота в почвогрунте в начале и в конце эксперимента, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HCP_{0,05}$ (в 2020 г. – 1,2, в 2022 г. – 0,9).

Максимальные значения в содержании нитратного азота в почвогрунте отмечены после начала опыта в 2020 г. В 2021-2022 гг. на варианте с внесением Универсала в растворе отмечено наибольшее по опыту содержание $N-NO_3^-$ (7,54 и 9,66 мг/кг в 2021 г. и 2022 г. соответственно). На остальных вариантах содержание нитратного азота в почве оставалось примерно на одном уровне.

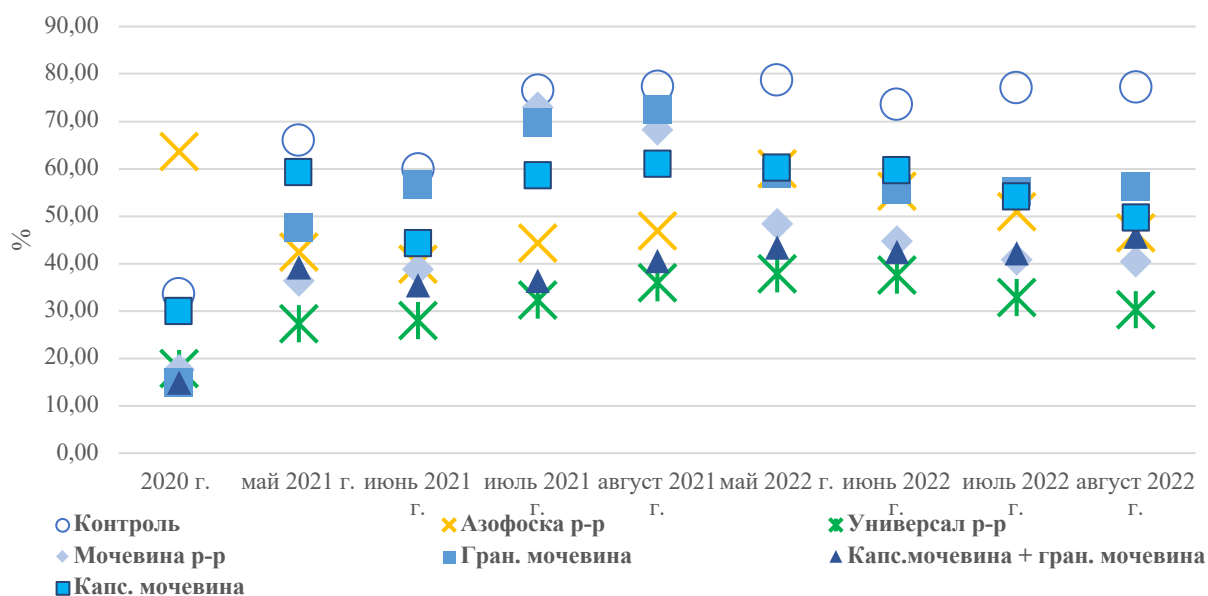


Рисунок 4. Доля аммонийного азота от содержания минерального азота в почвогрунте, %.

Изучение соотношения форм минерального азота позволяет оценить протекание процессов трансформаций азота вносимых удобрений. Оценочным показателем протекания процесса трансформации азота служит доля аммонийного азота от общей величины минерального азота. На вариантах с внесением капсулированной мочевины и удобрения Универсал, вносимого в растворенной форме происходило снижение доли аммонийной формы азота.

На варианте с внесением капсулированной мочевины низкая доля аммонийного азота обусловлена постепенным высвобождением мочевины из капсул удобрений, азот, поступающий при этом в почвенный раствор, может в дальнейшем подвергаться нитрификации.

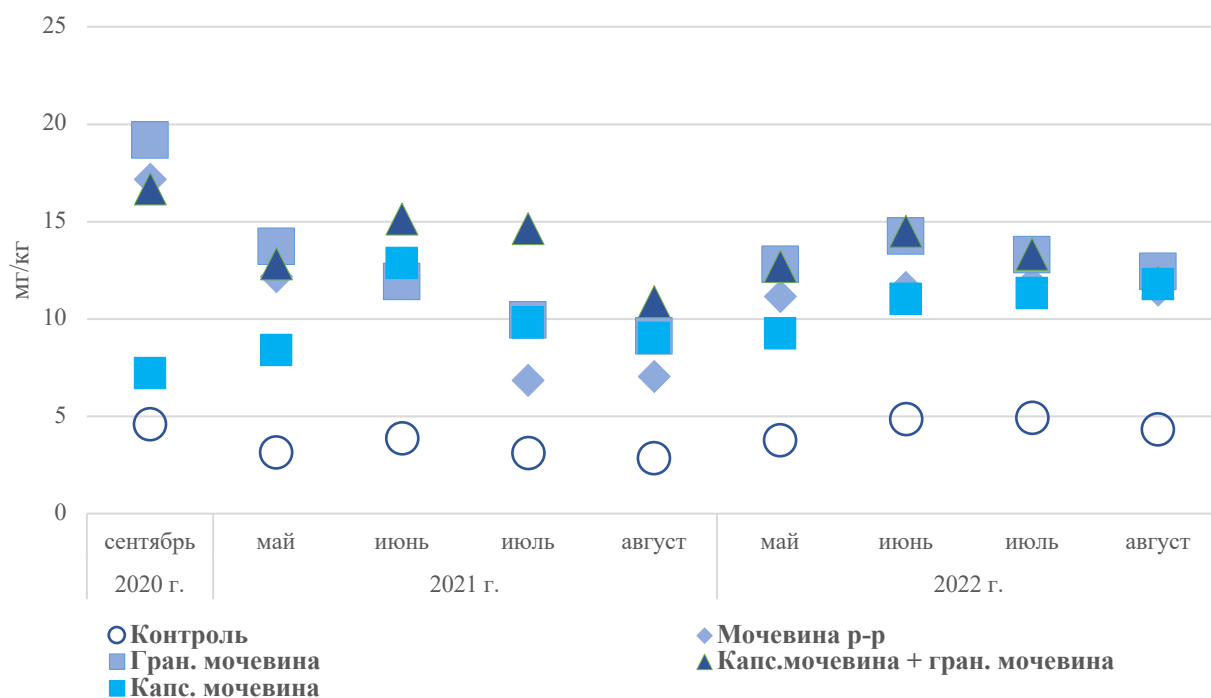


Рисунок 5. Динамика содержания минерального азота в почвогрунте в 2020-2022 гг. ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$).

Содержание азота в растениях газонных трав является информативной характеристикой, так как этот элемент отвечает за накопление биомассы и опосредованно влияет на интенсивность окраски растений (рис. 6, Таблица П.6-8).

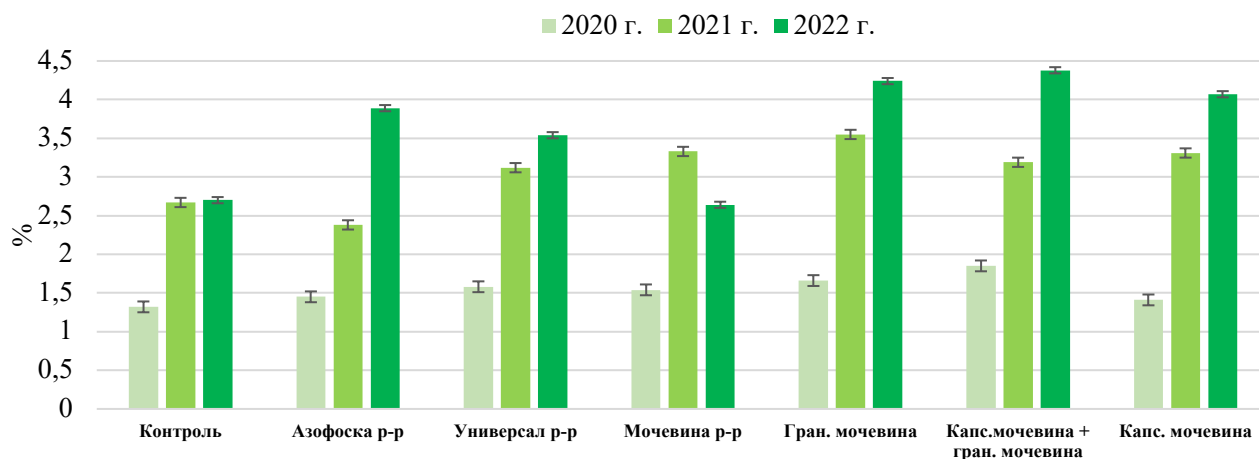


Рисунок 6. Содержание общего азота в растениях после укоса в июле в 2020-2022 гг., %. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $\text{HSP}_{0,05}$ (в 2020 г. – 0,07, в 2021 г. – 0,06, в 2022 г. – 0,04).

За два года исследования, этот показатель сохранял одинаковый тренд: шло увеличение содержания общего азота в растениях от мая до июля (3 укос). В июле были отмечены максимальные величины содержания данного элемента в растениях, далее этот показатель падал, что, вероятно, связано с изменением длины светового дня и замедлением процессов жизнедеятельности.

Максимальные значения содержания общего азота в растениях отмечены на вариантах с внесением гранулированной мочевины и гранулированной и капсулированной мочевины.

Для создания газонных покрытий высокого качества в условиях города при разной степени антропогенной нагрузки особенно интересным представляется изучение фосфорного обмена растений для определения экологической устойчивости и определения изменений в физиолого-биохимических процессах растений на разных стадиях онтогенеза. Показано, что пик накопления фосфора в листьях приходится на средневозрастное генеративное состояние. В этот период, как указывают ряд авторов, наблюдается максимальное накопление неорганического фосфора и фосфора органических соединений с оптимальным уровнем содержания этого элемента 0,3-0,6 % (Воскресенская, Половникова, 2020).

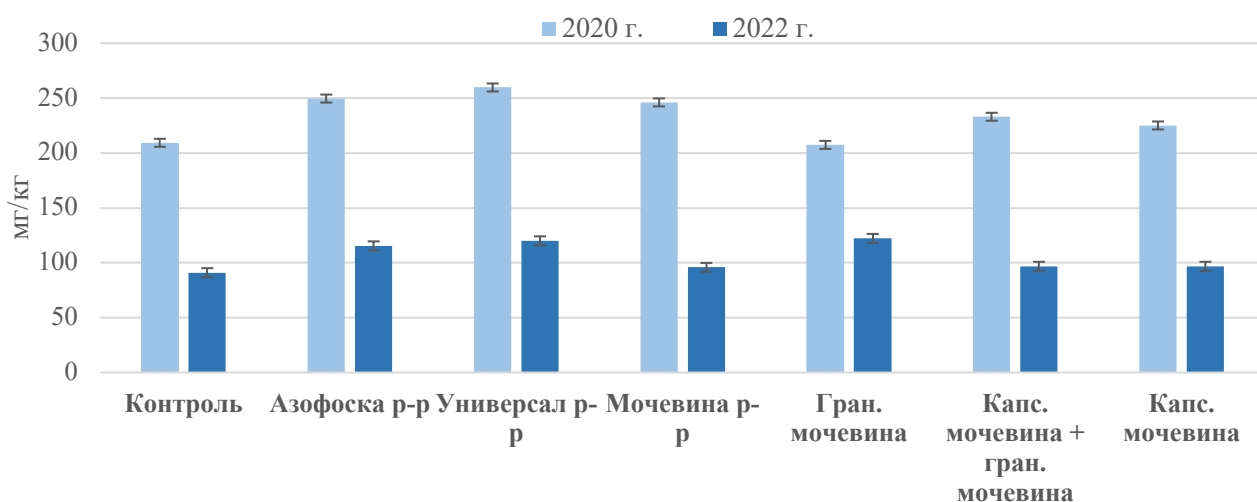


Рисунок 7. Содержание подвижного фосфора в почвогрунте в период проведения эксперимента в 2020-2022 гг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2020 г. – 3,64, в 2022 г. – 4,08).

Почвогрунт, использовавшийся при закладке опыта, характеризовался высоким содержанием подвижного фосфора (209,3 мг/кг) (рис. 7, Таблица П. 26-28). После закладки опыта в молодых травах, при внесении фосфорных удобрений, содержание фосфора в растениях характеризовалось как очень низкое (0,11 до 0,16 %). В 2021 г. содержание фосфора в растениях, как на контроле, так и на вариантах с применением фосфорных удобрений достигало оптимальных значения по этому элементу (opt – 0,3-0,4 %). В вариантах опыта с внесением гранулированной мочевины, смеси гранулированной мочевины с капсулированной мочевиной и капсулированной мочевины содержание фосфора было в 1,2-1,5 раза выше, чем на других вариантах. Самые высокие значения содержания фосфора в растениях отмечены в 2022 г на вариантах с внесением растворов удобрения Универсал и азофоски (0,65 %). Как тенденцию - можно отметить максимальное накопление фосфора в листьях газонных трав, которое происходило в июле (2021-2022 гг.). Таким образом, на хорошо обеспеченном фосфором субстрате ежегодное внесение фосфора в дозе 60 кг/га по д.в. было эффективно и позволило постоянно поддерживать оптимальный уровень этого элемента в тканях газонных трав (рис. 8, Таблица П. 9-11).

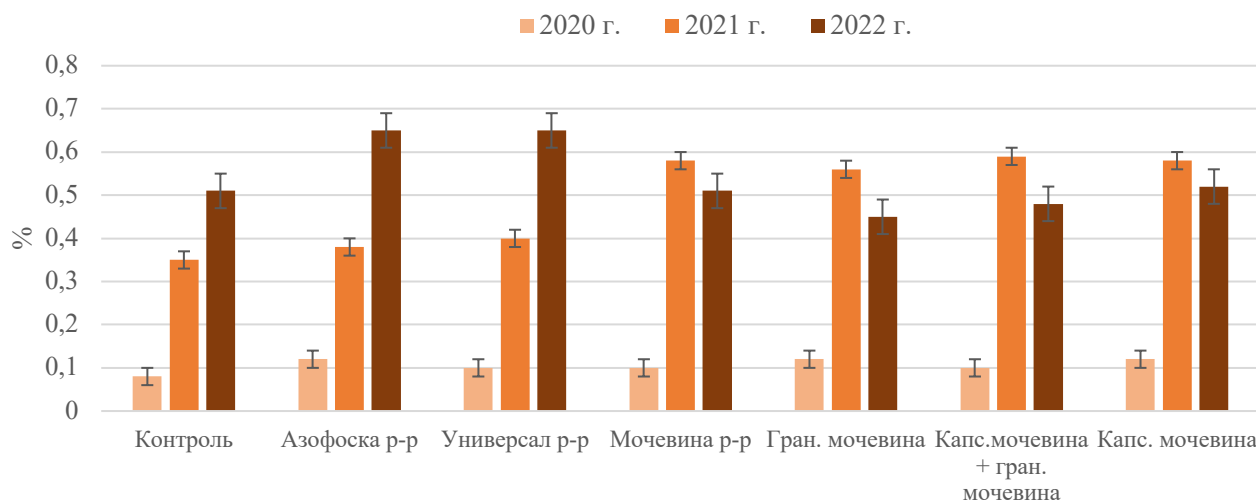


Рисунок 8. Содержание фосфора в растениях после укоса в конце вегетационного периода в 2020-2022 гг., %. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2020 г. – 0,02, в 2021 г. – 0,02, в 2022 г. – 0,04).

Оптимизация питания газонных трав калием достигается регулярным применением калийных удобрений, что способствует получению плотного травостоя. Важно контролировать питание калием на переизвесткованных почвах и почвах с низкой поглотительной способностью, в частности на песчаных (Rosen et. al., 2000). Калий важен для регуляции многих физиологических процессов, включая более эффективное использование азота растениями. Этот элемент помогает поддерживать клеточное тургорное давление, способствуя формированию плотных клеточных стенок злаков, что особенно важно для газонных трав в странах с холодной зимой и бесснежной осенью. Калий необходим для развития и роста корней. Хорошо развитая корневая система позволяет травам эффективно поглощать воду и питательные вещества из почвы, способствуя общему здоровью и силе растений. Травы с достаточным потреблением калия, как правило, более устойчивы к засухе. Дефицит калия в почвах газонов, по мнению ряда зарубежных авторов, приводит к увеличению заболеваемости газонных злаков и снижению толерантности к стрессовым воздействиям окружающей среды (Perrenoud, 1990).

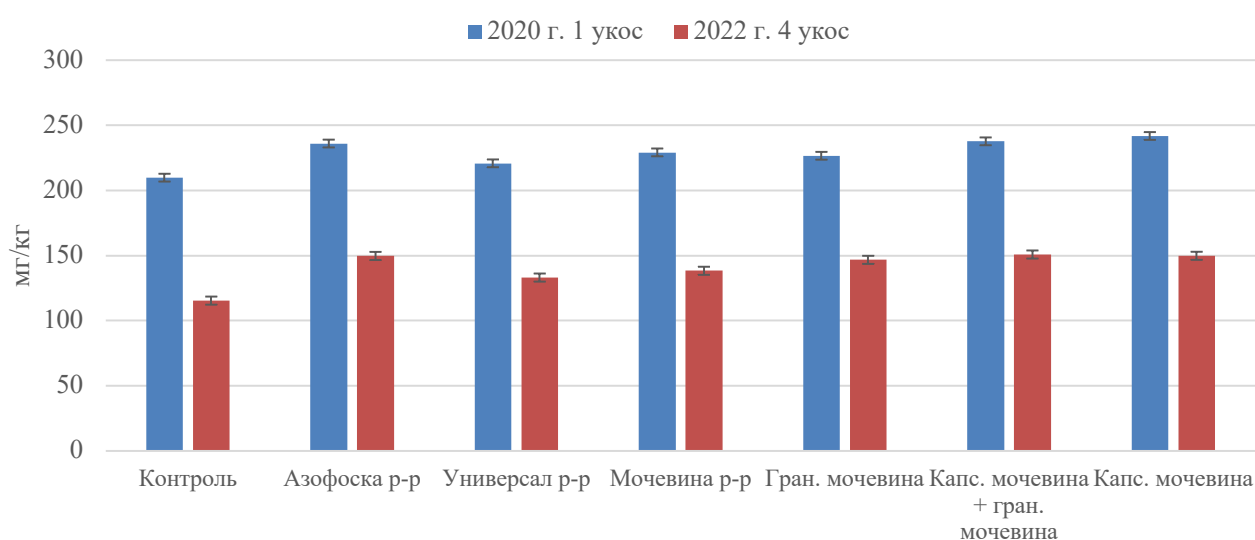


Рисунок 9. Содержание подвижного калия в почвогрунте в начале и в конце эксперимента, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение HCP_{0,05} (в 2020 г. – 2,99, в 2022 г. – 3,11).

В научной литературе нет единого мнения об оптимальном содержании калия в листьях и стеблях газонных трав. Оптимальное содержание калия колеблется от 1,5% до 3,5%, в некоторых работах этот показатель приводят для однокомпонентной или двухкомпонентной газонных смесей. Как справедливо отмечают J.D. Butler и T.K. Hodges (1968), отдельные виды газонной трав по-разному потребляют калий из почвы с одинаковым содержанием калия. В экспериментах этих исследователей содержание калия в различных видах газонных трав колебалось в интервале от 1,2% до 3,7 %, в то время, как содержание фосфора не имело выраженных видовых особенностей. Таким образом, при анализе биомассы, скошенной на газоне, занятом той или иной травосмесью, имеется некоторая усредненная величина для разных видов, которая будет характеризовать потребление питательных элементов на случайно выбранных для анализа участках газона.

В опыте калийные удобрения вносили в почвогрунт ежегодно (60 кг/га K_2O). В первый год эксперимента содержание калия в молодых растениях при внесении растворов комплексных удобрений колебалось в интервале 2,2%-2,38%. Наибольшее содержание калия в растениях отмечено при внесении в качестве источника азота раствора мочевины и капсулированной мочевины.

После выхода из-под снега, в начале вегетации в 2021 г. содержание калия в растениях упало практически в 1,5-1,8 раза на всех вариантах опыта. Преимущественного влияния мочевины в растворе и в гранулированной форме не наблюдали. В 2021 г. ко второму отбору растительной биомассы содержание калия повысилось в среднем на 25-32% на всех вариантах опыта. В 2022 г. в сравнении с значениями 2021 г. содержание калия в растениях возрастало в 1,2-1,4 раза, кроме контрольного варианта (рис.10, Таблица П.14-16).

Самые высокие значения содержания калия в зеленой массе отмечались на вариантах с внесением капсулированной мочевины в августе 2022 г.

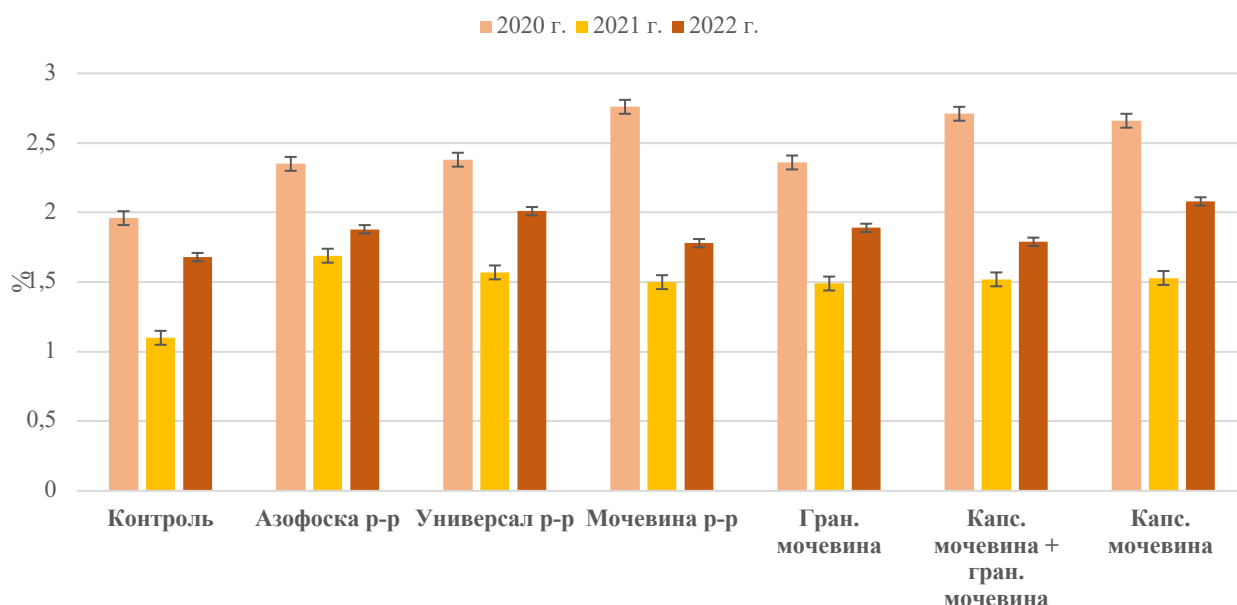


Рисунок 10. Содержание калия в растениях последнего укоса (август) в 2020-2022 гг., %. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HSP_{0,05}$ (в 2020 г. - 0,05, в 2021 г. - 0,05, в 2022 г. - 0,03).

К концу вегетации содержание калия на всех вариантах резко выросло: на вариантах с внесением удобрений в виде растворов – на 27-40 % по сравнению с первой пробой отбора, а на вариантах с разными формами мочевины – на 15-40%.

Применение микроудобрений на городских газонах и под иные городские насаждения остается дискуссионным, что обусловлено достаточно высоким поступлением микроэлементов с пылевыми выпадениями на дневную поверхность почв (Корчагина, 2014). Однако, почвогрунты, используемые для выращивания газонов, состоят из торфов разного происхождения и песка, то есть компонентов, не обеспеченных микроэлементами. Высокое содержание органического вещества в почвогрунтах может препятствовать оптимальному потреблению микроэлементов-металлов растениями вследствие образования малодоступных комплексных соединений. Анализ почвогрунтов на содержание микроэлементов не всегда может дать представление о питании растений ими. Для оценки питания растений микроэлементами нужно рассматривать их

содержание в растениях, проводя сравнение с имеющимися в литературе оптимумами.

