

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
факультет почвоведения

На правах рукописи

Соловьев Андрей Сергеевич

КРЕМНЕСОДЕРЖАЩИЕ ВЕЩЕСТВА ДИАТОМИТ И ТРЕПЕЛ В АГРОХИМИЧЕСКОМ
КОМПЛЕКСЕ МЕР ПРИ КУЛЬТИВИРОВАНИИ ГАЗОННЫХ ТРАВ

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук, профессор
Надежда Владимировна Верховцева

Москва – 2015

Содержание:	Стр.
Введение	3-9
Глава 1. Историко-теоретические аспекты создания и поддержания газона. Обзор литературы	10-40
1.1. Историческая справка о создании газонов	12-14
1.2. Создание и поддержание современного газона ..	14-28
1.3. Кремний в почве и его влияние на растения...	28-32
1.4. Кремнесодержащие соединения при создании и поддержании газонов.....	32-40
Глава 2. Объекты и методы исследований.....	41-45
Глава 3. Результаты и их обсуждение.....	46-73
3.1. Метеорологические условия при проведении мелкоделяночных опытов.....	46-47
3.2. Агрохимическая характеристика почвогрунтов..	48-52
3.3. Биомасса, проективное покрытие, содержание основных питательных элементов и кремния в растениях газона.....	52-63
3.4. Вынос основных питательных элементов и кремния.....	63-65
3.5. Содержание водорастворимых углеводов в растениях.....	65-68
3.6. Микробиологические показатели почвогрунта при выращивании газона.....	69-73
Выводы	73-74
Список литературы.....	75-91
Приложение.....	92-115

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Классический газон — это злаковый биогеоценоз преимущественно многолетних видов семейства (*Poaceae*) (Тюльдюков, 1995; Князева, 2004), производящий эффект зеленого ковра, выровненного относительно поверхности почвы, который имеет одновременно выраженную низкорослость, сомкнутость, и высокую гомогенную густоту надземных органов. Газон стал неотъемлемым элементом декора ландшафта города, откосов дорог, детских и спортивных площадок, вдоль автомобильных дорог, выполняя, кроме высоко эстетичной, также экологические функции — поглощает пыль и углекислый газ, выделяет кислород и фитонциды, защищает открытые почвенные участки от ветровой и водной эрозии и т.д.

В современной Москве большинство газонов находятся в угнетенном состоянии. Причина этого вызвана целым рядом факторов. Наряду с тяжелыми климатическими условиями мегаполиса — теплые бесснежные зимы и засушливые летние периоды, наиболее сильное влияние оказывают и абиотические факторы: несвоевременная стрижка и уборка газона, использование бедного основными элементами питания, такими, как азот, фосфор и калий (N,P,K), верхового торфа в основе применяемого торфогрунта, необязательное внесение, как основного удобрения, так и подкормок, отсутствие необходимого полива и повышенная нагрузка на газонное покрытие — вытаптывание и механическое уплотнение. В результате в отношении агрохимической поддержки газоноведения не выдерживается оптимальное отношение N:P:K, которое должно составлять 3:1:2 или 4:2:2 (Федоров, 2002). Применение в качестве основного удобрения комбинированных удобрений, в основном состава N:P:K=1:1:1 (Mills, 2000) улучшает агрохимические показатели почвы, однако не учитывается специфика газонных покрытий в отношении интенсивности развития устойчивого травостоя и образования дернины.

Наряду с недостатком или несбалансированностью основных элементов питания, таких как азот, фосфор, калий, газонные травы нуждаются в кремнии. Несмотря на высокое содержание кремния в почвенной среде, он в большинстве своем недоступен или малодоступен для растений. Кремний – один из основных наиболее необходимых элементов для формирования устойчивого к стрессовым воздействиям газона (Carpita, 1996; Lanning, 1992; Sarkar, 2009). Для нормального развития растений концентрация монокремниевой кислоты в почвенном растворе должна быть не менее 20 мг/кг почвы (Красноперова, 2003), однако ее содержание во многих почвах редко превышает это значение. В ряде работ показано, что доступный кремний эффективно влияет на рост и развитие растений, а также на доступность элементов питания (Miao, 2010; Wallace, 1976; Капранов, 2010; Капранов, 2009; Бочарникова, 2007).

Проблема неразработанности научно-обоснованной агрохимической поддержки газонных покрытий определила актуальность такого исследования и послужила основанием выбора темы нашей научной работы.