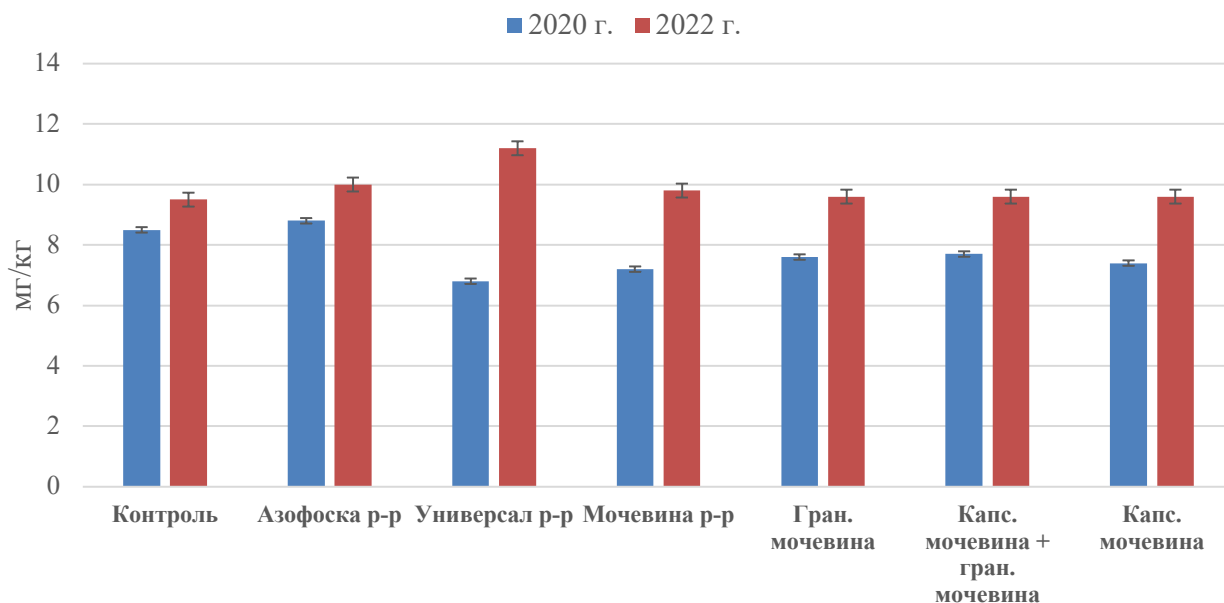


Рисунок 11. Содержание кислотрастворимых форм меди (1М HCl) в почвогрунте при начале и завершении эксперимента, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2020 г. - 0,09, в 2022 г. - 0,23).

При рассмотрении роли таких микроэлементов для газонных трав как медь и цинк необходимо отметить, что в качестве оптимального содержания меди в газонных травах приводятся значения в 5-15 мг/кг. В работе К.А. Шуршина (Шуршин, Большева, 2011) указывается, что содержание меди ниже 1 мг/кг является критическим и приводит к гибели растений. Согласно литературным данным, оптимальный уровень содержания цинка для мятликов и овсяниц составляет 30 мг/кг (Kleiber, Komosa, 2011).

Содержание меди в газонных травах в 2020 г. варьировалось в интервале от 2,34 мг/кг в контрольном варианте до 2,76 мг/кг в варианте с внесением удобрения Универсал в растворе, содержащим в своем составе медь. Наблюдение за динамикой содержания меди в травах в 2021 году показало, что содержание меди динамически изменяется за период вегетации. Максимальное содержание этого элемента отмечается в июне на варианте с капсулированной мочевиной в смеси с гранулированной мочевиной (9,97 мг/кг) – в периоде максимального накопления биомассы и наиболее интенсивного протекания

синтетических процессов. К августу содержание меди снижается практически в 1,5-2 раза по сравнению с июнем. По мнению ряда авторов, существует синергизм между азотным питанием растений и поступлением, а также накоплением в них меди (Cui et al., 2022). Как было показано выше, содержание азота в газонных травах было самым высоким на вариантах с внесением удобрений с мочевиной.

В 2022 году наблюдается схожая тенденция по содержанию меди в биомассе трав. Но максимум содержания меди сдвигается на июль и коррелирует с содержанием азота в травах в этот период. К августу содержание меди на вариантах опыта не падает, как в предыдущем году, а остается достаточно высоким, что связано с метеоусловиями и продолжающимся интенсивным ростом. Максимальное содержание меди отмечено для всех укосов на вариантах с мочевиной, вносимых во всех формах, что связано с более гармоничным питанием растений азотом (рис. 12, таблица П.18-19). При этом, надо отметить, что содержание в почве меди – было высоким (Рилькис, 1963). Комплексное удобрение Универсал, содержащий микроэлементы, в том числе и медь, не влияло на содержание в растениях этого микроэлемента.

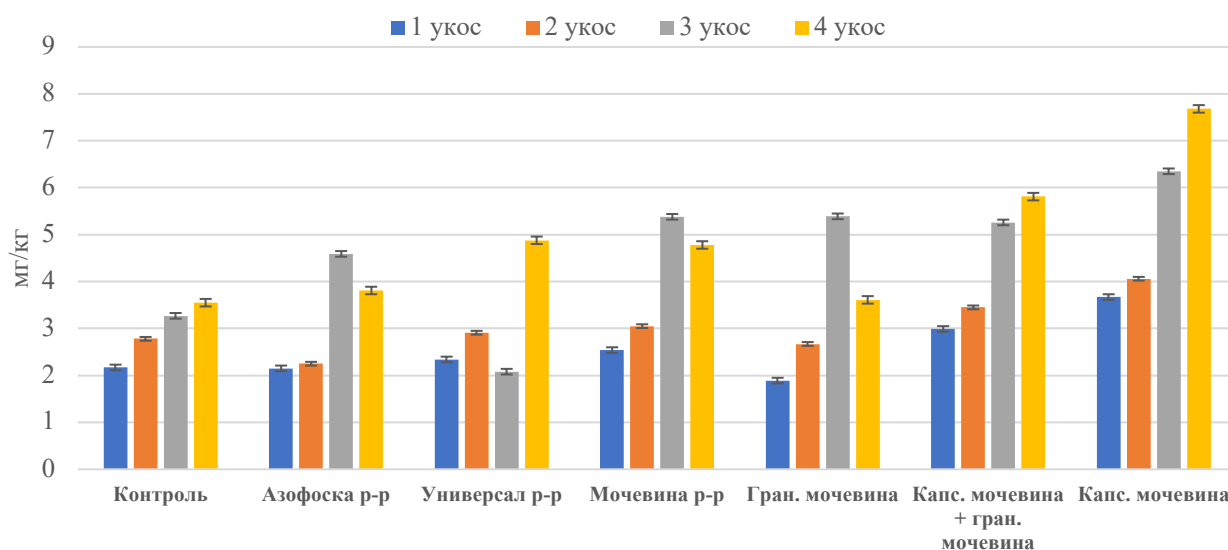


Рисунок 12. Содержание меди в растениях в 2022 г. по укосам, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HSP_{0,05}$ (1 укос - 0,06, 2 укос - 0,04, 3 укос - 0,06, 4 укос - 0,08).

Рассматривая питание газонных трав цинком, было отмечено, что содержание цинка в почвогрунте было оптимальным, а растения были хорошо обеспечены этим микроэлементом, согласно результатам полученным в 2020 г. при начале опыта (рис. 13, Таблица П. 34-35).

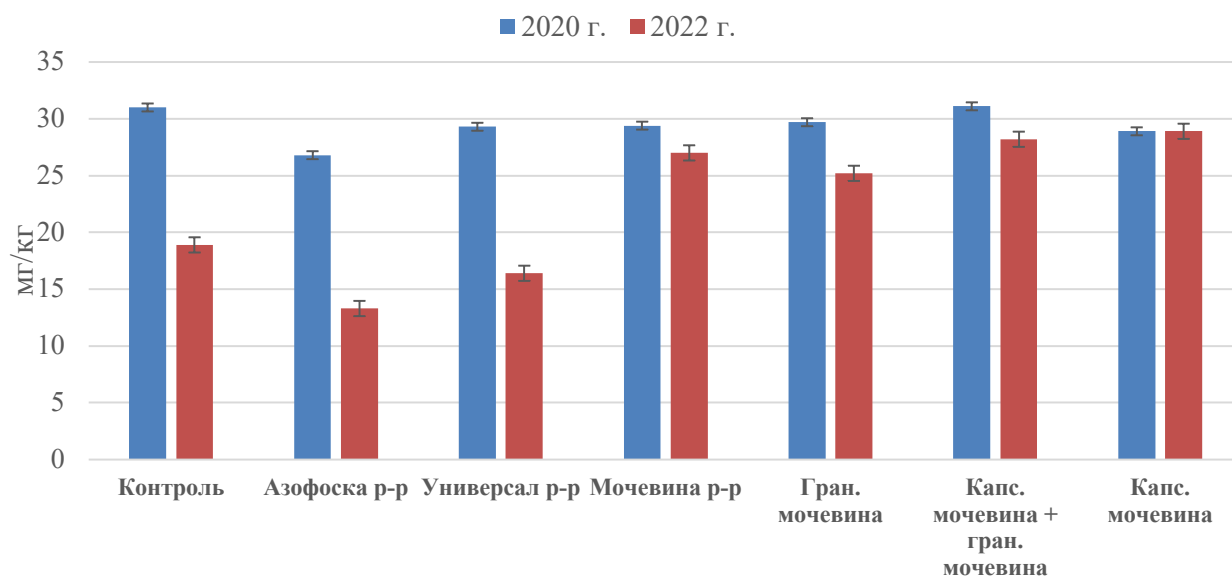


Рисунок 13. Содержание кислотрастворимых форм цинка (1М HCl) в почвогрунте при начале и завершении эксперимента, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение HCP_{0,05} (в 2020 г. - 0,35, в 2022 г. - 0,67).

Наблюдение за динамикой содержания цинка в газонных травах в газоне второго года пользования свидетельствует о том, что во все сроки отбора содержание цинка при внесении минеральных удобрений выше, чем на контроле. Максимальное содержание этого элемента отмечается в период с июня по август. Следует отметить, что самые высокие уровни накопления цинка в травах отмечены в июле на вариантах опыта с применением гранулированной мочевины, а также капсулированной мочевины и ее сочетания с гранулированной мочевиной (рис. 14, Таблица П. 20-21).

В 2022 г. во все сроки отбора и на всех вариантах содержание цинка находилось в пределах оптимума и варьировалось от 16,5 до 46,94 мг/кг. Самые высокие показатели содержания этого элемента отмечаются в июне - августе на вариантах с использованием всех форм мочевины. Удобрение Универсал, в

состав которого входит хелат цинка, только в мае месяце обеспечило более высокое потребление растениями цинка по сравнению с азофоской и всеми формами мочевины.

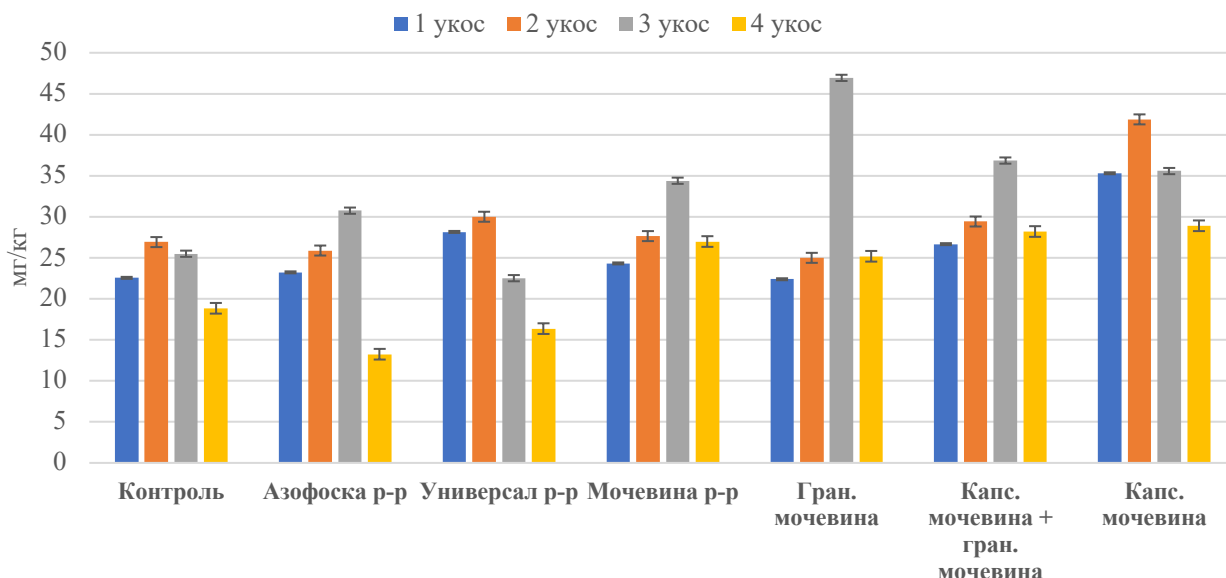


Рисунок 14. Содержание цинка в растениях в 2022 г., мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (1 укос - 0,12, 2 укос - 0,61, 3 укос - 0,38, 4 укос - 0,65)

Влияние используемых удобрений на развитие газонных трав в эксперименте можно косвенно оценить по изменению прироста биомассы. Независимо от способа внесения, изучаемые в опыте традиционные формы удобрений и азотные удобрения с пролонгированным действием, достоверно способствовали увеличению биомассы газонных трав по сравнению с Контролем.

Почвенные показатели, дозы и формы удобрений определяли величину биомассы газонных трав. В первый год исследований (2020 г.) после посева газонных все вносимые удобрения увеличили биомассу растений по сравнению с контролем в 4-5 раз (Таблица П.1). Статически значимые различия наблюдались только между вариантами с использованием гранулированной мочевины и смеси гранулированной и капсулированной мочевины (рис. 15).

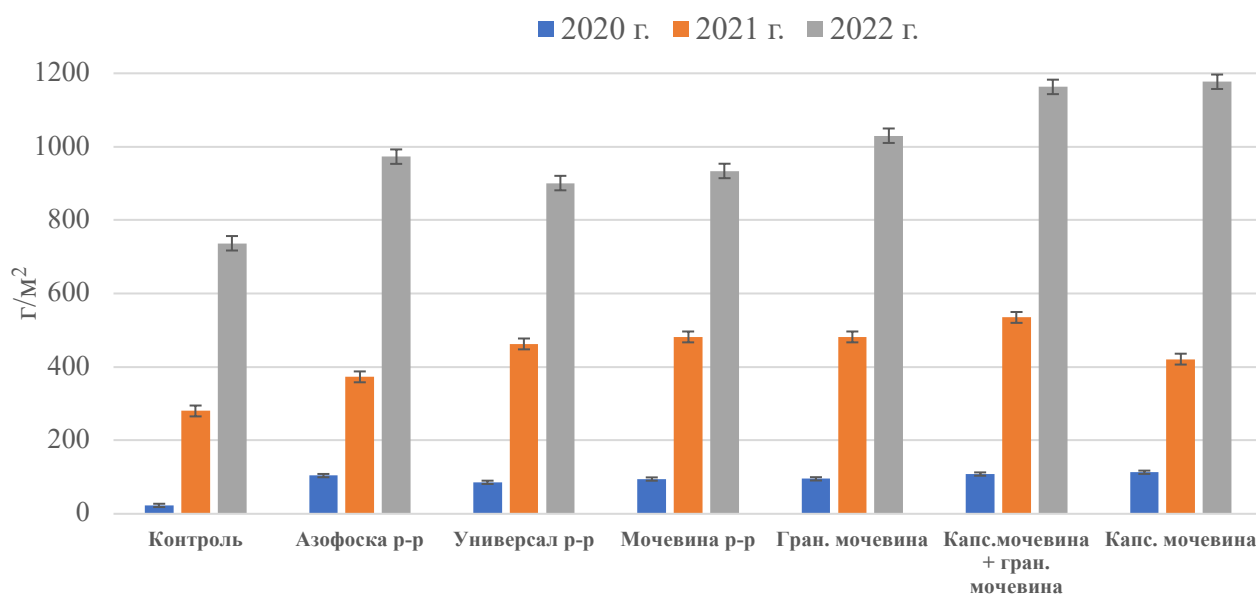


Рисунок 15. Суммарная биомасса всех укосов газонных трав за вегетационные периоды 2020-2022 гг., г/м² сырого веса. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2020 г. – 4,5, в 2021 г. – 14,8, в 2022 г. – 19,7).

В 2021 общая биомасса (за 4 укоса) достоверно отличалась на всех вариантах опыта от контроля. Ее максимальная величина отмечается на варианте с применением смеси капсулированной и гранулированной мочевины. Во второй год опыта в середине вегетации полученные данные по биомассе ниже (Таблица П.2), чем значения массы свежесрезанных растений в конце вегетационного периода. В 2021 г. в июле в течение долгого времени была аномальная жара, которая существенно повлияла на рост и развитие растений в этот период времени. Температура воздуха достигала 30-35⁰С. Температурная толерантность газонных трав определяется видовым составом травосмеси. Газонные злаки делятся на два типа: злаки для холодных и теплых регионов. Отличительная особенность заключается в типе фотосинтеза, травы для холодного региона имеет С3 фотосинтез, травы для теплых регионов – С4 фотосинтез (Wang et al, 2014; Chen et al, 2018). Оптимальные температуры для теплолюбивых трав - 16-24⁰С, для холодоустойчивых 15-17⁰С (Авдеева, 2013). Температура свыше 26⁰ С является неблагоприятной и вызывает стресс у растений. При аномально высоких температурах нарушается баланс

потребления питательных веществ. Чаще всего наблюдается дефицит микроэлементов. Также нарушается процесс потребления макроэлементов в том числе и из-за недостатка влаги. Температура влияет на вынос питательных веществ растениями и на деятельность микробиологических сообществ почвы. Повышение температуры в летний период увеличивает потери азота, однако не нарушает соотношение видов этих потерь между собой (Chen et al, 2018).

В 2022 г. биомасса газонных трав, (Таблица П.3) по сравнению с 2021 г., значительно увеличивается на всех вариантах опыта, что объясняется благоприятными погодными условиями. Максимальные достоверные значения общей биомассы газонных трав отмечены на вариантах с внесением капсулированной мочевины и капсулированной мочевины в смеси с гранулированной мочевиной. Применение раствора мочевины не было эффективней гранулированной мочевины. Подобный эффект объясняется длительностью эксперимента и протекающей в почве постепенной инкапсуляцией азота из гранул, что значительно снижает его потери из почвогрунта. Величины биомассы газонных трав на вариантах опыта с применением растворов удобрения Универсала, азофоски и мочевины значимо между собой не отличались. Таким образом, одноразовое внесение капсулированной мочевины может заменить дробное внесение удобрений как в растворенной, так и в твердой форме.

Весенний и летний периоды 2021 г. характеризовались экстремально высокими температурами и отсутствием осадков (ГТК 0,31-0,66). Подобные погодные условия являлись основной причиной угнетения роста растений и как следствие низким выносом азота. Количество азота, отчуждаемого биомассой, на всех вариантах с удобрениями, было ниже дозы вносимого азота (рис. 16).

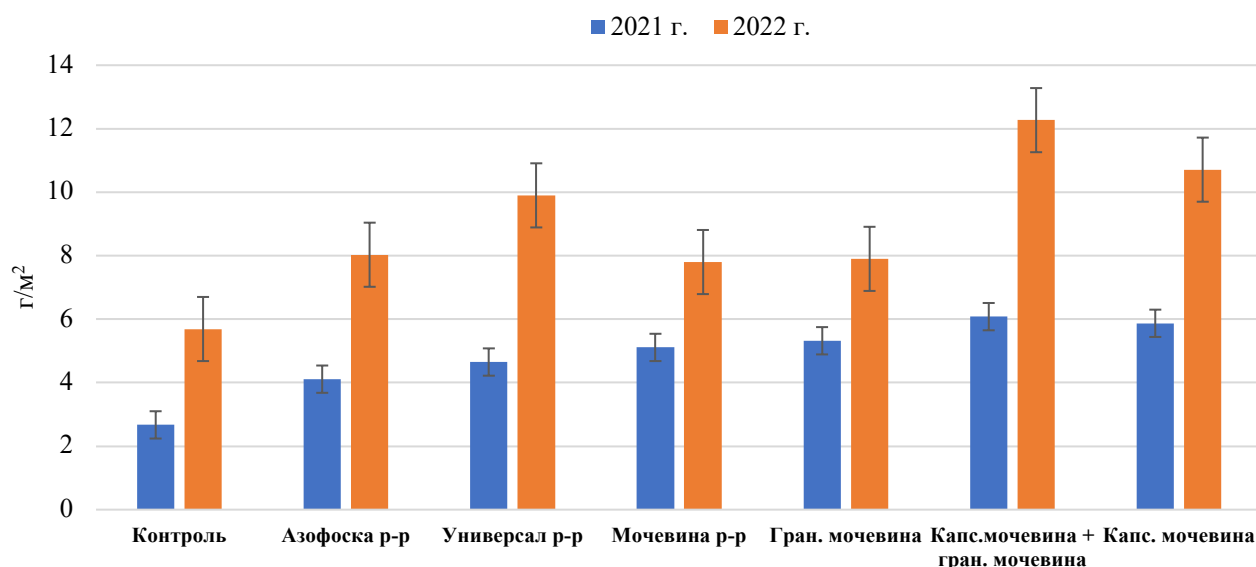


Рисунок 16. Вынос азота из почвогрунта растениями за вегетационный период, г/м². Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,43, в 2022 г. - 1,01).

В 2022 г. вынос азота с биомассой растений был значительно выше по всем вариантам опыта, чем в 2021 г., что связано с благоприятными погодными условиями. Самый высокий вынос азота отмечали на варианте с капсулированной мочевиной и гранулированной мочевиной, он почти в два раза превысил величину азота, вносимого с удобрениями.

Вынос фосфора растениями из почвогрунта в 2022 г. был заметно выше, чем в 2021 г, что связано с более благоприятными погодными условиями для развития растений, но величина выноса не превышала дозы внесенных удобрений (рис. 17, Таблица П.12). Следует отметить, что содержание подвижного фосфора в почвогрунте в 2022 г. исследования стремительно падало, (Таблица П.26 - П.28), что, вероятно, было связано с погодными условиями зимы 2021-2022 г, которая характеризовалась обильным выпадением осадков (178 мм). Максимальная высота снежного покрова отмечена в январе 2022 г. Последующее снеготаяние могло послужить причиной вымывания фосфора, калия и снижения содержания данных элементов в корнеобитаемом слое почвогрунта.

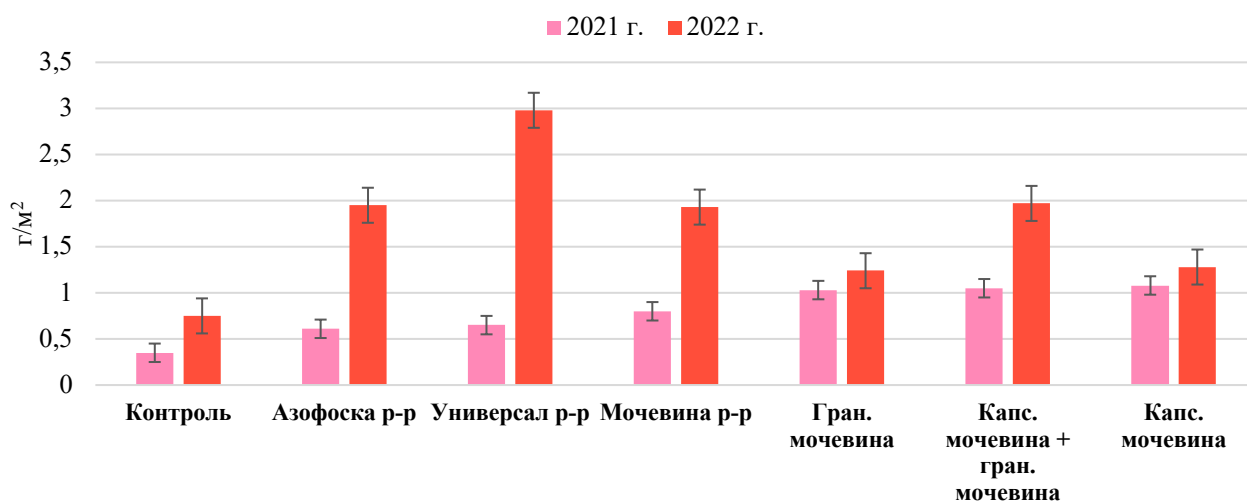


Рисунок 17. Вынос фосфора из почвогрунта растениями за вегетационные периоды 2021-2022 гг., г/м². Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,1, в 2022 г. - 0,19).

В 2021 году из-за погодных условий суммарный вынос калия колебался в интервале 2,6-3,94 г на м². Прослеживалась положительная корреляция выноса и суммарной величины биомассы. В 2022 суммарный вынос калия увеличивается, а баланс калия становится отрицательным, то есть вынос превышает величину вносимых калийных удобрений на всех вариантах кроме Контроля (рис. 18, Таблица П.17).

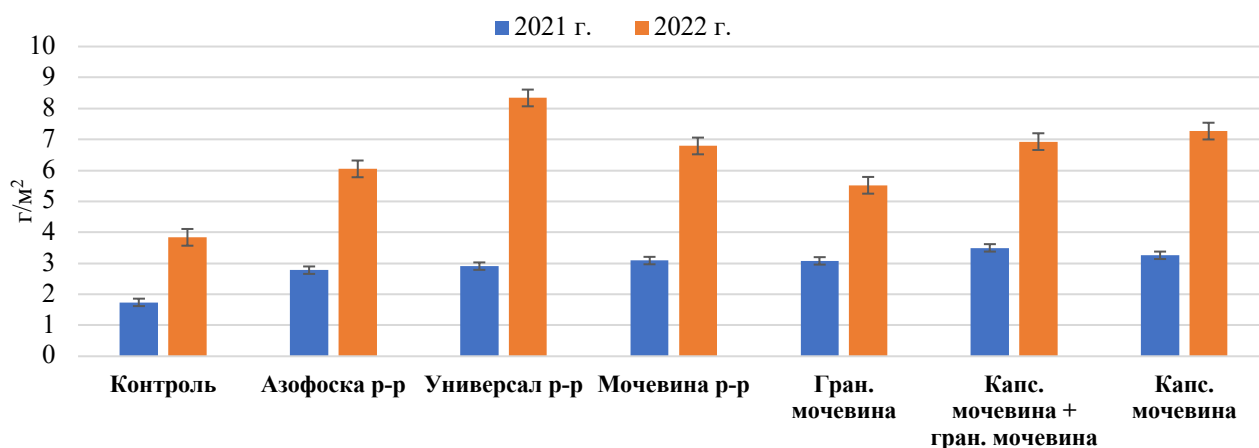


Рисунок 18. Вынос растениями калия из почвогрунта за вегетационные периоды 2021-2022 гг., г/м². Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,12, в 2022 г. - 0,27).

На основании анализа выноса калия растениями на вариантах с применением полного минерального удобрения, можно заключить, что дозу калийных удобрений необходимо корректировать в зависимости от погодных условий.

Сумма хлорофилла а и b в газонных травах может служить информативной характеристикой, которая позволяет косвенно оценить состояние фотосинтетического аппарата. Следует отметить, что данный показатель довольно изменчив, он зависит от погодных условий и обеспеченности растений основными элементами минерального питания. Содержание хлорофилла влияет на интенсивность окраски газонных трав и является показателем декоративности газонных трав. В 2020 г. значимой разницы между содержанием хлорофилла по вариантам опыта не наблюдалось (рис. 19, Таблица П. 4-5). В 2021-2022 гг. существенной разницы по годам внутри вариантов не отмечено. Низкие значения хлорофилла в 2021-22 гг. отмечались весной, что вызвано выходом газонных трав из зимнего периода покоя и недостаточной инсоляцией. При этом максимальные значения достигались на вариантах с внесением капсулированной мочевины и смеси гранулированной и капсулированной мочевины.

Можно предположить, что усвоение растениями азота почвы обеспечивает гармоничную работу фотосинтетического аппарата газонных трав и накопление пигментов. Проведенный дисперсионный анализ показал, что на протяжении эксперимента между содержанием общего азота и суммой хлорофилла а и b в растениях есть зависимость ($F_{\text{набл.}} > F_{\text{крит.}}$).

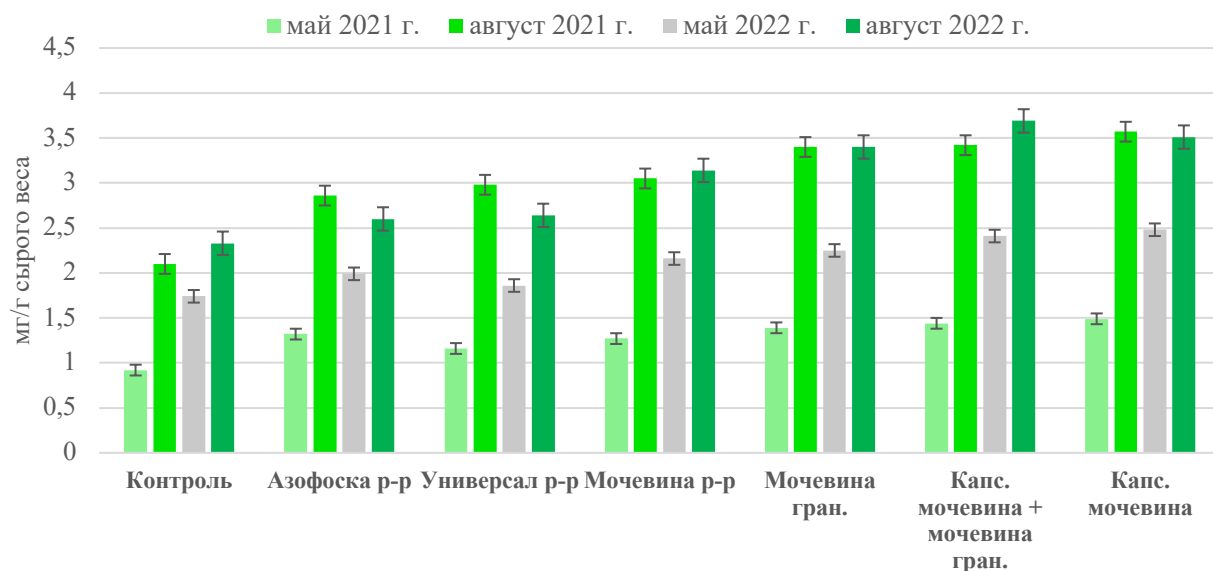


Рисунок 19. Сумма хлорофилла а и б в растениях в начале и конце вегетационных периодов 2021-2022 гг., мг/г сырого вещества. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (май 2021 г. – 0,06, август 2021 г. – 0,11, май 2022 г. – 0,17, август 2022 г. – 0,13).

В удобрении Универсал содержится магний, этот элемент входит в состав молекулы хлорофилла и определяет ее уникальные функции, связанные с поглощением, запасанием и преобразованием энергии (Битюцкий, 2014). Предполагалось, что дополнительное внесение этого элемента вместе с удобрением Универсал в растворе увеличит содержание хлорофилла в газонных травах, однако, не в 2021 г, не в 2022 г. такого эффекта не было зафиксировано.

Таким образом, после завершения опыта осенью 2022 г. можно утверждать, что дробное внесение и использование пролонгированных азотных удобрений служит надежным способом поддержания газонных трав и обеспечивает стабильное содержания хлорофилла, что приводит к улучшению декоративных свойств газонов.

С целью оценки скорости восстановления газонного покрытия после выхода из-под снега осуществлялось наблюдение за динамикой проективного покрытия. Исследование этой динамики позволило утверждать о существовании трех периодов в произрастании газонных трав. Первый период – это рост

газонных трав после перезимовки и первого внесения подкормок минеральными удобрениями весной. Второй – снижение темпов роста при неблагоприятных климатических условиях летом, но, и одновременное увеличение проективного покрытия по вариантам опыта. И, наконец, третий период – это максимальное формирование растительной биомассы к концу вегетационного периода (конец августа – сентябрь).

Анализ динамики формирования проективного покрытия за два года исследований (2021-2022 гг.) показал, что на всех вариантах опыта этот показатель увеличивался от весны к осени, но достигал 100 % только на вариантах с применением всех видов мочевины (табл. 3).

Таблица 3. Проективное покрытие газонных трав во время проведения опыта 2021-2022 гг., %.

№	Варианты опыта	2021 г.		2022 г.	
		Май	Август	Май	Август
1	Контроль без удобрений	70	90	75	90
2	Азофоска в растворе	70	95	80	95
3	Универсал в растворе	70	95	80	95
4	Мочевина в растворе	70	100	80	100
5	Гранулированная мочевина	70	100	80	100
6	Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	75	100	85	100
7	Капсулированная мочевина	75	100	85	100

Таким образом, капсулированная мочевина - новое пролонгированное азотное удобрение оказало положительный эффект на рост и развитие газонных трав, это выразилось как в величине биомассы, так и в оптимизации поступления азота в растения. Дробное внесение минеральных удобрений из расчета 60 кг/га по д.в. оказывает благоприятное действие на рост и развитие газонных трав и их перезимовку. Оптимизация минерального питания, в частности азотного, оказывает влияние на продуктивность растений. Определение содержания суммы хлорофиллов позволяет косвенно оценить фотосинтетическую активность растений газонных трав. Так как

содержание фотосинтетических пигментов определяет окраску и, как следствие, декоративные характеристики газона. Эффект от внесения удобрений был отмечен уже в первый год проведения опыта. При внесении разных форм мочевины самые высокие значения суммы хлорофиллов в порядке убывания располагаются варианты: гранулированная мочевина > гранулированная мочевина с капсулированной мочевиной пролонгированного действия > капсулированная мочевина пролонгированного действия > мочевина в растворе. В 2021 и 2022 гг. было отмечено снижение суммы хлорофиллов весной. Это может быть объяснено выходом растений из зимнего состояния покоя и низким уровнем инсоляции. На протяжении вегетационного сезона 2021 г. содержание фотосинтетических пигментов достоверно увеличивалось по всем вариантам. К последнему укосу отмечалось увеличение содержания суммы хлорофиллов на варианте с внесением капсулированной мочевины пролонгированного действия. Максимальные значения отмечались на варианте с совместным применением гранулированной мочевины и капсулированной мочевины пролонгированного действия.

ОПЫТ 2. Изучение влияния сроков и доз внесения инновационных комплексных удобрений на биопродуктивность и качество старовозрастного паркового газона

Согласно агрохимическому анализу корнеобитаемого слоя почвы, проведенному до закладки опыта, содержание в ней минеральных форм азота было низким (NO_3^- - 10,11 мг/кг и NH_4^+ - 1,54 мг/кг), подвижных форм фосфора и калия – высоким (218,0 и 225,1 мг/кг почвы, соответственно), значение актуальной кислотности была близка к нейтральной (рН водной вытяжки - 6,4).

Рассматривая блок с почвенными характеристиками при проведении опыта со старовозрастным газоном, наблюдалось статистически значимое

снижение кислотности почвенного раствора на протяжении 2020-2022 гг. (Таблица П. 57).

При рассмотрении динамики содержания нитратного азота в почве отмечено постепенное увеличение N-NO_3^- в почве к концу вегетации растений на всех вариантах опыта. Наибольшее накопление нитратов отмечено на вариантах с применением одинарной и двойной дозы удобрений нитроаммофоска и нитроаммофоска S (115,76 мг/кг и 109,16 мг/кг соответственно).

Содержание аммонийного азота в почве было выше значений на контроле во всех вариантах опыта и значимо не отличалось по вариантам с применением удобрений всех удобрений. Тем не менее, наибольшие значения содержания аммонийного азота были отмечены на вариантах с применением нитроаммофоски и азофоски в двойной дозе как в 2021 г., так и 2022 г., что видимо связано с повышенной долей N-NH_4^+ формы азота в этом удобрении.

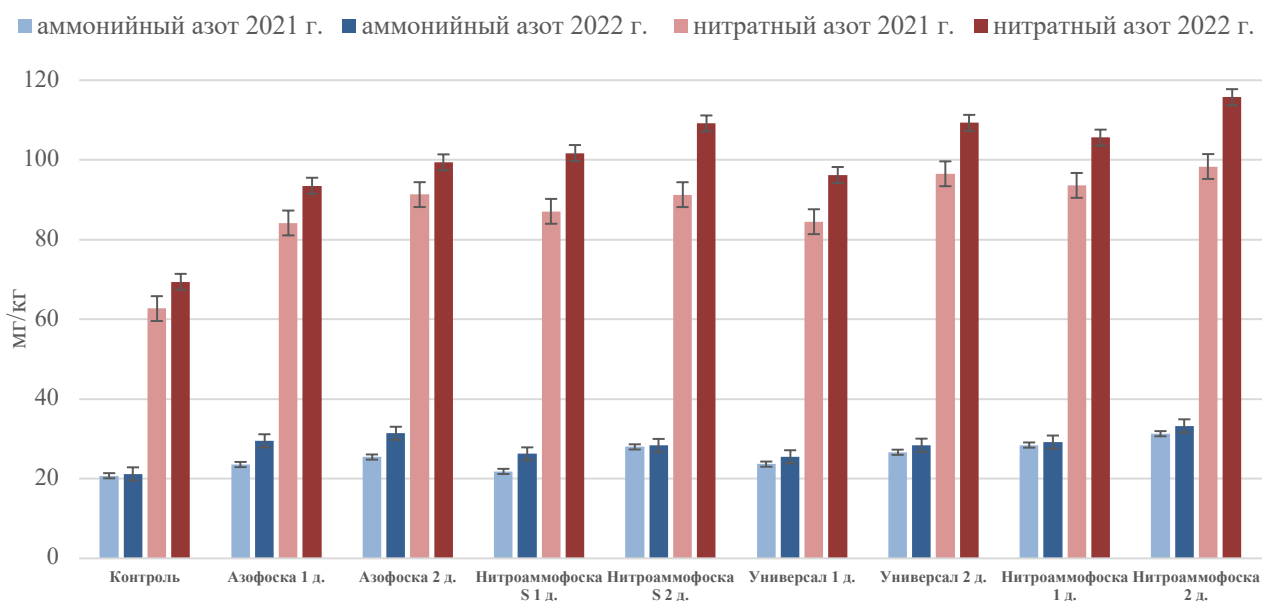


Рисунок 20. Содержание аммонийного и нитратного азота в почве в конце вегетации в 2021-2022 гг., мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $\text{HCP}_{0,05}$ (аммонийный азот 2021 г. - 0,65, аммонийный азот 2022 г. - 1,65, нитратный азот 2021 г. - 3,12, нитратный азот 2022 г. - 2,01).

Определение содержания аммонийного и нитратного азота после окончания вегетационного периода показало, что содержание в почве этих форм азота во всех удобренных вариантах было выше контроля за весь период исследования. В конце вегетационного периода наблюдалось более высокое накопление минерального азота на вариантах с двойной дозой всех вносимых удобрений (рис. 20, Таблица П.58-62).

Анализ динамики доли аммонийного азота от суммы аммонийного и нитратного азота в почве продемонстрировал постепенное снижение к концу вегетации растений в 2021-2022 г. (рис. 22).

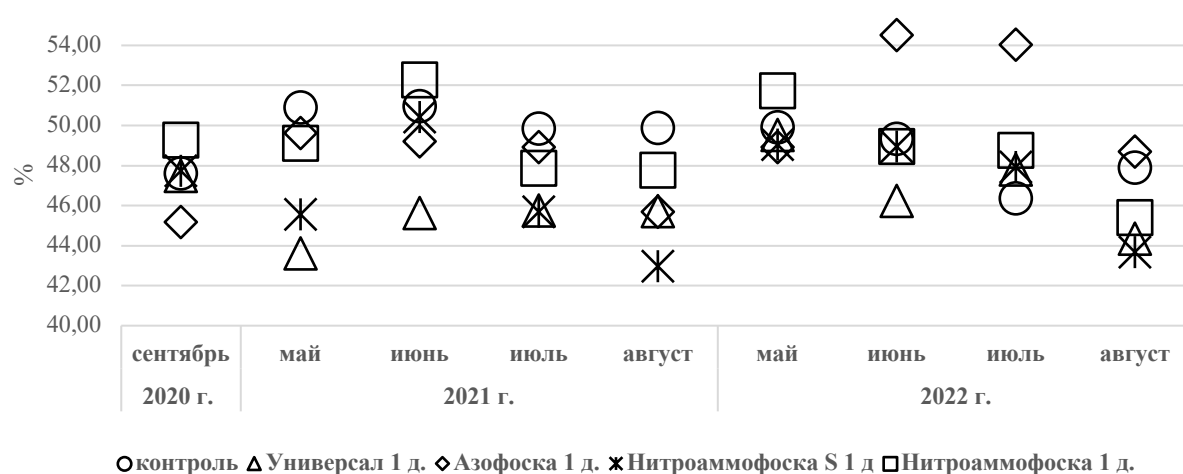


Рисунок 21. Доля аммонийного азота ($N-NH_4$) от суммы аммонийного ($N-NH_4$) и нитратного азота ($N-NO_3$) в почве при внесении удобрений в одной дозе в 2020-2022 гг., %.

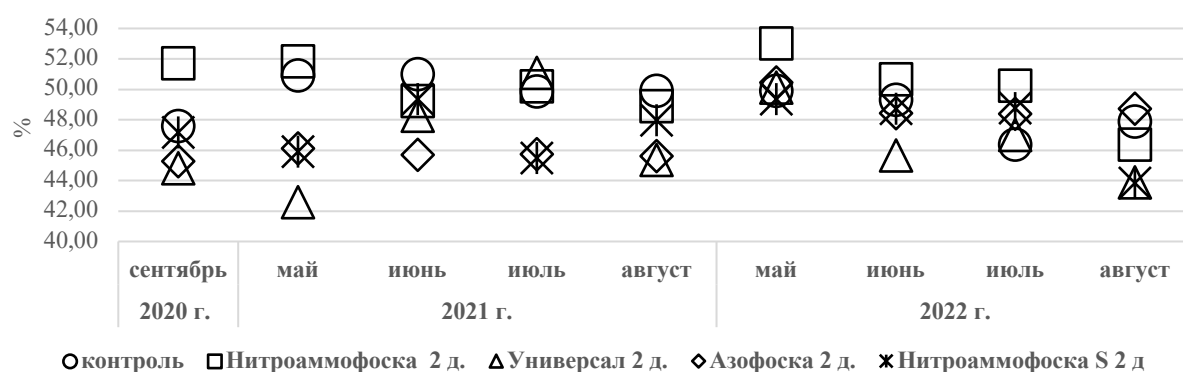


Рисунок 22. Доля аммонийного азота ($N-NH_4$) от суммы аммонийного ($N-NH_4$) и нитратного азота ($N-NO_3$) в почве при внесении удобрений в одной дозе в 2020-2022 гг., %.

Внесение в почву комплексных удобрений повышало содержание азота в растениях. Максимальные уровни содержания азота наблюдались за все годы наблюдений на вариантах с внесением 120 кг/га азота. Содержание этого элемента в растениях увеличивалось во всех вариантах опыта к концу вегетационного периода, что связано как с высоким уровнем поступившего в почву азота с последней подкормкой, так и с замедлением развития растений. При внесении в 2021 г. 60 кг/га азота максимальное содержание азота в растениях отмечено к концу вегетации на вариантах с применением удобрения Универсал и азофоски, в то время как при удвоении дозы максимальное содержание азота отмечено также на варианте с удобрением универсал и нитроаммофоской S. В 2022 при более благоприятных погодных условиях уровень содержания азота в растениях при внесении низкой дозы азота (60 кг/га) со всеми комплексными удобрениями находился примерно на одном уровне и достоверных различий между формами удобрений не отмечены. При внесении же 120 кг/га азота максимальное содержание этого элемента отмечается на вариантах с применением нитроаммофоски и нитроаммофоски S. (рис. 23, Таблица П. 43-45).

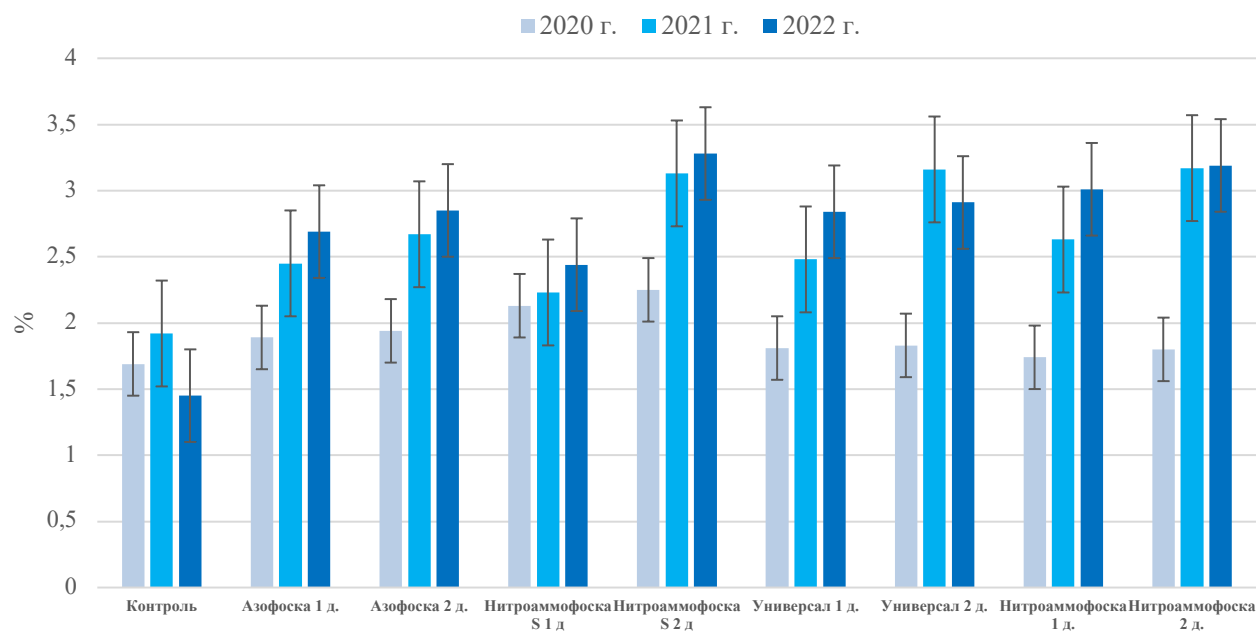


Рисунок 23. Содержание общего азота в растениях в конце вегетационного периода, %. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (2020 г. – 0,24, 2021 г. – 0,4, 2022 г. – 0,35).

Содержание подвижного фосфора в почве, определенное в конце каждой вегетации, падало в варианте контроль. На варианте с обеими дозами азофоски и нитроаммофоски S содержание фосфора значимо не отличалось от контрольного варианта, такая же закономерность отмечалась и для варианта с низкой дозой нитроаммофоски S (рис. 24).

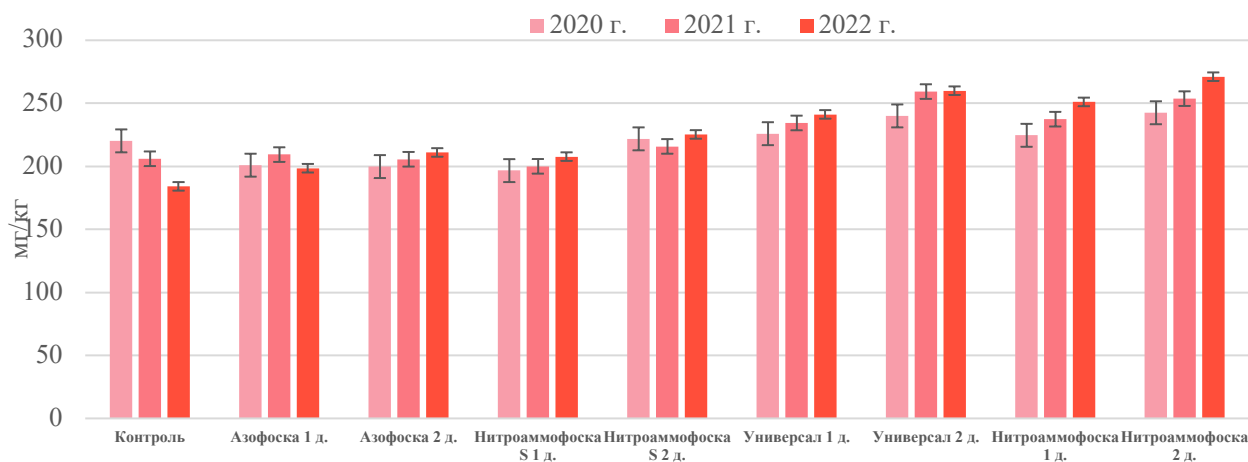


Рисунок 24. Содержание подвижного фосфора в почве в конце вегетации растений, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $НСР_{0,05}$ (2020 г. – 9,1, 2021 г. – 5,8, 2022 г. – 3,4).

На вариантах с внесением обеих доз удобрения Универсал и нитроаммофоски за время проведения эксперимента наметилась тенденция к накоплению подвижного фосфора в почве. Увеличение содержания подвижного фосфора в городских почвах не является положительной тенденцией, как уже было показано в главе 1.

В 2020 году растения газонных трав на контроле характеризовались очень низким уровнем содержания фосфора (Таблица П.43). После чистки и прокалывания газона в 2021 году питание растений фосфором на контрольном варианте существенно улучшается (Таблица П.47). Обе дозы всех комплексных удобрений обеспечили очень высокий уровень содержания этого элемента в травах во все сроки отбора растительного материала. Можно констатировать, что при внесении высокой дозы удобрений (120 кг/га по д.в. азота) наблюдается

«чрезмерно» высокое содержание фосфора в растениях, особенно на вариантах с выравненным (1:1:1) соотношением питательных элементов.