Степень разработанности темы исследования

Теоретические и прикладные аспекты устройства и содержания газонов разного назначения приведены в работах (Петрова, 1998; Цицина, 1977; Головач, 1955; Агафонов, 2003), но в историческом плане первый научный опыт в отечественном газоноведении обобщен в фундаментальном труде (впервые издан в 1877 г.) Р.И. Шредера – главного садовника при Петровской лесной и земледельческой академии, ныне РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева (Шредер, 2008).

В последние два десятилетия создание газонов и газонный уход стал целью защитников окружающей среды (Stein, 1993), что, по-видимому, стимулировало создание в Соединенных Штатах Национальной ассоциации для работающих в саду (National Gardening Association, 1997), которая занимается многими вопросами, связанными с газоноведением, в том числе и удобрением газонов (Carpenter, 1999). Для разных регионов Соединенных

Штатов профессионалами разработаны программы по использованию минеральных, органоминеральных и органических удобрений совместно с пестицидами, которые экономически выгодны и сохраняют эстетическое качество газонов (Casceres, 2010).

Однако, относительно агрохимической поддержки газонов мнения неоднозначны и даже противоречивы. Так, в иностранных источниках приводятся сведения об удобрении газонов перед посевом комбинированными удобрениями и специальными смесями для газонов, в которых соотношение N: P: K = 16:6:6 (Mills, 2000; Henry, 2002), т.е. с высоким содержанием азота, но при этом набор видов трав в газонной смеси отличается от отечественных. В частности, в Европейских странах и Соединенных штатах Америки в газонных смесях часто присутствует бермудская трава (*Cynodon dactylon*), которая по физиологии является культурой с C4 фотосинтезом, и, соответственно, требует для своего произрастания повышенную инсоляцию и температуру, но обладает высокой устойчивостью к вытаптыванию.

Научные публикации по исследованию влияния кремния на рост и развитие газонных трав, как в теоретическом, так и в практическом аспекте в отечественной научной литературе нами не найдены, тогда как опубликовано большое количество работ по влиянию кремния на зерновые, овощные, садоводческие культуры и на качество почвы в целом (Капранов, 2009; Бочарникова, 2007; Матыченков, 2007; Бочарникова, 2011; Самсонова, 2005; Андроникашвили, 2008).

Анализ зарубежной литературы показывает большой интерес иностранных авторов к проблеме прикладного применения кремниевых удобрений на газонные покрытия (Mills, 2000; Henry, 2002; Lanning, 1992; Carpita, 1996; Sarkar, 2009). В данных исследованиях, кремний рассматривается с точки зрения биохимически активного вещества, влияющего не только на доступность питательных элементов из почвы, но и на саму клеточную стенку, увеличивая стрессоустойчивость растений.

Однако, как было отмечено еще двадцать лет назад (Epstein, 1994) «единой теории» кремния в биологии и сельском хозяйстве пока не разработано. Эта проблема в теоретическом плане остается не решенной и в настоящее время, что определяет ее актуальность, а в практическом аспекте тормозит использование кремнесодержащих веществ (в частности диатомита и трепела) в агрохимическом комплексе мер при культивировании газонных травостоев.

Цель диссертационной работы – показать воздействие кремния в виде диатомита и трепела на рост и развитие газонных травосмесей в условиях г. Москва.

Задачи исследований:

- 1) Оценить агрохимические показатели грунта «Московского экологического регистра» (МЭР) в процессе вегетации газона при агрохимическом комплексе мер при культивировании газонных травостоев.
- 2) Провести анализ величины биомассы и проективного покрытия при формировании газона в разных метеорологических условиях за двухлетний период вегетации.
- 3) Проанализировать содержание основных питательных элементов (NPK) и кремния в растениях газона.
- 4) Определить содержания растворимых углеводов в биомассе растений в разные погодные периоды формирования газона.
- 5) Оценить влияние полного минерального удобрения и кремнесодержащих соединений на численность микроорганизмов основных физиологических групп цикла азота.

Научная новизна

Данное исследование проводилось непосредственно в черте крупного мегаполиса, в условиях максимально приближенным к реальным. Впервые рассматриваются кремнесодержащие агроруды диатомит и трепел как удобрение для газонов на фоне полного минерального удобрения (NPK) и без

него и оценено их воздействие на рост, поглощение питательных элементов растениями и скорость задернения газона в их последствии. Впервые показано положительное влияние кремнесодержащих соединений диатомита и трепела на фоне полного минерального удобрения, а также в условиях стресса – засухи или холодной и дождливой погоды.