В 2022 г. при более благоприятных для растений климатических условиях содержание фосфора в растениях 2,3,4 проб значительно ниже, что связано, в первую очередь с более интенсивным ростом биомассы. Большой интерес представляет химический состав растений после выхода из зимнего периода покоя (1 укос) при достаточно низких температурах в мае месяце.

Здесь на всех вариантах содержание фосфора в 2-3 раза ниже, чем в пробах растений газонных трав, отобранных во втором укосе. К 4 укосу содержание фосфора практически достигает уровня 2021 г. Максимальные уровни содержания этого элемента также наблюдаются на высокой дозе удобрений с выравненным (1:1:1) соотношением питательных элементов (рис. 25, Таблица П.48).

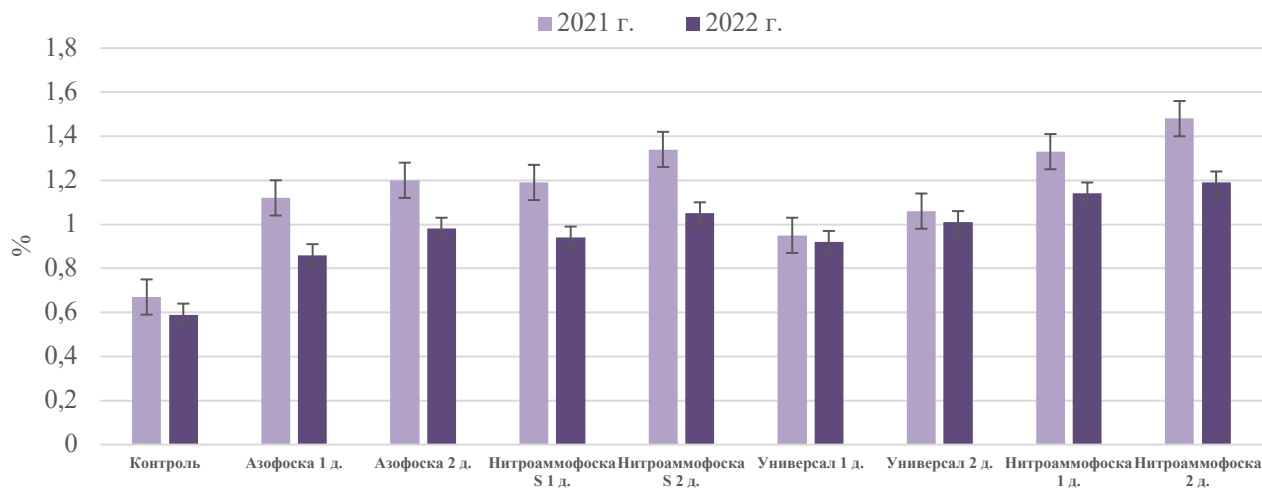


Рисунок 25. Содержание фосфора в растениях в конце вегетации, %. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,08, в 2022 г. - 0,05).

Почва выбранного участка газона характеризовалась повышенным содержанием подвижного калия. На контрольном варианте после подсева трав на проплешинах, отмечается снижение содержания подвижного калия в 2021 и

2022 гг. Применение всех комплексных удобрений в обеих дозах повышало содержание этого элемента в почве и поддерживало его на высоком уровне (рис. 26, Таблица П.63, 65-66).

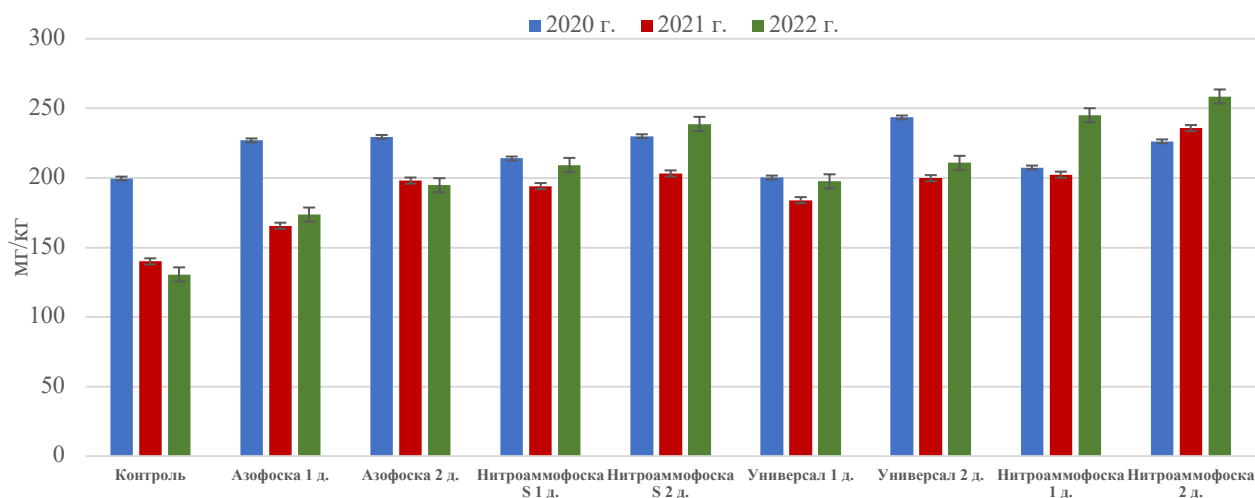


Рисунок 26. Содержание подвижного калия в почве в конце вегетационных периодов в 2020-2022 гг., мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HCP_{0,05}$ (в 2020 г. – 1,37, в 2021 г. – 2,2, в 2022 г. – 5,1).

Интересно отметить тот факт, что в первый год внесения всех минеральных удобрений содержание калия в растениях находилось примерно на одном уровне, что вероятно связано с достаточно высоким уровнем калия в почве, а также с погодными условиями (выпадение осадков), что могло снижать содержание калия в листьях газонных трав. В 2021 г. содержание калия в растениях газонных трав мало отличалось по вариантам опыта, оно было достоверно выше, чем на контрольном варианте, но увеличение дозы удобрений и содержания калия в почве не оказало влияния на содержание этого элемента в растениях (Таблица П.50). В 2022 г. погодные условия были более благоприятными для роста и развития газонных злаков. Содержание калия в растениях на всех вариантах с комплексными удобрениями увеличилось примерно в 2 раза по сравнению с 2021 г., на контрольном варианте оно было несколько ниже, чем в предыдущем году (Таблица П.51). С увеличением дозы всех комплексных удобрений, содержание калия достоверно увеличивалось.

Следует отметить, что при внесении 1 и 2 доз удобрения Универсал, содержание калия было ниже, чем на вариантах с аналогичными дозами азофоски, нитроаммофоски S и нитроаммофоски (рис. 27).

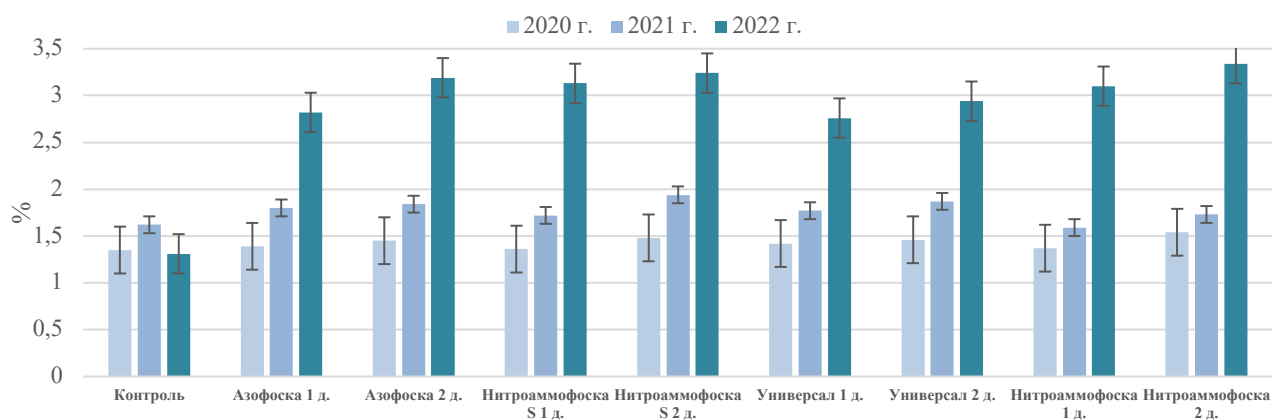


Рисунок 27. Содержание калия в растениях после укоса в августе в 2020-2022 гг., %. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HC_{0,05}$ (в 2020 г. – 0,25, в 2021 г. – 0,09, в 2022 г. – 0,21).

Почва участка под газонными травами до закладки опыта характеризовалась по классификации Обухова (Обухов, 1992) средней обеспеченностью кислотрастворимых форм меди и цинка. Внесение всех доз комплексных удобрений, кроме двойной дозы удобрения Универсал, не повлияло значительно в течение всего периода проведения опыта на содержание кислотрастворимых форм этих элементов (рис.28, Таблица П.67-70).

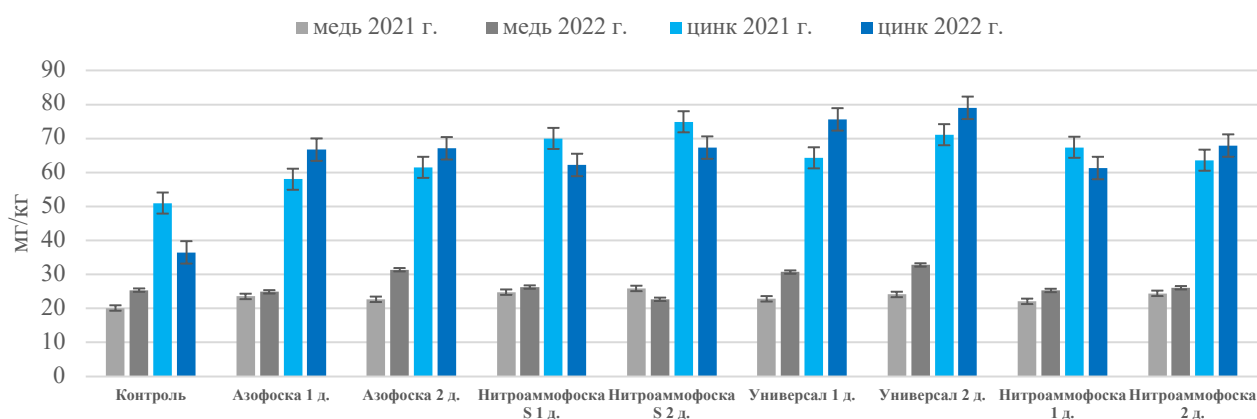


Рисунок 28. Содержание в почве кислотрастворимых форм меди и цинка после последнего укоса, мг/кг (вытяжка 1 М HCl). Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HC_{0,05}$ (медь в 2021 г. – 0,8, медь в 2022 г. – 0,5, цинк в 2021 г. – 3,1, цинк в 2022 г. – 3,3).

Содержание меди в газонных травах в 2021 г. колебалось в интервале от 5,29 мг/кг на контрольном варианте до 8,83 мг/кг на варианте с использованием удобрения универсал, содержащим медь. Эти значения содержания меди являются оптимальными для газонных трав. В течение вегетации на всех вариантах и во все сроки отбора содержание меди находилось в пределах оптимума, что не было отмечено в 2022 г. Самое низкое содержание меди в растениях отмечается в начале июня, поднимаясь к концу вегетации. Оптимальный уровень содержания этого элемента был достигнут только на варианте с 2 дозами удобрения Универсал. Возможно, снижение содержания меди в растениях в этом году связано с ростовым разбавлением (рис. 29, Таблица П. 53-54).

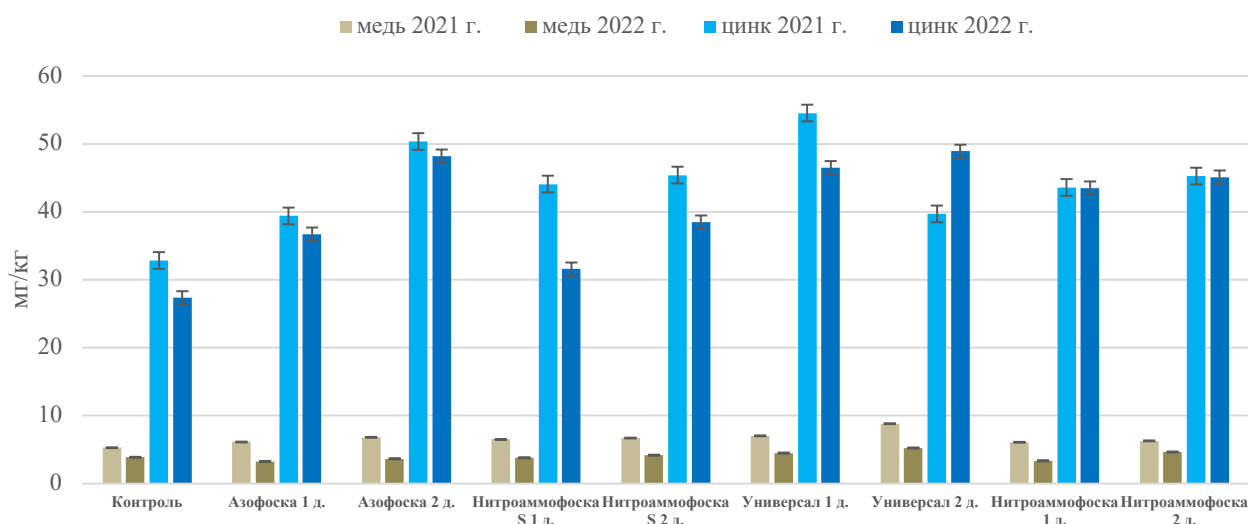


Рисунок 29. Содержание в растениях в конце вегетационного периода меди и цинка, мг/кг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (медь в 2021 г. – 0,06, медь в 2022 г. – 0,08, цинк в 2021 г. – 1,23, цинк в 2022 г. – 0,98).

Содержание цинка в растениях на всех вариантах опыта как в 2021 г., так и в 2022 году находилось в пределах оптимума. В 2021 г., характеризовавшемся низким уровнем биомассы содержание цинка в растениях было выше, чем в 2022 г. Четких закономерностей во влиянии свойств почвы (содержание

фосфора, кислотность) и доз удобрений на поступление цинка в растения не выявлено (Таблица П.55-56).

Эффективность вносимых удобрений так же оценивали по изменению биомассы газонных трав. Биомасса газонных трав может служить первичным интегральным показателем, позволяющим оценить эффективность применяемых в опыте удобрений (Тюльдинов и др., 2002). Измерения величины биомассы газонных трав в опыте за 2020-22 гг. позволяют оценить действие и последствие внесенных в почву удобрений и дают возможность утверждать, что между всеми вариантами опыта имеются статистически значимые различия.

В 2020 г. после внесения удобрений отмечали интенсивное образование новых побегов и кущение трав, что привело к увеличению биомассы на всех вариантах опыта. Существенная разница между вариантами отмечена после второй подкормки. Максимальное значение биомассы наблюдали на вариантах с одинарными и двойными дозами азофоски и нитроаммофоски S с пониженным содержанием фосфора и калия. Минимальные значения – на вариантах с внесением Универсала (Рис. П.4, Таблица П.36). Подобный эффект может быть объяснен химическим составом данного удобрения, так как в его состав входит карбамид (50 %). При внесении удобрения Универсал на поверхность почвы могли происходить непродуктивные потери азота.

В 2021 г. самая высокая биомасса (на 31-60 % выше контрольного варианта) отмечена на вариантах с внесением нитроаммофоски и удобрения Универсал с выровненным соотношением NPK. Вероятнее всего, растения на этих вариантах лучше перенесли зимний период. Внесение удобрений с пониженным содержанием фосфора и калия так же обуславливало увеличение биомассы растений (на 20 % по сравнению с контролем).

При завершении вегетационного периода в 2021 г. был проведен последний укос и подсчет сырой биомассы. Максимальные значения – на вариантах с применением нитроаммофоски в двойной дозе (Таблица П.37).

Ближе к середине вегетационного периода 2021 г. после второй подкормки отмечалось снижение сырой биомассы газонных трав на всех вариантах опыта, что вероятно может быть объяснено высокими дневными температурами (Рис. П.5). При этом максимальные значения после второго укоса наблюдались на вариантах с применением одинарной и двойной доз нитроаммофоски S. Существенные различия между действием изучаемых комплексных удобрений и их дозами более рельефно проявились в 2022 г. (рис 30).

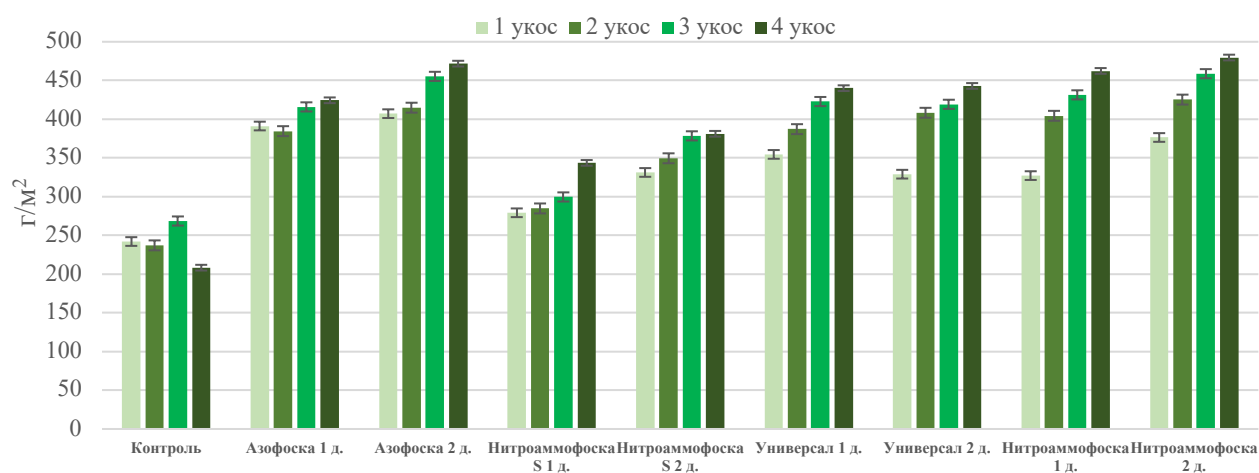


Рисунок 30. Биомасса газонных трав (сырой вес) по укосам в вегетационный период 2022 г. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $НСР_{0,05}$ (1 укос – 5,61, 2 укос – 6,41, 3 укос – 5,9; 4 укос – 3,69).

В 2022 г. при анализе данных, полученных по четырем укосам, отмечали постепенное увеличение сырой биомассы в течение всего вегетационного периода. Самые высокие значения величины суммарной биомассы газонных трав отмечены при внесении двойных доз нитроаммофоски и азофоски. Статистически достоверных отличий между этими вариантами не было (рис. 31, Таблица П.38). Нитроаммофоска и азофоска являлись относительно недорогими и доступными по сравнению со всеми применяющимися в исследовании удобрениями. Основной приоритет при поддержании городских газонов и обеспечении их минерального питания может быть отдан этим удобрениям.

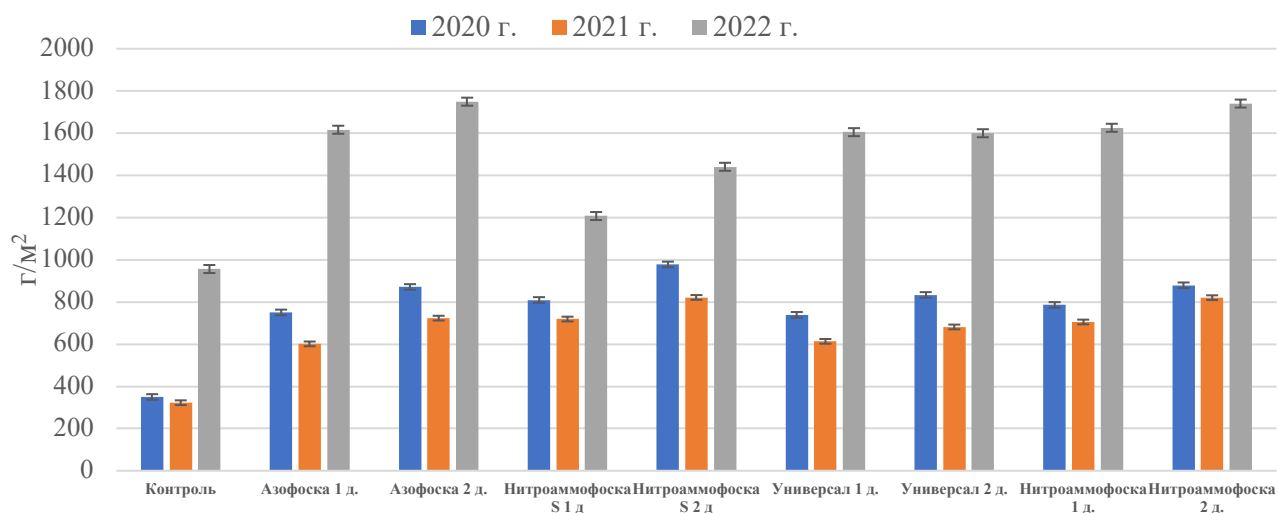


Рисунок 31. Суммарный вес растений всех укосов за вегетационный период 2020-2022 гг. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2020 г – 13,3, в 2021г. – 11,2, в 2022 г. – 19,0).

В 2021 г. погодные условия являлись определяющим фактором, как величины биомассы растений, так и выноса ими азота. Тем не менее, при внесении всех доз и форм удобрений, вынос азота в 1,4-2,0 раза превосходил вынос этого элемента на контрольном варианте. При внесении 60 кг/га азота в этом году минимальный вынос отмечался на варианте с удобрением универсал, при внесении остальных комплексных удобрений вынос азота был примерно одинаковым. При внесении двойной дозы удобрений вынос азота растениями увеличился на 17 %, на варианте с удобрением Универсал он также был ниже, чем на вариантах с аналогичной дозой комплексных удобрений, изучавшихся в опыте, что объясняется величиной биомассы растений. Вынос азота в 2021 г. на всех вариантах опыта не превышал общее количество вносимого азота в почву с удобрениями (рис. 32).

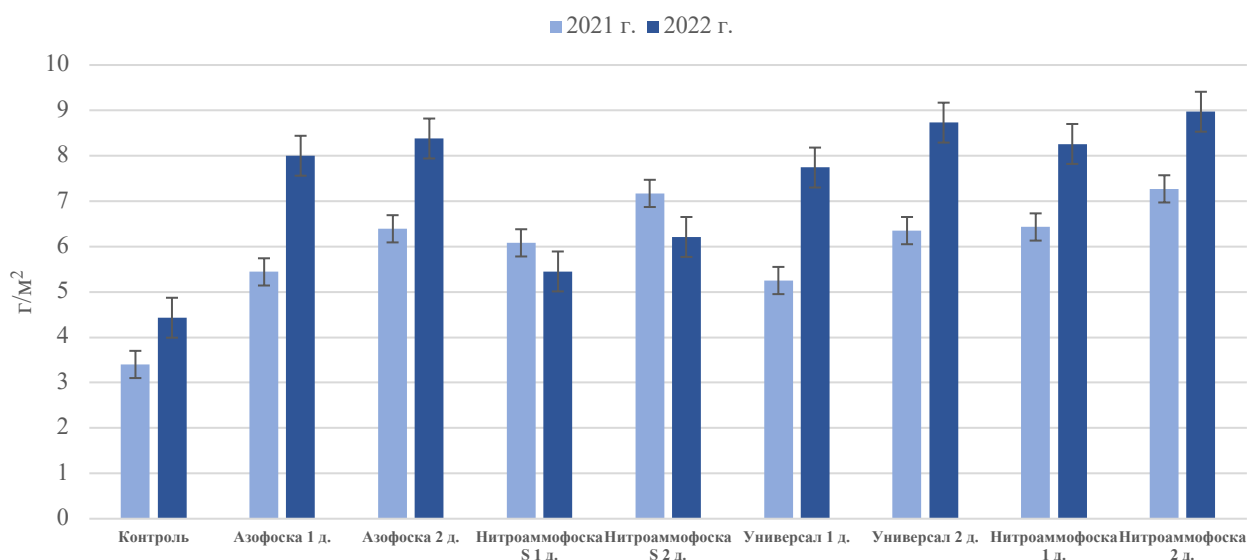


Рисунок 32. Вынос азота растениями из почвы за период вегетации, г/м². Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,3, в 2022 г. - 0,44).

В 2022 г. вынос азота из почвы также определялся величиной биомассы растений. Следует отметить, что максимальный вынос азота наблюдался на обеих дозах азофоски. Аналогичный вынос отмечен при внесении 120 кг/га удобрения Универсал и нитроаммофоски, где высокий вынос определяется не столько величиной биомассы, сколько содержанием азота в ней. При внесении низких доз удобрений в этом году отмечали отрицательный баланс азота (Таблица П.46).

Вынос фосфора из почвы был ниже в 2021 г., чем в 2022 г. и не превышал количество внесенного с удобрениями фосфора в почву. Минимальный вынос фосфора растениями в 2021 отмечен на контроле, а на вариантах с удобрениями – на вариантах с обеими дозами удобрения универсал, при этом не наблюдалось значимых различий между дозами данного удобрения. В 2022 году минимальный вынос фосфора наблюдался на вариантах с нитроаммофоской S в обеих дозах, что связано с величиной биомассы. Вынос фосфора растениями газонных трав на всех вариантах не превышал количества, вносимого с комплексными удобрениями (рис. 33, Таблица П. 49).

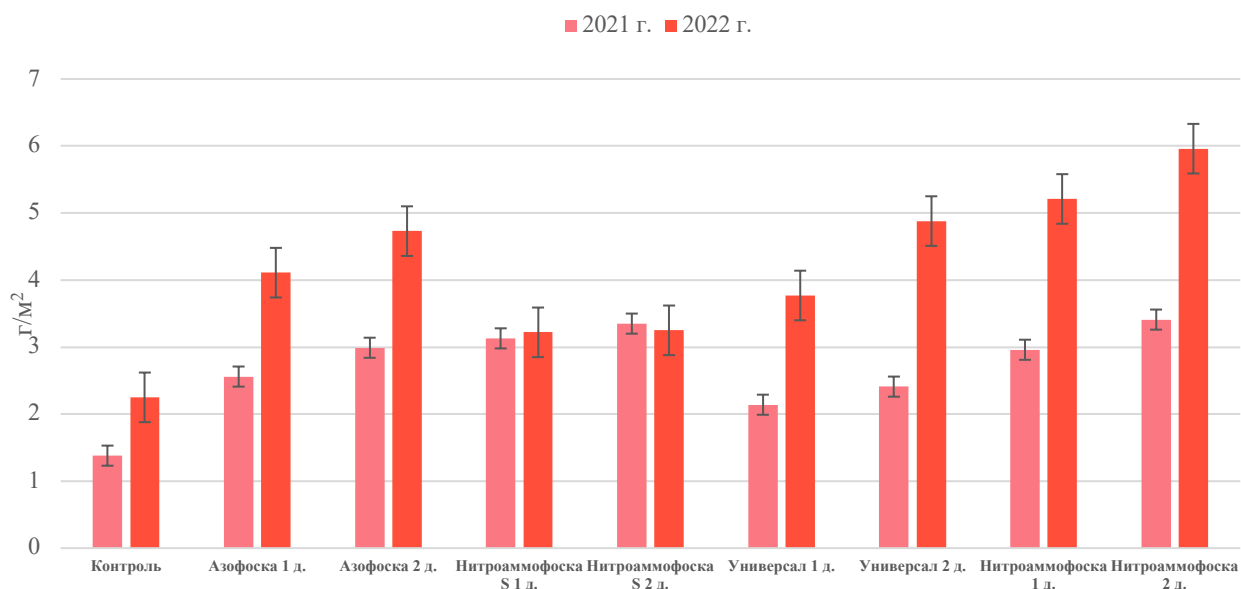


Рисунок 33. Вынос подвижного фосфора из почвы растениями за период вегетации, г/м². Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,15, в 2022 г. - 0,37).

Отчуждение калия из почвы с растениями коррелирует с содержанием калия в растениях. Прослеживается четкая зависимость величины выноса калия от суммарного веса растений за период вегетации (рис. 34, Таблица П.52).

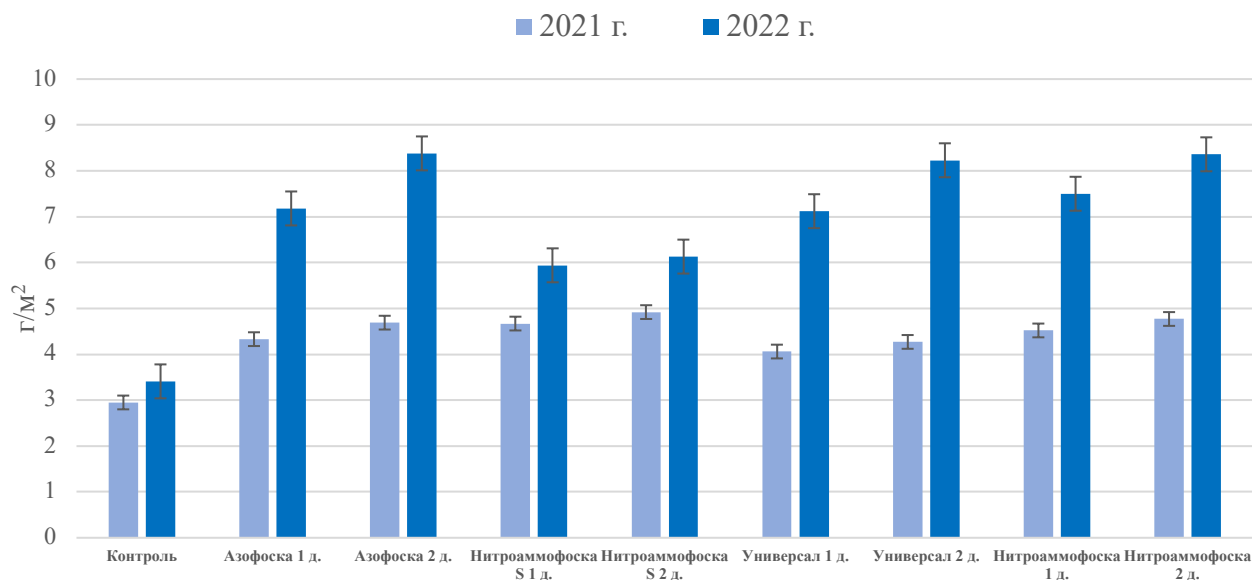


Рисунок 34. Вынос растениями калия из почвы, г/м². Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (в 2021 г. - 0,15, в 2022 г. - 0,37).

Необходимо отметить, что в 2021 г. из-за неблагоприятных погодных условий вынос калия растениями газонных трав был статистически достоверно ниже по сравнению с результатами 2021 г. на всех вариантах опыта. К концу окончания опыта в 2022 г. вынос калия был максимальным на вариантах с удобрением азофоска в двойной дозе. Количество калия, отчуждаемого биомассой газонных трав, не превышало вносимые дозы калия на всех вариантах опыта в 2021 г. и в 2022 г.

Содержание хлорофилла в растениях является показателем качества газона. Самые низкие значения содержания суммы хлорофилла а и b за три года исследований наблюдались на контрольном варианте. В 2020 г. на вариантах содержание суммы хлорофиллов максимально при внесении удобрений Универсал и нитроаммофоска S в двух дозах.

Рассмотрение декоративных характеристик старовозрастного газона в длительной эксплуатации показало, что применение комплексных удобрений и благоприятные погодные условия способствовали повышению декоративных свойств газонных трав после перезимовки. Это подтверждается значимой разницей в биомассе и постепенным увеличением содержания основных фотосинтетических пигментов.

Внесение удобрений оказало влияние на содержание пигментов в листьях газонных трав, достоверно повышаясь от первого укоса к последнему, достигая максимальных значений. Самое низкое содержание хлорофилла было отмечено на контрольном варианте за все годы исследования (рис. 35, Таблица П.40-42). В 2020 г. в вариантах опыта с низкой дозой азота содержание хлорофилла было самым высоким на варианте с применением удобрения Универсал и нитроаммофоска S. При увеличении дозы азота в 2 раза эта закономерность сохранялась.

Интересно рассмотреть влияние погодных условий на произрастание, устойчивость газонных трав и выполнением ими декоративных функций. Июнь и июль 2021 г., согласно рассчитанному гидротермическому коэффициенту Селянинова (по данным метеоцентра МГУ), характеризовались как

засушливый и сухой месяцы, соответственно (ГТК 0,66, и 0,31). Подобные погодные условия не могли не оказать влияние на рост и развитие газонных трав. В 2021 г. в июле отмечено снижение фотосинтетических пигментов по всем вариантам опыта.

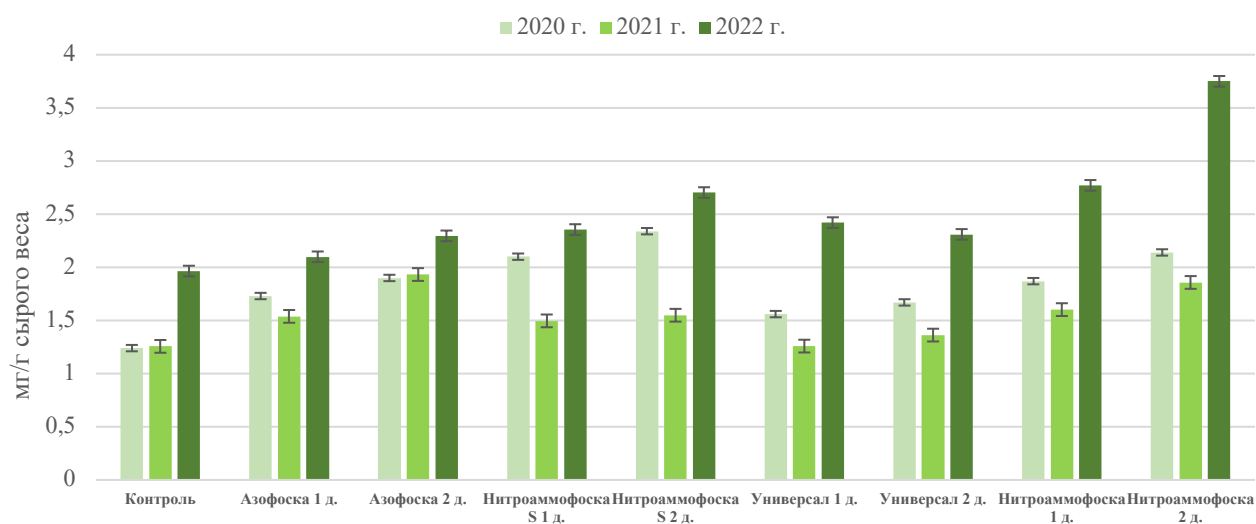


Рисунок 35. Сумма хлорофилла а и b в растениях после укуса в июне, мг/г сырого вещества. Вертикальными линиями на графике отмечено значение $HSP_{0,05}$ (в 2020 г. – 0,03, в 2021 г. – 0,05, в 2022 г. – 0,03).

В 2021 г. растения испытывали температурный стресс, что отразилось на содержании фотосинтетических пигментов, к четвертому укусу растения находились в более благоприятных условиях, так как выпало достаточное количество осадков. Максимальное содержание суммы хлорофилла отмечалось на вариантах с внесением удобрений нитроаммофоска в обеих дозах и удобрении Азофоска в двойной дозе. Внесение водорастворимых форм фосфора более эффективно снимало стресс растений, вызванный засушливыми условиями июня-июля 2021 г.

В 2022 г. максимальное содержание хлорофилла a+b в растениях отмечено в последнем укусе на вариантах с применением удобрений нитроаммофоски в обеих дозах. На вариантах с внесением остальных комплексных удобрений в двойной дозе содержание хлорофилла a+b было достоверно выше, чем на одинарной дозе. Известно, что фотосинтез напрямую связан с содержанием азота в листьях растений (eVans, 1983; saGe et al., 1987;

Lawlor et al., 2001). Рассчитанный коэффициент корреляции между суммой хлорофилла a+b и содержанием общего азота в последнем укосе трав показал тесную положительную связь и составил: в 2021 г. $r^2 = 0,6409$, в 2022 г. $r^2 = 0,7951$.

Внесение комплексных удобрений в 2020-2022 гг. повлияло на повышение декоративных качеств газонных трав, что проявилось в увеличении биомассы и содержании основных фотосинтетических пигментов.

Проективное покрытие газона до проведения опыта в среднем на всех вариантах составляло 75-80 % (табл. 4). При анализе динамики проективного покрытия газона в Ботаническом саду в 2020-2022 гг. было выделено три периода развития газонных трав. Первый период – период после выхода газонных трав из-под снега и первой подкормки изучаемыми в опыте удобрениями. В это время были отмечены высокие темпы роста газонных трав. Второй период – замедление темпов роста вследствие неблагоприятных погодных условий. Третий период – период наибольшей скорости нарастания растительной биомассы до конца августа-начала сентября, когда проективное покрытие старовозрастного газона достигало максимума.

Таблица 4. Проективное покрытие газонных трав во время проведения опыта 2, %.

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.		2022 г.
	20.07.	15.08.	27.05.	03.08.	6.08
Контроль	80	80	75	90	90
Азофоска 1 д.	80	90	80	100	100
Азофоска 2 д.	85	95	85	100	100
Нитроаммофоска S 1 д.	80	95	90	100	100
Нитроаммофоска S 2 д.	83	95	90	100	100
Универсал 1 д.	80	90	85	95	95
Универсал 2 д.	82	90	85	95	95
Нитроаммофоска 1 д.	85	95	90	100	100
Нитроаммофоска 2 д.	85	95	90	100	100

За время исследования этот показатель увеличивался на всех вариантах опыта и достиг 100 % к завершению эксперимента (кроме вариантов Контроль и Универсал в 1 и 2 дозах). Проведение регулярных подкормок в течение летнего сезона позволило значительно увеличить плотность травостоя.

Проведенные исследования продемонстрировали, что наиболее густая и плотная биомасса газонных трав образовывалась на вариантах с использованием двух видов Нитроаммофоски в дозе 60 кг азота по д.в. и 120 кг азота по д.в. на га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влияние применения комплексных минеральных удобрений, традиционных азотных удобрений и удобрений пролонгированного действия проявлялось в увеличении биомассы растений, проективного покрытия газонных трав, содержания хлорофилла и оптимизации азотного питания растений.

Отмечено, что использование капсулированной мочевины пролонгированного действия снимает необходимость проведения регулярных подкормок газонных трав летом. Внесение гранулированной мочевины при закладке новых и при однократном внесении под существующие газоны может рассматриваться в качестве эффективного приема, обеспечивающего высокое качество газонного покрытия. В засушливое время года капсулированная мочевина может уступать по своей эффективности внесению мочевины в виде раствора. В целом, при высоких температурах технологический прием в виде дробного внесения растворов мочевины был эффективнее дробного внесения гранулированной мочевины, что подтверждается высоким содержанием азота в растениях.

Продemonстрировано, что при создании новых газонов на искусственных почвогрунтах происходило увеличение содержания азота в растениях газонных трав при использовании гранулированной и капсулированной мочевины, что свидетельствовало о оптимизации азотного питания растений. Применение капсулированной мочевины обеспечивало постепенное высвобождение амидного азота из капсул удобрений. Амидный азот, перманентно поступая в почвенный раствор и подвергаясь аммонификации и нитрификации, обеспечивал оптимальное питание растений газонных трав. Полученные результаты по изучению динамики соотношения аммонийного и нитратного азота в почвогрунте продемонстрировали гармоничное протекание процессов нитрификации при использовании капсулированной мочевины и смеси гранулированной и капсулированной мочевины.

На газонах, находящихся в длительной эксплуатации, произрастающих на почвах с высоким содержанием фосфора и калия, отсутствовала необходимость в применении выровненных доз этих элементов. По полученным данным, подкормки должны осуществляться дробно не реже одного раза в месяц, а нормы вносимых удобрений следует корректировать с учетом погодных условий.

ВЫВОДЫ

1. При создании новых газонов на искусственных (насыпных субстратах) в условиях г. Москвы наилучший эффект получен от однократного применения капсулированной мочевины и сочетания этого удобрения с гранулированной мочевиной, что проявилось в увеличении биомассы, проективного покрытия, оптимизации азотного питания растений и содержания в них фотосинтетических пигментов.
2. На старовозрастных газонах, выращиваемых на урбаноземах, максимальная биомасса растений, 100% проективное покрытие и самое высокое содержание фотосинтетических пигментов наблюдалось на варианте с применением двойной дозы по азоту Нитроаммофоски.
3. Дробное внесение на поверхность нового газона растворенных минеральных удобрений в дозе 60 кг азота по д.в. уступало по своей эффективности в обеспеченности газонообразующих злаков азотом, фосфором и калием однократному применению капсулированной и смеси капсулированной и гранулированной мочевины в аналогичной дозе.
4. На газоне, растущем на почвах с высоким содержанием фосфора и калия, нет необходимости во внесении одинаковых (выровненных) доз азота, фосфора и калия. Была показана высокая эффективность дробного не реже 1 раза в месяц, внесения комплексных удобрений с невысоким содержанием фосфора и калия.
5. Показано, что для поддержания стабильного режима питания растений старого газона макроэлементами необходимо дробное (в 4 приема) внесение комплексных удобрений, достижение оптимального содержания азота, фосфора и калия в растениях отмечается при внесении двойной дозы нитроаммофоски ($N_{120}P_{120}K_{120}$ кг/га).
6. Динамики выноса питательных макро- и микроэлементов злаками нового газона свидетельствует о необходимости корректировки дозы

азотных и калийных удобрений. По мере развития дернины газона количество отчуждаемых питательных элементов возрастает.

7. На старовозрастном газоне на низкой дозе только удобрения Универсал (60 кг/га д.в.NPK) складывается положительный баланс по азоту, фосфору и калию, что связано с низкой величиной биомассы. Для других комплексных удобрений (нитроаммофоска, нитроаммофоска S и азофоска) положительный баланс азота и калия складывается при внесении их в двойной дозе.
8. Ежегодное изучение динамики соотношения аммонийного и нитратного азота в почвогрунте нового газона в почвогрунтах свидетельствует о более гармоничном протекании процесса нитрификации при внесении капсулированной мочевины и смеси капсулированной и гранулированной мочевины, так как не происходило накопление аммиачных форм этого элемента. В отличие от газонов, находящихся в длительной эксплуатации.
9. Применение удобрений в виде водных растворов и удобрений, содержащих полный комплекс микроэлементов, не изменяло изученных показателей в почвах, почвогрунтах и в растениях.
10. Вынос питательных макро- и микроэлементов растениями из субстратов газонов в год с благоприятными климатическими условиями был выше, чем количество внесенных удобрений, поэтому, по мере увеличения срока эксплуатации газонного покрытия, дозы вносимых удобрений необходимо корректировать в сторону увеличения до внесения комплексных удобрений в дозе 120 кг/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Е.В., Надемьянов В.Ф., Маслюк Н.В. Оценка качества зеленных насаждений (на примере газонов общего пользования г. Красноярска) // Системы, методы, технологии. Красноярск. – 2013. – № 3(19). – С. 196-201.
2. Алтухов А.И., Сычев В.Г., Винничек Л.Б. Российский рынок минеральных удобрений: проблемы и возможности решения // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. № 5. – 2019. – С. 91-98.
3. Анищенко И.Е. Газоны в городе: эколого-фитоценотический аспект // Экология фундаментальная и прикладная. Проблемы урбанизации Материалы международной научной практической конференции / под ред. В.Н. Большакова. Екатеринбург. – 2005. – С. 42–44.
4. Анищенко И.Е., Голованов Я.М., Жигунов О.Ю., Абрамова Л.М. Растительность газонов города Уфа (Республика Башкортостан) // Растительность России. № 36. – 2019. – С. 25–40.
5. Бабикова С.А. Потребители рынка минеральных удобрений // E-Scio. №3. – 2022. – 11 с.
6. Белова А.Е., Исаков А.Н. Особенности формирования газонных травостоев на дерново-подзолистых супесчаных почвах Калужской области в зависимости от состава травосмесей и уровней минерального питания//» Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» Материалы XI международной конференции, г. Брянск, –2014. –С.13-15.
7. Битюцкий Н.П. Минеральное питание растений / Н.П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, – 2014. – 540 с.
8. Вакуленко В.В. Декоративное садоводство: пособие для учителей / В.В. Вакуленко. – М.: Просвещение, 1982. – 127 с.
9. Вильямс В.Р. Собрание сочинений / В.Р. Вильямс. Сельхозгиз, т. X, 1952. – 366 с.

10. Волкова Л.Б., Соболев Н.А. Разнотравный газон в современной концепции озеленения городов (на примере Москвы) // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. – 2015. - № 5. – С. 145-152.
11. Воскресенская О.Л. Содержание общего фосфора в вегетативных органах газонных растений в условиях городской среды / Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. - № 2(30). – С. 14-22.
12. Гречушкина-Сухорукова Л.А. Экологическая ситуация и особенности выращивания газонов в степной зоне России // Юг России: экология, развитие. - № 3. – 2010. - С. 23–32.
13. Ерема И.А., Созинов О.В. Газоноведение / И.А. Ерема, О.В. Созинов. – Гродно: ООО «ЮрСапринт». – 2015. – 65 с.
14. Жарикова Е.А. Оценка основных свойств почв лесных и парковых территорий города Владивостока // Вестн. Бурятской государственной с/х академии им. В.Р. Филиппова. - № 1. – 2010. – С. 40–46.
15. Закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»
16. Золотарев В.Н. Культура райграса однолетнего. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 332 с.
17. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
18. Кисилева И.П. Использование удобрений на декоративных газонах и агротехника выращивания семенников газонных трав – Москва ЦБНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1981. – 37 с.
19. Князева Т.П., Князева Д.В. Газоны. – М.: Вече, 2004. – 176 с.
20. Коломейченко В.В. Растениеводство – М.: Агробизнесцентр, 2007. – 600 с.
21. Корчагина К.В. Оценка загрязнения городских почв тяжелыми металлами с учетом профильного распределения их объемных концентраций; дис. ... канд. биол. наук: 03.02.13. – Москва, 2014. – 145 с.

- 22.Куринская Л.В. Фитомелиоративная роль газонов в городских условиях // Стратегия развития регионов России. - № 11. - 2012. - С. 141–143.
- 23.Ладыженская О.В., Тазина С.В., Тазин И.И., Фильцына Ю.Г., Шарафутдинов Х.В. Влияние удобрений различного действия на рост и развитие растений травосмеси Barenbrug // Вестник КрасГАУ. №11 (164). – 2020.
- 24.Лазарев Н.Н., Гусев М.А. Комплексная оценка видов и сортов газонных трав в условиях Московской области // Известия ТСХА. - 2011. - № 3. – С. 89-97.
- 25.Лаптев А.А. Газоны. – Киев: Наукова думка, 1983. - 176 с.
- 26.Лукиных Г.Л. Газон как прием создания устойчивой среды современного города Среднего Урала // Вестник КрасГАУ. - 2013. - № 12. – С. 87-91.
- 27.Лыжин Д.Н. Современные тенденции мирового рынка минеральных удобрений и средств защиты растений: конкурентные позиции России //Проблемы национальной стратегии. - 2016.- Т. 3. - №. 36. – С. 123-141.
- 28.МДС13-5.2000: Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации. Утв. Приказом Госстроя РФ от 15.12.1999 № 153.
- 29.Мухина М.Т., Боровик Р.А., Коршунов А.А. Удобрения пролонгированного действия: основные этапы и направления развития. Плодородие. – 2021. – № 4 (121). - С. 77-82.
- 30.Обухов А.И. Методические основы разработки ПДК тяжёлых металлов и классификация почв по загрязнению // Система методов изучения почвенного покрова, деградированного под влиянием химического загрязнения: сб. науч. трудов. – М.: МГУ, 1992. – С. 13-20.
- 31.Панина, М.А. Влияние агрохимических средств на состояние газонных трав в условиях мегаполиса / М.А. Панина, М.Е. Смирнова, Д.Д. Госсё // Сб. науч. тр. / МГУ. - Москва. – 2017. – С. 181-182.
- 32.Пироговская Г.В. Медленнодействующие удобрения. – Минск: Академия Аграрных Наук Республики Беларусь, 2000. – 287 с.