Показано влияние кремнесодержащих соединений диатомита и трепела на повышение содержания растворимых углеводов (дисахаридов) в биомассе трав в стрессовый полужасушливый период формирования газонного покрытия.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическое значение имеют данные работы о влиянии кремнесодержащих агроруд на такие биохимические показатели как содержание основных питательных элементов в растении и повышение их содержания при увеличении поглощения кремния, а также повышенное содержание дисахаридов, как средство растений переживать периоды дефицита воды в результате чего повышается стрессоустойчивость газона.

Практическая значимость применения агроруд – увеличение срока эксплуатации газонных покрытий, сокращение количество пыли и грязи на улицах города, снижение «запечатанности» почвы в асфальтовые покрытия и соответствующее улучшение экологическую ситуацию мегаполиса

Методология и методы исследования

Исследования по теме проводились с использованием различных методов изучения биологических объектов, основными из которых являются потенциометрические, атомная спектрометрия, фотометрические, аналитические и чашечный метод Коха для подсчета численности различных физиологических групп микроорганизмов. Результаты опытов обрабатывались с помощью статистических методов, рекомендованных для естественных наук.

Положения выносимые на защиту

- Применение агроруд диатомита и трепела эффективно при

выращивании газонов злаковых культур как на фоне полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$, так и как основное кремнесодержащее удобрение.

- Диатомит и трепел увеличивали содержание основных элементов питания в газонном травостое: в первый год вегетации – азота, во второй год – калия и кремния.
- Внесение кремния в виде диатомита и трепела в качестве основного удобрения оказало существенное влияние на биомассу растений газона: наблюдался эффект «буферности» для развития растений – в благоприятный климатический период биомасса трав снижалась, в условиях температурного и водного стресса – увеличивалась.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается детальной проработкой литературных источников отечественных и зарубежных авторов по теме диссертации, обоснованным выбором необходимого количества повторностей при планировании мелкоделяночного опыта, применением современных инструментальных методов анализа, публикацией основных положений диссертации. Для математической обработки результатов исследований использованы прикладные компьютерные программы. Материалы исследования по теме диссертационной работы апробированы в конкурсной программе для молодых ученых «УМНИК» (Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса) МГУ имени М.В. Ломоносова), апрель 2011 г., на XIV международной научно-практической конференции «Теория и практика современной науки», г. Москва, 2-3 июля 2014 г., на кафедре агрохимии и биохимии растений факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова.

Благодарности

Выражаю глубокую признательность: своему научному руководителю д.б.н. профессору Н.В. Верховцевой за помощь и поддержку на всех этапах

выполнения работы, терпение и настойчивость, неподдельный интерес к теме исследования. Особую благодарность автор выражает заведующему кафедрой агрохимии и биохимии растений МГУ им М.В. Ломоносова академику В.Г. Минееву и сотрудникам кафедры за возможность проведения полевого опыта на территории университета и полученный свой бесценный опыт, а также лично к.б.н. Е.Б. Пашкевич за ценные советы в процессе выполнения практической части работы. Выражаю благодарность д.б.н., ведущему научному сотруднику В.Н. Капанову за предоставление необходимых для работы кремнесодержащих веществ и теоретические советы.

Глава 1. Историко-теоретические аспекты создания и поддержания газона. Обзор литературы

Газон (от фр. *gazon*) — искусственный дерновый покров, создаваемый на однородном участке путем выращивания различных трав, преимущественно многолетних злаковых видов (*Poaceae*) (Тюльдюков, 1995; Князева, 2000).

Под словами искусственный покров в данном определении понимается возможность превращения естественных травостоев в газоны за счет определенных мероприятий по уходу за ними. То есть газонами могут быть не только травостои, выращенные из семян, но и созданные на месте луга путем регулярного покоса, подкормок и общепринятых агротехнических приемов, что позволяет создать культурное травяное покрытие. Таким образом, на территориях лесопарков, аэродромов, скверов и других территорий, не испытывающих столь высокой антропогенной нагрузки, с этими же функциями справляются и дернообразующие покрытия (Уразбахтин, 2005).

Знания о травостоях газонного типа, как о дерне вообще, накапливались в ходе развития человека и человеческого общества. В истории развития знаний о дерне и газонах выделяют 4 этапа (Петрова, 1998):

1. Первобытное познание.
2. Целенаправленное утилитарное.
3. Целенаправленное декоративное использование.
4. Газоноведение.