- 33.Постановление Правительства Москвы от 10.09.2002 N 743-ПП (ред. от 03.09.2019) "Об утверждении Правил создания, содержания и охраны зеленых насаждений и природных сообществ города Москвы"// Вестник Мэра и Правительства Москвы. – № 51. – 2002.
- 34.Практикум по агрохимии. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
- 35.Распоряжение Мэра Москвы от 17.06.1999 г. № 624-РМ. Приложение.
- 36.Ринькис Г.Я. Методы ускоренного колориметрического определения микроэлементов в биологических объектах - Рига: Изд-во Академия наук Латвийской ССР, 1963. – 123 с.
- 37.Селянинов Г.Т. О сельскохозяйственной оценке климата // Труды по сельскохозяйственной метеорологии, вып. 20. - Л.: Гидрометеиздат, 1928. – С. 165-177.
- 38.Серегин М.В. Оценка качества городского газона при благоустройстве // E-Scio. – 2020. – №1 (40). – С. 4.
- 39.Смагин А.В. Критерии и нормативы экологической оценки городских почвенных ресурсов // Экологический вестник Северного Кавказа. - 2008. - № 4. - С. 24–41.
- 40.Сокольская О.Б. Садово–парковое искусство – М.: Лань, 2013. – 584 с.
- 41.Сокольская О.Б., Бакурская М.Э. Особенности современных направлений создания газонов в объектах озеленения населенных пунктов: зарубежный опыт // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2010. - № 26. – 4 с.
- 42.Тен А. Г. Овсяница луговая. Кормопроизводство. — М.: Колос, 1982. – 463 с.
- 43.Теодоронский В.С. Строительство и эксплуатация объектов ландшафтной архитектуры. – М.: Академия, 2006. – 352 с.
- 44.Тисова Л.Н., Романов В.Н., Демиденко Г.А. Агротехнология выращивания многолетних трав в газонной культуре юга Красноярского края // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 5. – С. 54-61.
- 45.Третьяков Н.Н., Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А. Практикум по физиологии растений — М.: Агропромиздат, 1990. — 271 с.

- 46.Трузина Л.Т. Однолетний райграс на сено и зелёный корм // Главный агроном. - 2012. - № 4. - С. 36–37.
- 47.Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Парахин Н.В. Газоноведение и озеленение населенных территорий. - М.: Колос, 2002. - 264 с.
- 48.Указ Президента РФ № 440 от 01.04.1996 г. О концепции перехода Российской Федерации к устойчивому развитию
- 49.Уразбахтин З.М. Создание и содержание городских газонов. - М.: 2004. – 112 с.
- 50.Федоров И.Д. Трансформация почвенного покрова при формировании жилых массивов // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. – 2006. - № 1. -. С. 3–9.
- 51.Хессайон Д. Г. Всё о газоне — Москва: Кладезь-Букс, 2007. – 128 с.
- 52.Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур – М.: Агропромиздат, 1990. – 234 с.
- 53.Шкаринов В.А., Васильева О.В. Травянистые растения различных видов при устройстве садово-парковых газонов: Учебное пособие для слушателей ФПК МГУЛ. Часть 1. – М.: МГУЛ, 2004. – 59 с.
- 54.Шуршин К.А., Большева Т.Н. Влияние минеральных удобрений на продуктивность растений рулонного газона, выращиваемого на верховом торфе // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 4. – С. 33– 36.
- 55.Шуршин К.А., Большева Т.Н. Эффективность минеральных удобрений при выращивании газонных трав на осушенных верховых торфяниках // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 3. – С. 30-35.
- 56.Allen S.C., Nair V.D., Graetz D.A., Jose S., Ramachandran Nair P.K. Phosphorus loss from organic versus in- organic fertilizers used in alleycropping on a Florida Ultisol // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2006. – Vol. 117. – P. 290–298.

57. Alonso R., Vivanco M.G., Gonzáles Fernández I., Bermejo V., Palomino I., Garrido J.L., Elvira S., Salvador P., Artíñano B. Modelling the influence of peri-urban stress in the air quality of Madrid region (Spain) // *Environmental pollution*. – 2011. – Vol. 159. – P. 2138-2147.
58. Azeem B., Kushaari K., Man Z.B., Basit A., Thanh T.H. Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer // *Journal of Controlled Release*. – 2014. – Vol. 181. – P. 11-21.
59. Azeem B., KuShaari K., Naqvi M., Keong L.K., Almesfer M.K., Al-Qodah Z., Naqvi S.R., Elboughdiri N. Production and characterization of controlled release urea using biopolymer and geopolymer as coating materials // *Polymers*. – 2020. – Vol. 12. – 30 p.
60. Badruzzaman M., Pinzon J., Oppenheimer J., Jacangelo J.G. Sources of nutrients impacting surface waters in Florida: A review // *Journal of Environmental Management*. – 2012. – Vol. 109. – P. 80-92.
61. Beard J.B. Genotype diversity in evapotranspiration rates within seven major turfgrass species // *Texas Turfgrass Research*. – 1990. – P. 40-42.
62. Beard J.B., Green R.L. The Role of Turfgrasses in Environmental Protection and Their Benefits to Humans // *Journal of Environmental Quality*. – 1994. – V. 23. – P. 452-460.
63. Blackshaw R.E., Hao X., Harker K.N., O'Donovan T.J., Johnson E.N. Barley productivity response to polymer-coated urea in a no-till production system // *Agronomy Journal*. – 2011. - №103. – P. 1100–1105.
64. Boeker P. Root development of selected turf grass species and cultivars // *Proceedings of the Second International Turfgrass Research Conference*. – 1974. – P. 55-61.
65. Branham B. Leaching of pesticides and nitrate in turfgrasses. In: J.B. Beard and M.P. Kenna (eds.) // *Water quality and quantity issues for turfgrasses in urban landscapes*. – 2008. – P. 107–120.

- 66.Burgin S. What about biodiversity? Redefining urban sustainable management to incorporate endemic fauna with particular reference to Australia // *Urban Ecosystems*. – 2016. – Vol. 19 – P. 669–678.
- 67.Cabrera R.I. Analysis, Comparative evaluation of nitrogen release patterns from controlled-release fertilizers by nitrogen leaching // *American Society for Horticultural Science*. – 1997. – Vol. 32. – P. 669–673.
- 68.Cao C., Chen L., Gao W., Chen Y., Yan M. Impact of planting grass on terrene roads to avoid soil erosion. *Landscape and Urban Planning*. – 2006. – Vol. 78. – P. 205-216.
- 69.Carpenter S.R., Caraco N.F., Correll D.L., Howarth R.W., Sharpley A.N., Smith V.H. Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen // *Ecological Applications*. – 1988. – Vol. 8. – P. 559-568.
- 70.Carpita N.C. Structure and biogenesis of the cell walls of grasses // *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. – 1996. – Vol. 47. – P. 445–476.
- 71.Carrow R.N., Stowell L., Gelernter W., Davis S., Duncan R.R., Skorulski J. Clarifying soil testing: III. SLAN sufficiency ranges and recommendations. // *Golf Course Management*. – 2004. – Vol. 72. – P. 194-197.
- 72.Chen H., Yang T., Xia Q., Bowman D., Williams D., Walker J.T., Shi W. The extent and pathways of nitrogen loss in turfgrass systems: Age impacts // *Science of the Total Environment*. – 2018. – P. 746-757.
- 73.Cheng Z., Richmond D.S., Salminen S.O., Grewal P.S. Ecology of urban lawns under three common management programs // *Urban Ecosystems*. – 2008. – V. 11. – P. 177-195.
- 74.Christianson C.B. Factors affecting N release of urea from reactive layer coated urea // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. – 1988. – Vol.16. – P. 273–284.
- 75.Connell J.A., Hancock D.W., Durham R.G., Cabrera M.L., Harris G.H. Comparison of enhanced-efficiency nitrogen fertilizers for reducing ammonia loss and improving bermudagrass forage production // *Crop Science*. – 2011. – V. 51. – P. 2237-2248.

76. Côté L., Grégoire G. Reducing nitrate leaching losses from turfgrass fertilization of residential lawns // *Journal of Environmental Quality*. – 2021. – Vol. 50. – P. 1145–1155.
77. Cui X., He H., Hu S. Zhang B., Cai H. Synergistic Interaction between Copper and Nitrogen-Uptake, Translocation, and Distribution in Rice Plant // *Plants*. – 2022. – № 11. – P. 2612-2628.
78. Dentener F. Nitrogen and sulfur deposition on regional and global scales: a multimodel evaluation // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2006. – Vol. 20. – 21 p.
79. Drost D., Koenig R., Tindall T. Nitrogen use efficiency and onion yield increased with a polymer-coated nitrogen source // *HortScience*. – 2002. – V. 37. – P. 338-342.
80. Engelsjord M.E., Singh, B.R. Effects of slow-release fertilizers on growth and on uptake and leaching of nutrients in Kentucky bluegrass turfs established on sand-based root zones // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1997. – Vol. 77, № 3. – P. 433–444.
81. Erisman J.W, Shaap M. The need for ammonia abatement with respect to secondary PM reductions in Europe. *Environmental Pollution*. – 2004. – Vol. 129. – P. 159–163.
82. Falk J.H. The primary productivity of lawns in temperate environment // *Journal of applied Ecology*. – 1980. – Vol. 17, № 3. – P. 689-695.
83. Fields S. Global Nitrogen: Cycling out of control // *Environmental Health Perspectives*. – 2001. – Vol. 112. – P. 556-563.
84. Folke C., Jansson Å., Rockström J., Olsson P., Carpenter S.R., Chapin F.S., Crépin A.S., Daily G., Danell K., Ebbesson J., Elmqvist T., Galaz V., Moberg F., Nilsson M., Österblom H., Ostrom E., Persson Å., Peterson G., Polasky S., Steffen W., Walker B., Westley F. Reconnecting to the Biosphere, *AMBIO*. – 2011. – Vol. 40, № 7. – 719 p.
85. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Current world fertilizer trends and outlook to 2011/2012. Rep. Rome: FAO. – 2008.

86. Geron C.A., Danneberger T.K., Traina S.J., Logan T.J., Stree J.R. The effects of establishment methods and fertilization nitrate leaching from turfgrass // *Journal of Environmental Quality*. – 1993. – Vol. 22. – P. 119–125.
87. Gilbert, O.L. The ecology of urban environments. Chapman and Hall, London. – 1989.
88. Gismeteo <https://www.gismeteo.ru> (дата обращения 12.02 2024)
89. Golden B.R., Slaton N.A., Norman R.J., Wilson C.E., DeLong R.E. Evaluation of polymer-coated urea for direct-seeded, delayed-flood rice production // *Soil Science Society of America Journal*. – 2009. – Vol. 73. – P. 375–383.
90. Gould F.W. Grass systematics // McGraw-Hill, New York – 1968.
91. Greenbaum, A. Lawn as a Site of Environmental Conflict: PhD dissertation, Department of Sociology, York University, Toronto, Canada
92. Guertal E.A. Slow- release Nitrogen Fertilizers in Vegetable Production: A Review // *HortTechnology*. – 2009. – Vol. 19, № 1. – P. 16-19.
93. Guillard K. New England regional nitrogen and phosphorus fertilizer and associated management practice recommendations for lawns based on water quality considerations // *Turfgrass Nutrient Management Bulletin*. University of Connecticut. – 2008. – 10 p.
94. Guillard K., Kopp K.L. Nitrogen fertilizer form and associated nitrate leaching from cool-season lawn turf // *Journal of Environmental Quality*. – 2004. – Vol. 33. – P. 1822–1827.
95. Henry J.M., Gibeault V.A., Lazaneo V.F. Practical lawn fertilization // *Agriculture and Natural Resources*. – 2002. – P.1–9.
96. Hummel N.W. Resin-coated urea evaluation for turfgrass fertilization // *Agronomy Journal*. – 1989. – Vol. 81. – P. 290-294.
97. Ignatieva M. Lawn Alternatives in Sweden: From Theory to Practice. Manual // Swedish University of Agricultural Sciences: Uppsala, Sweden. – 2017. – 159 p.

98. Ignatieva M., Haase D., Dushkova D., Haase A. Lawns in Cities: From a Globalised Urban Green Space Phenomenon to Sustainable Nature-Based Solutions // *Land*. – 2020. – Vol. 9. – 27 p.
99. Jahns T, Kaltwasser H. Mechanism of microbial degradation of slow-release fertilizers // *Journal of Polymers and the Environment*. – 2000. – Vol. 8. – P. 11–16.
100. Kasperidus H.D. Stadte, Urbanisierung und Struktur der Stadt aus okologischer Sicht // *Stadtökologie und Kleingarten – verbesserte Chancen für die Umwelt*. – 2002. – P. 27-49.
101. Kaufman A.J., Lohr V.I. Where the lawn mower stops: The social construction of alternative front yard ideologies. In: C. A. Shoemaker (Ed.) *Interaction by design: Bringing people and plants together for health and well-being (An international symposium)* // Iowa State Press. – 2002. – P. 291-300.
102. Kelling K.A., Matocha J.E. Plant analysis as an aid in fertilizing forage crops. In R.L. Westerman (ed.) *Soil testing and plant analysis*. 3rd ed. SSSA Book Ser. 3. SSSA, Madison, WI. – 1990. – P. 603–643.
103. Kleiber T., Komosa A. Influence of increasing nitrogen fertilization on content of microelements in grasses cultivated on ornamental lawns // *Journal of Elementology*. – 2011. – Vol. 16, № 2. – P. 195-203.
104. Kleiber T., Komosa A., Niewiadomska. A. Optimization of lawn fertilization with nitrogen. Part I. Soil resources, yield and ornamental values of turf // *Ecological Chemistry and Engineering A*. – 2009. – Vol. 16, № 9. – P. 1159-1170.
105. Krans J.J., K. Morris. Determining a profile of protocols and standards used in the visual field assessment of turfgrasses: A survey of national turfgrass evaluation program-sponsored university scientists // *Applied Turfgrass Science*. – 2007.
106. Landschoot P. Turfgrass fertilization: a basic guide for professional turfgrass managers // The Pennsylvania State University, University Park, PA. – 2003.
107. Lassaletta L., Billen G., Grizzetti B., Anglade J., Garnier J. 50 year trends in

- nitrogen use efficiency of world cropping systems: the relationship between yield and nitrogen input to cropland // *Environmental Research Letters*. – 2014. – 18 p.
108. Lawlor D.W., Llemaitre G., Gastal F. Nitrogen, plant growth and crop yield // *Plant nitrogen*. – 2001. – P. 343-367.
109. LeMonte J.J., Jolley Von D, Summerhays J.S., Terry R.E., Hopkins B.G. Polymer Coated Urea in Turfgrass Maintains Vigor and Mitigates Nitrogen's Environmental Impacts // *PLOS ONE*. – 2016. – P. 1-13.
110. Lubkowski K. Environmental impact of fertilizer use and slow release of mineral nutrients as a response to this challenge // *Polish Journal of Chemical Technology*. – 2016. – Vol. 18. – P. 72–79.
111. Mangiafico S.S., Guillard K. Cool-Season Turfgrass Color and Growth Calibrated to Leaf Nitrogen // *Crop Sci*. – 2007. – Vol. 47. – P. 1217-1224.
112. Martinez N.G., Bettez N.D., Groffman P.M. Sources of variation in home lawn soil nitrogen dynamics // *Journal of Environmental Quality* – 2014. – V. 43, № 6. – P. 2146–2151.
113. Mensink M., Rene G.A. Effect of nitrogen supply on size and morphology of root system of perennial grasses from contrasting habitats // *Plants and soil*. – 1990. – Vol. 129. – P. 291-299.
114. Mikula K. Controlled release micronutrient fertilizers for precision agriculture – a review // *Science of the Total Environment*. – 2020. – Vol. 712. – 39 p.
115. Milesi C., Running S.W., Elvidge C.D., Dietz J.B., Tuttle B.T., Nemani R.R. Mapping and Modeling the Biogeochemical Cycling of Turf Grasses in the United States // *Environmental Management*. – 2005. – Vol. 36. – P. 426-438.
116. Monteiro J.A. Ecosystem services from turfgrass landscapes // *Urban Forestry and Urban Greening*. – 2017. – Vol. 26. – P. 151–157.
117. Morris K.N., Shearman R.S. NTEP Turfgrass Evaluation Guidelines. – 2012. – Vol. 8. – 5 p.

- 118.Motavalli G., Motavalli P.P., Goyne K.W., Udawatta R.P. Environmental impacts of enhanced - efficiency nitrogen fertilizers // Crop Management. – 2008. – Vol. 7. – P. 1-15.
- 119.Mulvaney R.L., Khan S.A., Ellsworth T.R. Synthetic nitrogen fertilizers deplete soil nitrogen: A global dilemma for sustainable cereal production // Journal of Environmental Quality. – 2009. – Vol. 38, № 6. – P. 2295-2314.
- 120.Nasima J., Khanif M.Y, Hanafi M.M., Wan M, Dharejo K.A., Arifin A. Evaluation of coated urea for the effects of coating on the physical and chemical properties of urea fertilizer // International Journal of Physical Sciences. – 2012. – Vol. 7. – P. 1932–1937.
- 121.Norton B., Coutts A., Livesley S., Harris R., Hunter A., Williams N. Planning for cooler cities: A framework to prioritise green infrastructure to mitigate high temperatures in urban landscapes // Landscape and Urban Planning. – 2015. – Vol. 134. – P. 127–138.
- 122.Oertli J.J. Controlled-release fertilizers // Fertilizer Research. – 1980. –V. 1. – P. 103-123.
- 123.Parker J.H. An energy and ecological analysis of alternate residential landscapes // Journal of Environmental systems. – 1981. – V. 11. – P. 271-288.
- 124.Peacock C.H., DiPaola J.M. Bermudagrass response to reactive layer coated fertilizers // Agronomy Journal. – 1992. – № 84. – P. 946-950.
- 125.Perrenoud S. Potassium and plant health // International Potash Institute. –1990. – 359 p.
- 126.Pinkerton A., Smith F.W., Lewis D.C. Pasture species. In D.J. Reuter and J.B. Robinson (ed.) Plant analysis an interpretation manual. 2nd ed. // CSIRO, Colling- wood, Victoria, Australia. – 1997. – P. 287-346.
- 127.Rosen C.J., Horgan B.P., Mugaas R.J. Fertilizing lawns // Agriculture, food and natural resources. – 2000. – № 10.
- 128.Sage R.F., Percy R.W., Seemann J.R. The nitrogen use efficiency of C3 and C4 plants. I. Leaf nitrogen, growth, and biomass partitioning in *Chenopodium*

- album* (L.) and *Amaranthus retroflexus* (L.) // Plant Physiology. – 1987. – №84. – P. 954-958.
129. Sazzad M.H. A Review & Outlook of Slow-Release Fertilizer. A breakthrough product for agronomy & horticulture // Saarbrücken: Lambert Academic Publisher, – 2013. – 158 p.
 130. Sharma N., Singh A. A review on changes in fertilizers: from coated controlled release fertilizers (CRFs) to nanocomposites of CRFs // International Journal of Agricultural Science and Research. – 2019. – Vol. 9. – № 2. – P. 53-74.
 131. Shaviv A. Advances in controlled-release fertilizers // Advances in Agronomy. – 2001. – Vol. 71. – P. 1–49.
 132. Shoji S., Delgado J., Mosier A., Miura Y. Use of controlled release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality // Communications in Soil Science and Plant Analysis. – 2001. – № 32. – P. 1051–1070.
 133. Silveira M.L., Haby V.A., Leonard A.T. Response of Coastal Bermudagrass Yield and Nutrient Uptake Efficiency to Nitrogen Sources // Agron Journal. – 2007. – № 99. – P. 707-714.
 134. Sims J.T., Simard R.R., Joern B.C. Phosphorus loss in agricultural drainage: Historical perspective and current research // Journal of Environmental Quality. – 1998. – Vol. 27. – P. 277–293.
 135. Soldat D., Petrovic A. The Fate and Transport of Phosphorus in Turfgrass Ecosystems // Crop Science. Crop Science Society of America, Madison, WI. – 2008. – V. 48. – P. 2051-2065.
 136. Stewart M. Best management practices for turf and lawn fertilization // International Plant Nutrition Institute. – 2008. – 8 p.
 137. Strandberg, M., Blombäck, K., Dahl Jensen, A.M., Knox, J.W. The future of turfgrass management: challenges and opportunities. Acta Agriculturae Scandinavica Section B // Soil and Plant Science. – 2012. – P. 3-9.

138. Sutton M.A., Erisman J.W., Dentener F., Moller D. Ammonia in the environment: From ancient times to the present // Environmental Pollution. – 2008. – Vol. 156. – P. 583–604.
139. Telenko D.E., Shaddox T.W., Unruh J.B., Trenholm L.E. Nitrate leaching, turf quality, and growth rate of 'Floratam' St. Augustinegrass and common centipedegrass // Crop Science. – 2015. – Vol. 55. – P. 1320–1328
140. Teyssot G. The American Lawn, 1st ed. // Princeton Architectural Press: New York, NY, USA. – 1999.
141. Thompson K., Hodgson J.G., Smith R.M., Warren P.H., Gaston K.J. Urban domestic gardens: Composition and diversity of lawn floras // Journal of Vegetation Science. – 2004. – Vol. 15, № 3. – P. 373–378.
142. Tilman D., Reich P.B., Knops J.M.H., Wedin D.A., Mielke T., Lehman C.L. Diversity and Productivity in a Long-Term Grassland Experiment // Science. – 2001. – Vol. 294. – P. 843–845.
143. Tomaškin J., Tomaškinova J., Kizeková M. Ornamental grasses as part of public green, their ecosystem services and use in vegetative arrangements in urban environment // Thaiszia Journal of Botany. – 2015. – Vol. 25. – P. 1-13.
144. Trenkel M.E. Slow- and Controlled-Release and Stabilized Fertilizers: An Option for Enhancing Nutrient Use Efficiency in Agriculture // – 2nd. – Paris: International Fertilizer Industry Association (IFA), – 2010. – 163 p.
145. Wang W., Haver D., Pataki D.E. Nitrogen budgets of urban lawns under three different management regimes in southern California // Biogeochemistry. – 2014. – Vol. 121. – P. 127–148.
146. Wolski K., Czarnecki J., Brennenstul M., Ptak W. Color assessment of selected lawn grass mixtures // Grassland Science. – 2020. – Vol. 67. 198-206.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ОПЫТ 1



Рис. П.1. Закладка микрополевого опыта на территории почвенного стационара факультета Почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова в 2020 г.

Таблица П.1. Биомасса скошенной травы по вариантам опыта и ее суммарный вес за все укосы в 2020 г. (сырой вес), г/м², опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	Сумма
Контроль	12,5	10,4	22,9
Азофоска р-р	54,0	50,1	104,1
Универсал р-р	51,0	46,4	85,79
Мочевина р-р	49,4	45,3	94,7
Гранулированная мочевина	50,1	45,2	95,3
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	52,7	55,6	108,3
Капсулированная мочевина	55,9	57,3	113,2
НСР _{0,05}	2,7	2,5	4,5

Таблица П.2. Биомасса скошенной травы по вариантам опыта и ее суммарный вес за все укосы в 2021 г. (сырой вес), г/м², опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	Сумма
Контроль	63,8	65,3	70,1	81,0	280,2
Азофоска р-р	85,1	89,5	92,5	106,0	373,1
Универсал р-р	113,5	115,1	119,2	115,0	462,8
Мочевина р-р	102,6	110,7	120,1	148,5	481,9
Гранулированная мочевина	93,4	100,8	106,4	120,8	481,9
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	102,5	110,9	125,3	141,3	535,0
Капсулированная мочевина	87,6	95,7	118,6	155,5	421,4
НСР _{0,05}	2,5	3,5	5,2	3,7	14,8

Таблица П.3. Биомасса скошенной травы по вариантам опыта и ее суммарный вес за все укосы в 2022 г. (сырой вес), г/м², опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	Сумма
Контроль	120,0	160,0	206,0	251,0	737
Азофоска р-р	148,0	228,0	257,0	340,0	973
Универсал р-р	155,0	217,0	231,0	298,0	901,0
Мочевина р-р	131,0	222,0	264,0	317,0	934,0
Гранулированная мочевина	134,0	237,0	302,0	357,0	1030,0
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	159,0	262,0	343,0	399,0	1163,0
Капсулированная мочевина	168,0	274,0	350,0	385,0	1177,0
НСР _{0,05}	8,7	12,6	10,5	14,60	19,7

Таблица П.4. Сумма хлорофилла а и b в газонной траве после каждого укоса в 2021 г., мг/г сырого веса, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	0,92	1,51	1,45	2,1
Азофоска р-р	1,32	2,1	2,18	2,86
Универсал р-р	1,16	1,73	1,6	2,98
Мочевина р-р	1,27	2,15	2,4	3,05
Гранулированная мочевина	1,39	2,63	2,75	3,4
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	1,44	2,69	2,88	3,42
Капсулированная мочевина	1,49	2,73	2,7	3,57
НСР _{0,05}	0,06	0,05	0,09	0,11

Таблица П.5. Сумма хлорофилла а и b в газонной траве после каждого укоса в 2022 г., мг/г сырого веса, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,74	2,04	2,29	2,33
Азофоска р-р	1,99	2,41	2,85	2,6
Универсал р-р	1,86	2,16	2,5	2,64
Мочевина р-р	2,16	2,47	2,79	3,14
Гранулированная мочевина	2,25	2,64	3,15	3,4
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	2,41	3,13	3,51	3,69
Капсулированная мочевина	2,48	2,93	3,26	3,51
НСР _{0,05}	0,07	0,05	0,1	0,13

Таблица П.6. Содержание азота в растениях после укосов, 2020 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос
Контроль	1,32	1,11
Азофоска р-р	1,45	1,28
Универсал р-р	1,58	1,36
Мочевина р-р	1,54	1,42
Гранулированная мочевина	1,66	1,44
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	1,85	1,62
Капсулированная мочевина	1,41	1,48
НСР _{0,05}	0,09	0,07

Таблица П. 7. Содержание азота в растениях после их укоса (%) и вынос азота из почвогрунта за вегетационный период 2021 г. (г/м²), опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	Вынос
Контроль	1,63	1,98	2,67	2,26	2,67
Азофоска р-р	2,12	2,49	2,38	2,44	4,11
Универсал р-р	2,01	2,32	3,12	2,38	4,65
Мочевина р-р	2,11	2,29	3,33	2,34	5,11
Гранулированная мочевина	2,03	2,27	3,55	2,65	5,32
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	2,52	2,87	3,19	2,22	6,08
Капсулированная мочевина	2,64	2,99	3,31	2,36	5,87
НСР _{0,05}	0,95	0,04	0,06	0,07	0,43

Таблица П. 8. Содержание азота в растениях после их укоса (%) и вынос азота из почвогрунта за вегетационный период 2022 г. (г/м²), опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	Вынос
Контроль	1,81	2,01	2,7	2,05	5,69
Азофоска р-р	1,50	1,57	3,89	1,96	8,03
Универсал р-р	1,52	1,75	3,54	1,8	9,9
Мочевина р-р	1,5	1,56	2,64	2,04	7,8
Гранулированная мочевина	1,65	1,70	4,24	2,25	7,9
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	1,99	2,46	4,38	3,42	12,27
Капсулированная мочевина	2,21	2,45	4,07	2,17	10,71
НСР _{0,05}	0,09	0,03	0,04	0,03	1,01

Таблица П.9. Содержание фосфора в растениях после укоса в 2020 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос
Контроль	0,11	0,08
Азофоска р-р	0,14	0,12
Универсал р-р	0,16	0,1
Мочевина р-р	0,12	0,1
Гранулированная мочевина	0,13	0,12
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	0,15	0,1
Капсулированная мочевина	0,16	0,12
НСР _{0,05}	0,01	0,01

Таблица П.10. Содержание фосфора в растениях после укосов в 2021 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	0,18	0,26	0,36	0,35
Азофоска р-р	0,29	0,35	0,41	0,38
Универсал р-р	0,28	0,31	0,38	0,4
Мочевина р-р	0,27	0,29	0,48	0,58
Гранулированная мочевина	0,49	0,49	0,41	0,56
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	0,35	0,47	0,52	0,59
Капсулированная мочевина	0,38	0,61	0,54	0,58
НСР _{0,05}	0,02	0,02	0,01	0,02

Таблица П.11. Содержание фосфора в растениях после укосов в 2022 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	0,1	0,11	0,36	0,51
Азофоска р-р	0,4	0,47	0,6	0,65
Универсал р-р	0,46	0,63	0,77	0,65
Мочевина р-р	0,39	0,44	0,53	0,51
Гранулированная мочевина	0,25	0,34	0,39	0,45
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	0,43	0,56	0,37	0,48
Капсулированная мочевина	0,39	0,45	0,4	0,52
НСР _{0,05}	0,04	0,05	0,03	0,04

Таблица П.12. Вынос фосфора из почвогрунта с растениями 2021-2022 гг., г/м², опыт № 1

Варианты опыта	2021 г.	2022 г.
Контроль	0,35	0,75
Азофоска р-р	0,61	1,95
Универсал р-р	0,65	2,98
Мочевина р-р	0,80	1,93
Гранулированная мочевина	1,03	1,24
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	1,05	1,97
Капсулированная мочевина	1,08	1,28
НСР _{0,05}	0,1	0,19

Таблица П.13. Значения рН почвогрунтов после завершения вегетации растений 2020-2022 гг., опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	8,26	8,07	7,89
Азофоска р-р	8,09	7,99	7,41
Универсал р-р	7,96	8,08	7,6
Мочевина р-р	8,06	7,93	7,51
Гранулированная мочеви́на	8,02	7,9	7,45
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	7,89	7,82	7,72
Капсулированная мочеви́на	8,0	7,92	7,81
НСР _{0,05}	0,01	0,01	0,01

Таблица П.14. Содержание калия в растениях после укосов в 2020 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос
Контроль	1,96	1,60
Азофоска р-р	2,35	2,14
Универсал р-р	2,38	2,2
Мочевина р-р	2,76	2,34
Гранулированная мочеви́на	2,36	2,09
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	2,71	2,38
Капсулированная мочеви́на	2,66	2,33
НСР _{0,05}	0,13	0,11

Таблица П.15. Содержание калия в растениях после укосов в 2021 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,3	1,51	1,38	1,1
Азофоска р-р	1,42	1,72	1,56	1,69
Универсал р-р	1,38	1,63	1,43	1,57
Мочевина р-р	1,36	1,69	1,53	1,52
Гранулированная мочеви́на	1,28	1,66	1,54	1,49
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	1,46	1,73	1,52	1,52
Капсулированная мочеви́на	1,41	1,81	1,54	1,53
НСР _{0,05}	0,04	0,08	0,04	0,05

Таблица П.16. Содержание калия в растениях после укусов в 2022 г., %, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,24	1,31	1,42	1,68
Азофоска р-р	1,47	1,59	1,73	1,88
Универсал р-р	1,44	1,68	1,78	2,01
Мочевина р-р	1,46	1,65	1,61	1,78
Гранулированная мочеви́на	1,35	1,56	1,64	1,89
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	1,55	1,69	1,68	1,79
Капсулированная мочеви́на	1,49	1,58	1,88	2,08
НСР _{0,05}	0,05	0,03	0,04	0,03

Таблица П.17. Вынос калия из почвогрунта растениями 2021-2022 гг., г/м², опыт № 1

Варианты опыта	2021 г.	2022 г.
Контроль	1,74	3,84
Азофоска р-р	2,78	6,05
Универсал р-р	2,91	8,34
Мочевина р-р	3,09	6,79
Гранулированная мочеви́на	3,08	5,52
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	3,50	6,93
Капсулированная мочеви́на	3,26	7,27

Таблица П.18. Содержание меди в растениях 2020-2021 гг., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	2,34	2,11	2,79	3,44	1,99	1,85
Азофоска р-р	2,5	2,32	2,88	3,11	2,45	2,56
Универсал р-р	2,76	2,35	3,05	3,33	2,85	3,48
Мочевина р-р	2,4	2,15	4,87	5,66	5,22	1,45
Гранулированная мочеви́на	2,54	2,31	5,69	6,88	3,60	2,86
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	2,72	2,48	4,98	9,97	5,41	2,10
Капсулированная мочеви́на	2,38	2,23	5,32	9,19	5,41	2,10
НСР _{0,05}	0,03	0,07	0,05	0,1	0,1	0,04

Таблица П.19. Содержание меди в растениях в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	2,17	2,78	3,27	3,55
Азофоска р-р	2,15	2,25	4,59	3,81
Универсал р-р	2,34	2,91	2,08	4,88
Мочевина р-р	2,54	3,05	5,38	4,78
Гранулированная мочеви́на	1,89	2,67	5,39	3,61
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	2,99	3,45	5,26	5,81
Капсулированная мочеви́на	3,67	4,06	6,35	7,68
НСР _{0,05}	0,06	0,04	0,06	0,08

Таблица П.20. Содержание цинка в растениях 2020-2021 гг., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	30,9	22,24	16,32	17,41	19,75	16,54
Азофоска р-р	26,8	24,17	20,01	21,50	21,61	22,57
Универсал р-р	29,2	23,64	19,94	22,54	20,55	25,37
Мочевина р-р	29,4	25,05	17,43	18,35	26,57	19,47
Гранулированная мочеви́на	29,7	23,24	18,55	19,67	34,53	29,93
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	31,1	24,18	21,28	23,39	35,75	31,93
Капсулированная мочеви́на	28,9	20,73	20,84	22,45	35,10	35,31
НСР _{0,05}	0,45	0,24	0,62	0,25	0,41	0,48

Таблица П.21. Содержание цинка в растениях в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	22,56	26,92	25,50	18,85
Азофоска р-р	23,23	25,89	30,75	13,25
Универсал р-р	28,16	30,01	22,52	16,37
Мочевина р-р	24,32	27,65	34,40	26,99
Гранулированная мочеви́на	22,39	25,00	46,94	25,19
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	26,67	29,43	36,86	28,21
Капсулированная мочеви́на	35,31	41,88	35,58	28,91
НСР _{0,05}	0,12	0,61	0,38	0,65

Таблица П.22. Содержание аммонийного азота в почвогрунте 2020-2021 гг., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	2,0	1,8	2,7	3,0	3,1	2,9
Азофоска р-р	3,2	2,8	3,6	3,8	4,2	3,9
Универсал р-р	3,5	3,1	4,3	4,9	5,3	5,5
Мочевина р-р	3,9	3,5	5,8	6,1	6,5	6,3
Гранулированная мочевина	3,7	3,3	8,5	8,8	9,0	8,6
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	3,2	3,3	6,5	6,9	6,9	5,7
Капсулированная мочевина	2,8	3,2	6,5	7,4	7,5	7,2
НСР _{0,05}	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2

Таблица П.23. Содержание аммонийного азота в почвогрунте в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	3,9	4,6	4,9	4,4
Азофоска р-р	7,3	7,9	7,1	5,8
Универсал р-р	6,3	7,0	6,4	5,4
Мочевина р-р	7,0	6,8	6,1	5,2
Гранулированная мочевина	9,8	10,3	9,5	9,1
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	7,2	8,0	7,3	7,0
Капсулированная мочевина	7,2	8,5	8,0	7,6
НСР _{0,05}	0,5	0,4	0,3	0,3

Таблица П.24. Содержание нитратного азота в почвогрунте 2020-2021 гг., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	11,9	8,1	4,2	6,1	2,9	2,5
Азофоска р-р	5,5	5,0	14,7	17,4	15,8	13,2
Универсал р-р	48,7	41,7	34,4	38,2	33,8	29,5
Мочевина р-р	55,3	43,7	30,3	29,2	7,3	8,8
Гранулированная мочевина	63,8	51,4	28,2	20,1	11,8	9,83
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	55,5	47,7	30,5	38,2	36,4	25,3
Капсулированная мочевина	19,8	15,2	13,4	28,0	15,9	13,8
НСР _{0,05}	1,2	0,9	0,8	1,3	1,1	0,9

Таблица П.25. Содержание нитратного азота в почвогрунте в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	3,2	5,0	4,4	3,9
Азофоска р-р	14,8	19,3	20,6	20,3
Универсал р-р	31,4	35,1	39,5	37,7
Мочевина р-р	22,5	25,1	27,5	26,7
Гранулированная мочевина	20,6	24,8	23,4	21,3
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	28,1	32,7	30,2	25,2
Капсулированная мочевина	14,4	17,4	20,3	23,2
НСР _{0,05}	1,2	1,2	1,1	0,9

Таблица П.26. Содержание подвижного фосфора в почвогрунте после укосов в 2020 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос
Контроль	209,3	192,2
Азофоска р-р	249,6	252,5
Универсал р-р	259,7	288,9
Мочевина р-р	246,1	224,4
Гранулированная мочевина	207,4	198,6
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	233,0	226,9
Капсулированная мочевина	225,1	218,3
НСР _{0,05}	2,1	2,0

Таблица П.27. Содержание подвижного фосфора в почвогрунте после укосов в 2021 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	180,5	172,3	186,4	174,3
Азофоска р-р	201,1	214,2	222,1	224,9
Универсал р-р	199,7	204,4	215,6	227,4
Мочевина р-р	210,2	213,2	221,3	215,7
Гранулированная мочевина	190,2	224,6	232,2	225,9
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	206,8	217,4	230,7	224,6
Капсулированная мочевина	199,0	211,1	220,7	217,2
НСР _{0,05}	3,6	7,6	3,0	4,1

Таблица П.28. Содержание подвижного фосфора в почвогрунте после укосов в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	73,1	70,6	62,6	91,0
Азофоска р-р	112,0	89,2	134,3	115,4
Универсал р-р	103,1	107,3	114,1	120,0
Мочевина р-р	86,0	84,5	93,8	95,8
Гранулированная мочевина	101,4	113,8	102,5	122,2
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	97,8	107,4	126,0	96,8
Капсулированная мочевина	110,2	114,7	126,0	96,8
НСР _{0,05}	2,2	3,1	2,0	4,1

Таблица П.29. Содержание подвижного калия в почвогрунте после укосов в 2020 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос
Контроль	209,8	197,0
Азофоска р-р	236,0	221,0
Универсал р-р	220,8	226,0
Мочевина р-р	229,2	220,0
Гранулированная мочевина	226,6	220,0
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	237,7	230,0
Капсулированная мочевина	241,8	235,0
НСР _{0,05}	4,6	3,1

Таблица П.30. Содержание подвижного калия в почвогрунте после укосов в 2021 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	227,2	234,5	219,5	198,2
Азофоска р-р	249,3	257,2	268,7	241,6
Универсал р-р	254,0	260,3	274,4	235,4
Мочевина р-р	238,1	245,2	254,0	219,3
Гранулированная мочеви́на	237,8	243,4	260,5	234,4
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	235,7	250,0	251,4	214,5
Капсулированная мочеви́на	225,6	238,2	232,6	210,5
НСР _{0,05}	3,9	4,6	3,2	3,9

Таблица П.31. Содержание подвижного калия в почвогрунте после укосов в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	124,7	140,7	132,9	115,4
Азофоска р-р	139,0	145,2	160,2	149,7
Универсал р-р	129,4	139,9	159,8	133,1
Мочевина р-р	120,4	135,8	156,9	138,3
Гранулированная мочеви́на	160,2	174,3	183,9	146,7
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	153,9	160,4	176,5	150,8
Капсулированная мочеви́на	142,6	140,6	164,6	149,8
НСР _{0,05}	1,6	2,0	1,2	1,3

Таблица П.32. Содержание кислотрастворимых форм меди (вытяжка 1 М НСl) в почвогрунте 2020-2021 гг., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	8,5	7,8	9,5	9,6	9,6	8,2
Азофоска р-р	8,8	8,0	10,2	10,4	10,1	11,6
Универсал р-р	6,8	6,5	10,5	10,9	10,0	12,4
Мочевина р-р	7,2	6,8	10,1	8,6	8,6	8,9
Гранулированная мочевина	7,6	7,3	10,0	9,0	8,8	8,9
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	7,7	7,5	9,5	10,1	9,5	9,0
Капсулированная мочевина	7,4	7,1	10,6	11,1	11,8	10,9
НСР _{0,05}	0,08	0,09	0,03	0,05	0,06	0,05

Таблица П.33. Содержание кислотрастворимых форм меди (вытяжка 1 М НСl) в почвогрунте в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	7,1	8,6	9,1	9,5
Азофоска р-р	9,9	9,3	9,6	10,0
Универсал р-р	10,4	9,8	9,8	11,2
Мочевина р-р	9,2	9,8	9,6	9,8
Гранулированная мочевина	9,5	9,6	9,7	9,6
Капсулированная мочевина + гранулированная мочевина	9,3	9,6	9,8	9,6
Капсулированная мочевина	9,5	9,7	9,5	9,6
НСР _{0,05}	0,08	0,07	0,06	0,08

Таблица П.34. Содержание кислотрастворимых форм цинка (вытяжка 1 м НСl) в почвогрунте 2020-2021 гг., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	2020 г.		2021 г.			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	31,0	22,2	16,2	17,4	19,7	16,5
Азофоска р-р	26,8	24,2	20,0	21,5	21,6	22,57
Универсал р-р	29,3	23,4	19,9	22,5	20,6	25,4
Мочевина р-р	29,4	25,1	17,4	18,3	26,6	19,5
Гранулированная мочеви́на	29,7	23,3	18,6	19,7	34,5	29,9
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	31,1	24,2	21,3	23,4	35,8	31,9
Капсулированная мочеви́на	28,9	20,7	20,8	22,5	35,1	35,3
НСР _{0,05}	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2

Таблица П.35. Содержание кислотрастворимых форм цинка (вытяжка 1 м НСl) в почвогрунте в 2022 г., мг/кг, опыт № 1

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	22,6	26,9	25,5	18,9
Азофоска р-р	23,2	25,9	30,8	13,3
Универсал р-р	28,2	30,0	22,5	16,4
Мочевина р-р	24,3	27,7	34,4	27,0
Гранулированная мочеви́на	22,4	25,0	46,9	25,2
Капсулированная мочеви́на + гранулированная мочеви́на	26,7	29,4	36,9	28,2
Капсулированная мочеви́на	35,3	41,9	35,6	28,9
НСР _{0,05}	0,5	0,4	1,2	0,9

ОПЫТ 2



Рис. П.2. Закладка микрополевого опыта в Ботаническом саду в 2020 г.



Рис. П.3. Закладка микрополевого опыта в Ботаническом саду в 2020 г.

Таблица П.36. Биомасса скошенной травы по вариантам опыта и ее суммарный сырой вес за все укосы в 2020 г., г/м², опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	Сумма
Контроль	112,2	115,0	122,5	349,7
Азофоска 1 доза*	238,0	250,7	261,7	750,4
Азофоска 2 дозы**	263,5	282,5	325,0	871,0
Нитроаммофоска S 1 д.	270,2	273,4	265,8	809,4
Нитроаммофоска S 2 д.	300,3	331,6	345,8	977,7
Универсал 1 д.	248,0	244,2	246,7	738,9
Универсал 2 д.	261,7	280,8	290,8	833,3
Нитроаммофоска 1 д.	252,3	259,3	274,2	785,8
Нитроаммофоска 2 д.	287,5	290,7	300,8	879,0
НСР _{0,05}	5,1	6,7	12,9	13,3

*в дальнейшем, вместо надписи 1 доза будет указано 1 д.

** в дальнейшем, вместо надписи 2 дозы будет указано 2 д.

Таблица П.37. Биомасса скошенной травы по вариантам опыта и ее суммарный сырой вес за все укосы в 2021 г., г/м², опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	Сумма
Контроль	77,5	85,0	70,0	90,0	322,5
Азофоска 1 д.	80	142,5	110	268,8	601,3
Азофоска 2 д.	91,4	160	130	341,9	723,3
Нитроаммофоска S 1 д.	95	188,8	173	262,2	719,0
Нитроаммофоска S 2 д	104	201,3	198,1	318	821,4
Универсал 1 д.	101,8	170,0	119,5	221,9	613,2
Универсал 2 д.	115	187,5	136,0	243,0	681,5
Нитроаммофоска 1 д.	110,5	165,8	132,3	296,4	705,0
Нитроаммофоска 2 д.	124,0	200,8	139,6	355,8	820,2
НСР _{0,05}	2,9	6,8	5,2	11,3	11,2

Таблица П.38. Биомасса скошенной травы по вариантам опыта и ее суммарный сырой вес за все укосы в 2022 г., г/м², опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос	Сумма
Контроль	242,1	237,1	268,5	208,3	956,0
Азофоска 1 доза	391,2	384,6	415,9	424,4	1616,1
Азофоска 2 дозы	407,1	414,9	455,3	471,8	1749,1
Нитроаммофоска S 1 д.	279,2	284,8	299,6	343,6	1207,2
Нитроаммофоска S 2 д.	331,3	349,5	378,5	381,2	1440,5
Универсал 1 д.	354,6	387,2	422,8	440,1	1604,6
Универсал 2 д.	329,0	408,3	419,3	442,9	1599,5
Нитроаммофоска 1 д.	327,2	404,4	431,4	462,3	1625,3
Нитроаммофоска 2 д.	376,4	425,3	458,8	479,6	1740,1
НСР _{0,05}	5,6	6,4	5,9	3,7	19,0

Таблица П.39. Суммарный вес скошенной травы за вегетационный период 2020-2022 гг. (сырой вес), г/м², опыт № 2

Варианты опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	349,7	322,5	956,0
Азофоска 1 д.	750,37	601,3	1616,11
Азофоска 2 д.	871	723,3	1749,09
Нитроаммофоска S 1 д	809,4	719	1207,16
Нитроаммофоска S 2 д	977,7	821,4	1440,46
Универсал 1 д.	738,9	613,2	1604,62
Универсал 2 д.	833,3	681,5	1599,5
Нитроаммофоска 1 д.	785,77	705	1625,34
Нитроаммофоска 2 д.	878,98	820,2	1740,12
НСР _{0,05}	13,3	11,2	19,0

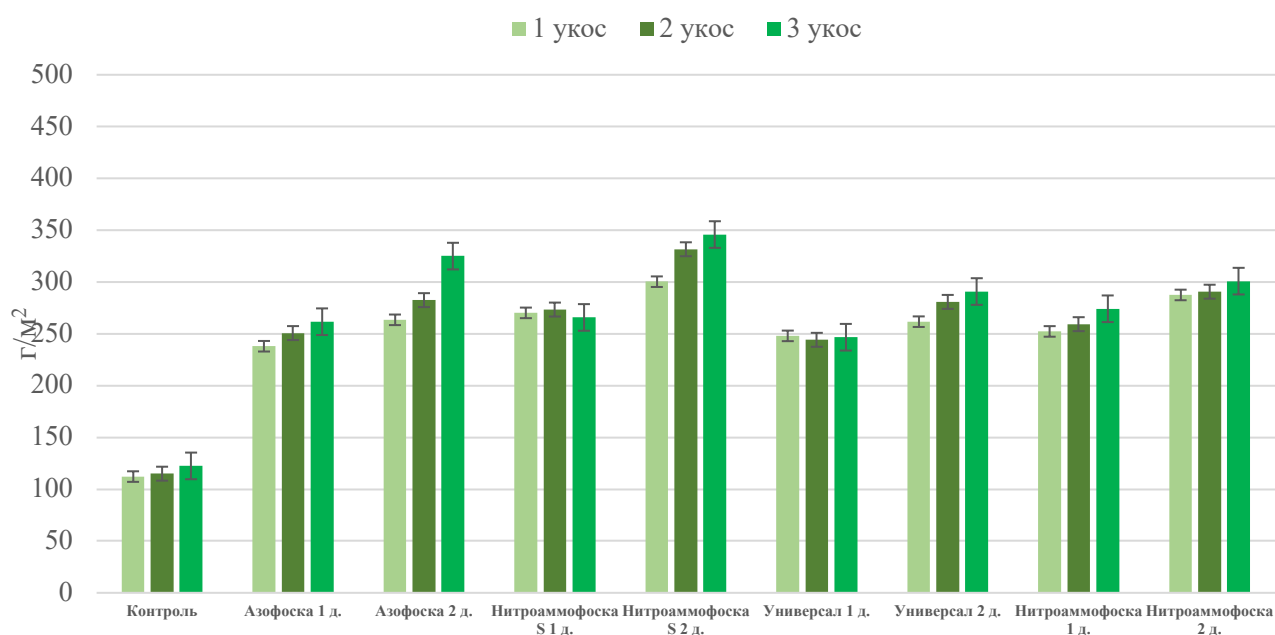


Рис. П. 4. Биомасса газонных трав (сырой вес) по укосам в вегетационный период 2020 г. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (1 укос – 5,1; 2 укос – 6,75; 3 укос – 12,85).