Познания о том, как создавать и поддерживать культурное газонное покрытие, накапливались, начиная с античных времен, и продолжают углубляться и расширяться в настоящее время (Цицина, 1977; Газоны, 1984;

Головач, 1955; Агафонов, 2003; Лепкович, 2003; Кобозев, 2005). Преемственность идей и практического опыта в газоноведении, хотя и имеет многовековую историю, но основополагающие позиции в создании плотного, ровного, зеленого и устойчивого к вытаптыванию газона были сформированы из 300-летнего опыта создания английского газона – **газон надо регулярно скашивать и поливать**. К этому заключению пришли эмпирически, и в дальнейшем подтвердили физиолого-биохимическими особенностями развития надземной части и дернины травостоя (Кобозев, 2005; Кочарян, 2000).

Однако, как говорилось ранее, относительно агрохимической поддержки газонов мнения неоднозначны и даже противоречивы. Так, в иностранных источниках приводятся сведения об удобрении газонов перед посевом комбинированными удобрениями и специальными смесями для газонов, в которых соотношение N: P: K = 16:6:6 (Mills, 2000; Henry, 2002). Но надо отметить, что и набор видов трав в газонной смеси отличается от отечественных. В частности, в Европейских странах и Соединенных штатах Америки в газонных смесях часто присутствует бермудская трава (*Cynodon dactylon* (L.)), которая по физиологии является культурой с C4 фотосинтезом, и, соответственно, требует для своего произрастания повышенную инсоляцию и температуру, но обладает высокой устойчивостью к вытаптыванию. Поэтому этот вид злака широко используется на грин (green) части гольф-полей (Worster, 2008). В России соотношение основных питательных элементов в составе полного минерального удобрения под газоны N: P: K = 1:1,5:1 или 1:2:2 в зависимости от гранулометрического состава и плодородия почвы, что по современным представлениям физиологии корневого питания обеспечивает лучшие условия для развития корневой системы растения, т.к. при недостатке фосфора поглощательная система развивается слабо, особенно в ранний период (Кузнецов, 2005). Приостанавливается рост и развитие всего растения в связи с подавлением фотосинтеза при дефиците фосфора (Полевой, 1991) и, соответственно,

формирование дернины. Но надо отметить, что для газонов гольф-полей с доминирующей или даже основной культурой *Cynodon dactylon* главным считается соотношение $N:K = 1:1$ или $0,6:1$, что, как показано, оптимально для укоренения травостоя (Peacock, 1997; Rodriguez, 2001), без дополнительного внесения фосфора. Однако, на сформированный травостой гольф-поля вносят и фосфорные удобрения в соотношении с азотными $N:P = 2,5:1$ (Rodriguez, 2001). Следовательно, все зависит от физиологии применяемых трав и от предназначения газона.

1.1. Историческая справка о создании газонов

Первые упоминания о газоне, как о специфическом травянистом покрове, возникают еще в античные времена Римской Империи, однако конкретных свидетельств этого крайне мало. Самый ранний рисунок газона обнаружен в одной из рукописей европейского происхождения, датируемой периодом между 14 и 16 веками. Сочинение Достоинства загородной жизни (The Advantages of Country Living) приводит правила создания газона. Участок очищали от сорных трав и корней многолетних сорняков и поливали кипятком. Затем на выровненную почву укладывали срезанный на лугу дерн. Средневековый газон представлял собой аналог современного мавританского газона, а именно цветущий луг с гвоздиками (*Dianthus*), барвинком (*Vinca*) первоцветами (*Primula*) и многими другими низкорослыми растениями.

Сведения о газонах в исторических описаниях относятся к газону в континентальной Европе, об английском газоне того времени письменных свидетельств не найдено. Историческая справка о газоноведении в Соединенных Штатах приведена в следующей публикации (Jenkins, 1995), а история создания гольф-полей в течение 19 столетия и на начало 20-ого на примере трех стран (Шотландии, Англии и Соединенных Штатов) с учетом социальных аспектов рассмотрена в (Ceron-Anaya, 2010).

Английские газоны зародились внутри стен замков. Поначалу газон представлял собой лужайку, по которой на свежем воздухе прогуливались представители знатных семейств. На ней устанавливали покрытые дерном скамьи и устраивали прямоугольные площадки для игр. Интересно, что декоративный и спортивный газоны, видимо, различали с самого начала. Другим предком современного газона был внутренний монастырский садик.