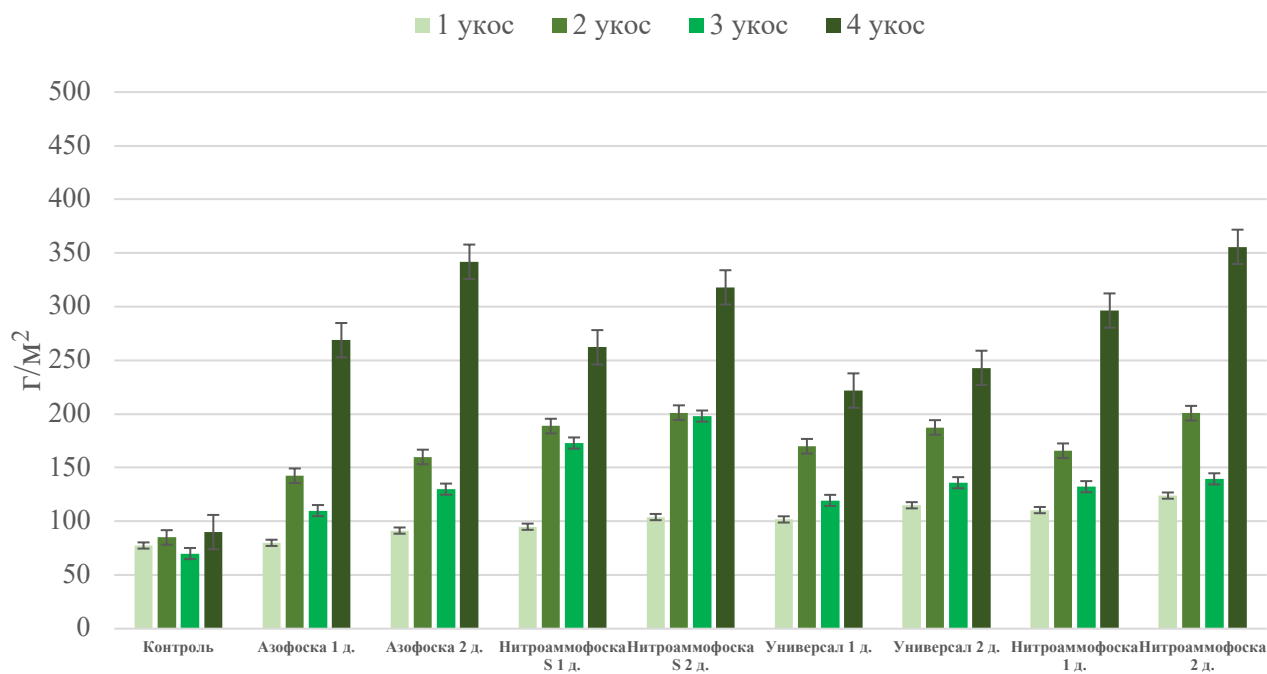


Рис. П. 5. Биомасса газонных трав (сырой вес) по укосам за вегетационный период 2021 г. Вертикальными линиями на графике отмечено значение НСР_{0,05} (1 укос – 2,9; 2 укос – 6,8; 3 укос – 5,2; 4 укос – 16).

Таблица П.40. Сумма хлорофилла а и b в газонной траве после последнего укоса в 2020 г., мг/г сырого веса, опыт № 2

Варианты опыта	мг/г
Контроль	1,24
Азофоска 1 д.	1,73
Азофоска 2 д.	1,9
Нитроаммофоска S 1 д	2,1
Нитроаммофоска S 2 д	2,34
Универсал 1 д.	1,56
Универсал 2 д.	1,67
Нитроаммофоска 1 д.	1,87
Нитроаммофоска 2 д.	2,14
НСР _{0,05}	0,03

Таблица П.41. Сумма хлорофилла а и b в газонной траве в течение вегетационного периода в 2021 г., мг/г сырого веса, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	0,77	1,76	1,26	1,54
Азофоска 1 д.	0,87	1,96	1,54	1,94
Азофоска 2 д.	0,97	2,24	1,93	2,33
Нитроаммофоска S 1 д	1,55	2,01	1,50	2,04
Нитроаммофоска S 2 д	2,23	2,12	1,55	2,14
Универсал 1 д.	0,87	1,81	1,26	1,65
Универсал 2 д.	1,07	1,84	1,36	1,96
Нитроаммофоска 1 д.	1,83	2,07	1,60	2,14
Нитроаммофоска 2 д.	2,14	2,20	1,86	2,34
НСР _{0,05}	0,08	0,07	0,06	0,05

Таблица П.42. Сумма хлорофилла а и b в газонной траве в течение вегетационного периода в 2022 г., мг/г сырого веса, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,23	1,46	1,97	2,39
Азофоска 1 д.	1,35	1,59	2,10	2,78
Азофоска 2 д.	1,49	1,78	2,30	2,97
Нитроаммофоска S 1 д	1,67	2,11	2,36	2,99
Нитроаммофоска S 2 д	1,84	2,36	2,70	3,17
Универсал 1 д.	1,43	2,16	2,42	3,04
Универсал 2 д.	1,51	2,25	2,31	3,21
Нитроаммофоска 1 д.	1,78	2,57	2,77	3,45
Нитроаммофоска 2 д.	1,99	2,89	3,75	3,89
НСР _{0,05}	0,08	0,03	0,05	0,03

Таблица П.43. Содержание в растениях общего азота, фосфора и калия после последнего укоса в 2020 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	Азот	Фосфор	Калий
Контроль	1,69	0,04	1,35
Азофоска 1 д.	1,89	0,28	1,39
Азофоска 2 д.	1,94	0,48	1,45
Нитроаммофоска S 1 д	2,13	0,33	1,36
Нитроаммофоска S 2 д	2,25	0,47	1,48
Универсал 1 д.	1,81	0,37	1,42
Универсал 2 д.	1,83	0,55	1,46
Нитроаммофоска 1 д.	1,74	0,27	1,37
Нитроаммофоска 2 д.	1,8	0,68	1,54
НСР _{0,05}	0,24	0,03	0,25

Таблица П.44. Содержание общего азота в растениях после укосов в 2021 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,64	1,78	1,83	1,92
Азофоска 1 д.	2,28	2,19	1,96	2,45
Азофоска 2 д.	2,42	2,39	2,53	2,67
Нитроаммофоска S 1 д	1,98	2,05	2,37	2,23
Нитроаммофоска S 2 д	2,06	2,19	2,97	3,13
Универсал 1 д.	1,83	2,04	2,15	2,48
Универсал 2 д.	2,11	2,31	2,4	3,16
Нитроаммофоска 1 д.	1,9	2,16	2,65	2,63
Нитроаммофоска 2 д.	2,2	2,52	2,9	3,17
НСР _{0,05}	0,3	0,2	0,3	0,4

Таблица П.45. Содержание общего азота в растениях после укосов в 2022 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,99	1,89	1,57	1,45
Азофоска 1 д.	2,45	2,65	2,63	2,69
Азофоска 2 д.	2,55	2,71	2,74	2,85
Нитроаммофоска S 1 д	2,32	2,39	2,36	2,44
Нитроаммофоска S 2 д	2,58	2,71	2,65	3,28
Универсал 1 д.	2,5	2,61	2,78	2,84
Универсал 2 д.	2,79	2,84	2,76	2,91
Нитроаммофоска 1 д.	2,68	2,79	2,93	3,01
Нитроаммофоска 2 д.	2,87	2,96	3,05	3,19
НСР _{0,05}	0,34	0,22	0,31	0,35

Таблица П.46. Суммарный вынос азота за вегетационный период 2021-2022 гг., г/м², опыт № 2

Варианты опыта	2021 г.	2022 г.
Контроль	3,4	4,43
Нитроаммофоска 1 д.	6,43	8,26
Нитроаммофоска 2 д.	7,27	8,97
Универсал 1 д.	5,25	7,74
Универсал 2 д.	6,35	8,73
Азофоска 1 д.	5,44	8
Азофоска 2 д.	6,39	8,38
Нитроаммофоска S 1 д.	6,08	5,45
Нитроаммофоска S 2 д.	7,17	6,21
НСР _{0,05}	0,3	0,24

Таблица П.47. Содержание фосфора в растениях после укосов в 2021 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	0,61	0,78	0,85	0,67
Азофоска 1 доза	0,86	0,99	1,19	1,12
Азофоска 2 дозы	1,11	1,18	1,24	1,2
Нитроаммофоска S 1 д.	0,8	1,2	1,14	1,19
Нитроаммофоска S 2 д.	0,96	1,32	1,27	1,34
Универсал 1 д.	0,72	0,95	0,84	0,95
Универсал 2 дозы	0,76	1,08	0,94	1,06
Нитроаммофоска 1 д.	0,66	1,14	0,99	1,33
Нитроаммофоска 2 д.	1,04	1,28	1,22	1,48
НСР _{0,05}	0,03	0,24	0,35	0,27

Таблица П.48. Содержание фосфора в растениях после укосов в 2022 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	0,07	0,39	0,53	0,59
Азофоска 1 д.	0,18	0,6	0,76	0,86
Азофоска 2 д.	0,23	0,71	0,84	0,98
Нитроаммофоска S 1 д.	0,11	0,64	0,81	0,94
Нитроаммофоска S 2 д.	0,17	0,73	0,88	1,05
Универсал 1 д.	0,11	0,63	0,77	0,92
Универсал 2 д.	0,15	0,73	0,89	1,01
Нитроаммофоска 1 д.	0,24	0,88	0,92	1,14
Нитроаммофоска 2 д.	0,31	1,02	1,09	1,19
НСР _{0,05}	0,03	0,06	0,11	0,13

Таблица П.49. Вынос фосфора из почвы растениями в 2021-2022 г., г/м², опыт № 2

Варианты опыта	2021 г.	2022 г.
Контроль	1,38	2,25
Нитроаммофоска 1 д.	2,96	5,21
Нитроаммофоска 2 д.	3,41	5,96
Универсал 1 д.	2,14	3,77
Универсал 2 д.	2,41	4,88
Нитроаммофоска S 1 д.	3,13	3,22
Нитроаммофоска S 2 д.	3,35	3,25
Азофоска 1 д.	2,56	4,11
Азофоска 2 д.	2,99	4,73
НСР _{0,05}	0,15	0,37

Таблица П.50. Содержание калия в растениях после каждого укоса в 2021 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,49	1,61	1,49	1,62
Азофоска 1 д.	1,78	1,87	1,7	1,8
Азофоска 2 д.	1,84	1,95	1,83	1,84
Нитроаммофоска S 1 д.	1,62	1,75	1,56	1,72
Нитроаммофоска S 2 д.	1,86	1,84	1,65	1,94
Универсал 1 д.	1,61	1,65	1,61	1,77
Универсал 2 д.	1,66	1,69	1,64	1,87
Нитроаммофоска 1 д.	1,69	1,83	1,67	1,59
Нитроаммофоска 2 д.	1,80	1,89	1,88	1,73
НСР _{0,05}	0,21	0,11	0,19	0,09

Таблица П.51. Содержание калия в растениях после каждого укоса в 2022 г., %, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	1,21	1,35	1,42	1,31
Азофоска 1 д.	1,73	2,25	2,52	2,82
Азофоска 2 д.	2,45	2,59	2,61	3,19
Нитроаммофоска S 1 д.	1,84	2,6	2,71	3,13
Нитроаммофоска S 2 д.	2,15	2,85	2,99	3,24
Универсал 1 д.	2,04	2,46	2,65	2,76
Универсал 2 д.	2,31	2,51	2,84	2,94
Нитроаммофоска 1 д.	2,24	2,36	2,59	3,1
Нитроаммофоска 2 д.	2,47	2,48	2,88	3,34
НСР _{0,05}	0,44	0,41	0,35	0,21

Таблица П.52. Вынос калия из почвы в 2021 - 2022 гг., г/м², опыт № 2

Варианты опыта	2021 г.	2022 г.
Контроль	2,95	3,41
Нитроаммофоска 1 д.	4,52	7,5
Нитроаммофоска 2 д.	4,77	8,36
Универсал 1 д.	4,06	7,12
Универсал 2 д.	4,27	8,23
Нитроаммофоска S 1 д.	4,67	5,94
Нитроаммофоска S 2 д.	4,92	6,13
Азофоска 1 д.	4,33	7,18
Азофоска 2 д.	4,69	8,38
НСР _{0,05}	0,15	0,37

Таблица П.53. Содержание меди в растениях газонных трав после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	4,74	5,00	4,58	5,29
Азофоска 1 д.	5,58	6,36	5,94	6,13
Азофоска 2 д.	6,46	7,12	6,31	6,82
Нитроаммофоска S 1 д.	5,32	6,13	5,77	6,5
Нитроаммофоска S 2 д.	5,59	6,68	6,2	6,71
Универсал 1 д.	6,86	7,32	6,73	7,04
Универсал 2 д.	7,15	8,95	8,24	8,83
Нитроаммофоска 1 д.	5,25	6,07	5,5	6,09
Нитроаммофоска 2 д.	5,79	6,70	5,88	6,3
НСР _{0,05}	0,04	0,06	0,07	0,06

Таблица П.54. Содержание меди в растениях газонных трав после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	3,07	3,65	3,31	3,87
Азофоска 1 д.	2,34	2,56	3,03	3,26
Азофоска 2 д.	3,88	4,12	3,99	3,67
Нитроаммофоска S 1 д.	1,89	2,4	3,18	3,81
Нитроаммофоска S 2 д.	2,04	2,69	3,57	4,18
Универсал 1 д.	3,08	3,22	3,98	4,5
Универсал 2 д.	4,63	4,79	5,15	5,24
Нитроаммофоска 1 д.	1,54	1,87	2,4	3,37
Нитроаммофоска 2 д.	3,36	3,48	3,87	4,65
НСР _{0,05}	0,11	0,09	0,12	0,08

Таблица П.55. Содержание цинка в растениях газонных трав после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	23,15	27,95	29,81	32,85
Азофоска 1 д.	40,66	44,23	41,49	39,4
Азофоска 2 д.	42,49	47,6	46,43	50,36
Нитроаммофоска S 1 д.	43,53	50,05	48,35	44,1
Нитроаммофоска S 2 д.	46,77	48,91	41,66	45,42
Универсал 1 д.	35,45	43,35	49,15	54,55
Универсал 2 д.	38,86	49,15	42,8	39,7
Нитроаммофоска 1 д.	30,5	37,28	40,95	43,6
Нитроаммофоска 2 д.	36,35	43,78	39,3	45,27
НСР _{0,05}	1,17	1,23	0,98	1,23

Таблица П.56. Содержание цинка в растениях газонных трав после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	28,19	30,13	25,8	27,35
Азофоска 1 д.	20,4	23,05	27,64	36,72
Азофоска 2 д.	39,81	35,59	43,4	48,2
Нитроаммофоска S 1 д.	26,5	20,35	22,91	31,57
Нитроаммофоска S 2 д.	30,38	27,28	29,75	38,49
Универсал 1 д.	43,6	47,3	45,28	46,5
Универсал 2 д.	49,7	54,67	42,25	48,91
Нитроаммофоска 1 д.	20,62	29,5	36,85	43,5
Нитроаммофоска 2 д.	29,68	37,44	42,9	45,12
НСР _{0,05}	1,02	0,98	0,77	0,98

Таблица П.57. Значения pH почвы после завершения вегетации растений 2020-2022 гг., опыт № 2

Варианты опыта	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Контроль	6,36	6,23	6,12
Азофоска 1 д.	6,25	6,11	6,11
Азофоска 2 д.	6,39	5,67	5,96
Нитроаммофоска S 1 д.	6,3	6,01	5,91
Нитроаммофоска S 2 д.	6,35	6,01	5,95
Универсал 1 д.	6,27	5,73	5,73
Универсал 2 д.	6,19	6,21	6,01
Нитроаммофоска 1 д.	6,33	5,97	5,97
Нитроаммофоска 2 д.	6,33	5,81	5,75
НСР _{0,05}	0,03	0,04	0,02

Таблица П.58. Содержание аммонийного и нитратного азота в почве после последнего укоса в 2020 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	Аммонийный азот	Нитратный азот
Контроль	18,77	62,18
Азофоска 1 д.	19,83	72,39
Азофоска 2 д.	20,68	75,23
Нитроаммофоска S 1 д.	23,54	77,57
Нитроаммофоска S 2 д.	25,71	86,61
Универсал 1 д.	19,49	64,86
Универсал 2 д.	20,25	75,09
Нитроаммофоска 1 д.	22,1	68,42
Нитроаммофоска 2 д.	24,9	69,98
НСР _{0,05}	1,01	0,97

Таблица П.59. Содержание аммонийного азота в почве после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	17,5	19,85	21,21	20,74
Азофоска 1 д.	20,58	22,3	23,47	23,55
Азофоска 2 д.	21,24	23,87	24,12	25,43
Нитроаммофоска S 1 д.	23,87	25,5	23,17	21,82
Нитроаммофоска S 2 д.	26,33	27,13	24,82	27,98
Универсал 1 д.	18,4	20,47	23,02	23,65
Универсал 2 д.	21,55	24,26	28,22	26,63
Нитроаммофоска 1 д.	22,67	23,86	27,04	28,44
Нитроаммофоска 2 д.	25,3	26,69	29,56	31,29
НСР _{0,05}	1,02	0,77	0,84	0,65

Таблица П.60. Содержание аммонийного азота в почве после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	23,7	24,13	22,15	21,2
Азофоска 1 д.	27,53	30,01	32,25	29,5
Азофоска 2 д.	32,35	30,54	33,5	31,38
Нитроаммофоска S 1 д.	25,88	27,46	28,74	26,21
Нитроаммофоска S 2 д.	27,98	29,34	32,47	28,33
Универсал 1 д.	27,64	25,35	27,82	25,49
Универсал 2 д.	30,24	26,48	29,96	28,4
Нитроаммофоска 1 д.	31,22	27,61	30,42	29,18
Нитроаммофоска 2 д.	36,56	35,05	38,39	33,25
НСР _{0,05}	1,56	1,23	0,87	1,65

Таблица П.61. Содержание нитратного азота в почве после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	50,79	57,43	64,2	62,69
Азофоска 1 д.	62,88	69,29	73,78	84,18
Азофоска 2 д.	74,69	85,34	86,16	91,3
Нитроаммофоска S 1 д.	85,84	75,48	82,86	87,1
Нитроаммофоска S 2 д.	93,27	83,72	89,42	91,29
Универсал 1 д.	71,6	73,4	82,08	84,5
Универсал 2 д.	87,44	78,19	81,28	96,53
Нитроаммофоска 1 д.	70,68	65,56	88,61	93,61
Нитроаммофоска 2 д.	70,67	82,8	88,3	98,35
НСР _{0,05}	2,65	3,01	2,99	3,12

Таблица П.62. Содержание нитратного азота в почве после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	71,59	74,56	77,14	69,4
Азофоска 1 д.	86,54	75,32	82,57	93,52
Азофоска 2 д.	95,52	97,89	107,43	99,39
Нитроаммофоска S 1 д.	80,85	86,21	93,95	101,73
Нитроаммофоска S 2 д.	86,39	92,96	102,6	109,16
Универсал 1 д.	84,78	88,73	91,38	96,22
Универсал 2 д.	90,49	94,86	101,56	109,3
Нитроаммофоска 1 д.	87,6	86,63	96,2	105,6
Нитроаммофоска 2 д.	97,45	102,68	114,3	115,76
НСР _{0,05}	2,13	1,15	1,98	2,01

Таблица П.63. Содержание подвижных форм фосфора, калия, кислотрастворимых форм меди и цинка в почве после последнего укоса в 2020 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	Фосфор	Калий	Медь	Цинк
Контроль	220,2	199,56	13,6	56,3
Азофоска 1 д.	200,9	227,0	19,8	58,6
Азофоска 2 д.	199,8	229,5	18,6	56,9
Нитроаммофоска S 1 д.	196,6	214,0	17,1	64,4
Нитроаммофоска S 2 д.	221,8	230,0	16,5	53,6
Универсал 1 д.	225,9	200,3	17,6	55,5
Универсал 2 д.	240,0	243,5	19,0	60,0
Нитроаммофоска 1 д.	224,6	207,5	15,4	54,2
Нитроаммофоска 2 д.	242,5	226,3	16,3	62,2
НСР _{0,05}	9,1	3,87	0,98	1,01

Таблица П.64. Содержание подвижного фосфора в почве после последнего укоса в 2021 и 2022 гг., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	2021 г.	2022 г.
Контроль	206,0	184,1
Азофоска 1 д.	209,3	198,5
Азофоска 2 д.	205,6	211,0
Нитроаммофоска S 1 д.	200,0	207,7
Нитроаммофоска S 2 д.	215,8	225,3
Универсал 1 д.	234,4	241,2
Универсал 2 д.	259,3	260,0
Нитроаммофоска 1 д.	237,4	251,1
Нитроаммофоска 2 д.	253,7	271,1
НСР _{0,05}	5,8	3,4

Таблица П.65. Содержание подвижного калия в почве после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	106	100,6	75,1	140,1
Азофоска 1 д.	146,2	110,5	188,9	165,6
Азофоска 2 д.	138,2	210,9	158,2	198,1
Нитроаммофоска S 1 д.	136,6	214,7	175,4	194,1
Нитроаммофоска S 2 д.	277,2	267,9	211,3	203,2
Универсал 1 д.	132,6	87,0	96,35	184,0
Универсал 2 д.	157,9	140,1	124,48	199,8
Нитроаммофоска 1 д.	124,3	171,7	163,61	202,3
Нитроаммофоска 2 д.	99,0	152,6	110,4	235,8
НСР _{0,05}	1,1	2,4	4,2	2,2

Таблица П.66. Содержание подвижного калия в почве после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	97,6	110,4	113,8	130,6
Азофоска 1 д.	104,4	116,2	135,0	173,6
Азофоска 2 д.	156,5	179,3	186,2	194,7
Нитроаммофоска S 1 д.	168,4	182,8	201,9	209,3
Нитроаммофоска S 2 д.	204,5	218,1	246,6	238,8
Универсал 1 д.	170,4	178,2	189,3	197,5
Универсал 2 д.	184,5	190,9	204,2	210,8
Нитроаммофоска 1 д.	181,7	205,3	227,7	245,0
Нитроаммофоска 2 д.	221,5	230,8	246,3	258,5
НСР _{0,05}	4.8	5.2	4,3	5,1

Таблица П.67. Содержание кислотрастворимых форм меди (вытяжка 1 М НСl) в почве после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	21,03	21,58	20,75	20,14
Азофоска 1 д.	25,5	27,49	25,68	23,55
Азофоска 2 д.	29,44	28,96	25,33	22,7
Нитроаммофоска S 1 д.	25,3	26,77	25,19	24,8
Нитроаммофоска S 2 д.	25,75	26,5	26,1	25,9
Универсал 1 д.	24,18	26,37	23,59	22,85
Универсал 2 д.	25,22	27,95	25,78	24,13
Нитроаммофоска 1 д.	24,16	25,22	22,93	22,1
Нитроаммофоска 2 д.	25,1	26	25,37	24,46
НСР _{0,05}	0,5	0,9	0,4	0,8

Таблица П.68. Содержание кислотрастворимых форм меди (вытяжка 1 М НСl) в почве после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	30,0	28,4	27,4	25,4
Азофоска 1 д.	22,8	29,3	28,2	24,9
Азофоска 2 д.	26,3	30,9	32,7	31,4
Нитроаммофоска S 1 д.	20,5	26,1	26,8	26,3
Нитроаммофоска S 2 д.	22,7	27,2	24,4	22,7
Универсал 1 д.	21,7	26,2	28,4	30,7
Универсал 2 д.	27,5	29,8	31,6	32,8
Нитроаммофоска 1 д.	22,4	26,2	24,3	25,3
Нитроаммофоска 2 д.	23,8	28,2	27,8	26,1
НСР _{0,05}	0,6	1,0	0,7	0,5

Таблица П.69. Содержание кислотрастворимых форм цинка (вытяжка 1 М НСl) в почве после каждого укоса в 2021 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	42,7	45,2	48,4	51,0
Азофоска 1 д.	66,8	63,79	68,2	58,0
Азофоска 2 д.	73,2	71,2	67,8	61,5
Нитроаммофоска S 1 д.	69,5	74,6	72,6	70,0
Нитроаммофоска S 2 д.	76,7	78,49	73,2	74,9
Универсал 1 д.	68,3	79,0	65,6	64,3
Универсал 2 д.	70,8	67,5	77,4	71,1
Нитроаммофоска 1 д.	65,6	59,3	60,5	67,4
Нитроаммофоска 2 д.	64,2	71,5	68,8	63,6
НСР _{0,05}	1,3	1,7	2,4	3,1

Таблица П.70. Содержание кислотрастворимых форм цинка (вытяжка 1 М НСl) в почве после каждого укоса в 2022 г., мг/кг, опыт № 2

Варианты опыта	1 укос	2 укос	3 укос	4 укос
Контроль	37,0	39,8	35,4	36,5
Азофоска 1 д.	57,1	68,5	62,7	66,7
Азофоска 2 д.	61,5	71,3	67,9	67,1
Нитроаммофоска S 1 д.	56,4	60,4	63,5	62,2
Нитроаммофоска S 2 д.	64,0	64,5	68,3	67,3
Универсал 1 д.	61,7	70,0	73,2	75,6
Универсал 2 д.	63,6	75,5	79,1	79,0
Нитроаммофоска 1 д.	52,6	68,1	64,5	61,3
Нитроаммофоска 2 д.	56,7	64,6	66,5	67,9
НСР _{0,05}	3,3	3,7	2,8	3,3