Газоны делали не только из трав: достоверно известно, что покрытие газона часто устраивали из ромашки (*Matricaria*). В литературе того времени на сей счет, приводил соответствующие рекомендации шекспировский Фальстаф, который отмечал, что чем более ходишь по ней (ромашке – по-видимому, речь шла о ромашке пахучей *Matricária discoídea*, которая относится к растению, устойчивому к вытаптыванию), тем быстрее она растет.

В начале XVII века эволюционное представление и опыт садоводов привел к созданию английского газона, который отличался ровным покровом низко стриженной травы и благодаря эстетической привлекательности зеленого цвета и своей красоте завоевал прочную репутацию в мире.

Еще через сто лет, в начале XVIII века наступила эпоха пейзажного стиля. Всю площадь сада стали занимать травы, деревья и вода, и по всей Англии на огромных пространствах начали регулярно косить и прикатывать траву.

С изобретением газонокосилки, травянистые лужайки стали больше напоминать современный газон – образовывалась более плотная дернина, повышалась оттавность злаков с увеличением количества укусов (Тюльдюков, 1995). С одной стороны, уход за газоном стал проще, однако принципиально изменился баланс питательных элементов, т.к. скошенная часть растений убиралась с лужайки чаще. Появилась необходимость в удобрениях и подкормках. С улучшением качества дернины, газоны все больше стали использоваться в спортивных целях, требуя к себе все больше внимания. Появилась профессия гринкипера, без которых не могут

существовать гольф поля. Газон стал неотъемлемым элементом декора ландшафта города, откосов дорог, детских и спортивных площадок, вдоль автомобильных дорог.

1.2. Создание и поддержание современного газона

Современный газон очень сложен и для его создания необходимо последовательно соблюдать ряд приемов, три из которых основные:

1. Подготовка почвы;
 2. Подбор подходящей травосмеси;
 3. Проведение необходимых агротехнических мероприятий
- внесение основного удобрения, микроэлементов, проведение подкормок, а также своевременное скашивание травостоя и подсев при изреженности (Сербина, 2003).

1. Подготовка почвы включает:

Проведение специальных агротехнических мероприятий, направленных на улучшение условий формирования дернины газонного покрытия. Следуя правилам создания, содержания и охраны зеленых насаждений, утвержденным департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы (Правила создания ..., 2010), необходимо выполнить следующие требования:

– Газоны необходимо устраивать на полностью подготовленном и спланированном основании из многокомпонентного искусственного почвогрунта заводского изготовления (сертифицированный грунт Московского экологического реестра) с соблюдением уклона основания и после обеспечения раздельного стока воды с плоскостных сооружений и внутрипочвенного стока при помощи бордюрных заграждений.

– Толщина плодородного слоя принимается для обыкновенного, партерного, разнотравного и мавританского газонов – 20 см, спортивного – 25 см. Поверхность осевшего грунта должна быть меньше борта на 1-2 см

Применение торфа в качестве грунта недопустимо. При создании партерных или спортивных газонов обязательно проводится тщательное просеивание земли для очистки от корневищ нежелательной растительности и прочих включений или обработка гербицидами.

– Перед посевом газонных травосмесей, верхний слой необходимо взрыхлить на глубину 8-10 см.

– Создавать газоны лучше в начале вегетационного сезона (первая половина мая) или в августе. При систематическом поливе посев можно производить в течение всего весенне-летнего периода.

2. Подбор подходящей травосмеси

Существует огромное количество травосмесей, которые подбираются для газонов в соответствии с его предназначением (Кочарян, 2000). Например, компания DLF Trifolium – мировой лидер по производству газонных травосмесей, насчитывает около 50 видов травосмесей. В основном, все смеси состоят из различных видов мятлика, овсяницы, райграса, полевицы, тимофеевки, ежи и клевера, а именно:

Овсяница красная красная (*Festuca rubra rubra*)

Овсяница красная жесткая (*Festuca rubra comutata*)

Овсяница красная волосянистая (*Festuca rubra trichophylla*)

Овсяница тростниковая (*Festuca arundinacea*)

Овсяница овечья (*Festuca ovina*)

Овсяница луговая (*Festuca pratensis*)

Мятлик луговой (*Poa pratensis*)

Мятлик обыкновенный (*Poa trivialis*)

Мятлик сплюснутый (канадский) (*Poa compressa*)

Полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera*)

Полевица белая (*Agrostis alba*)

Полевица тонкая (*Agrostis tenuis*)

Райграс однолетний (*Lolium multiflorum*)

Райграс пастбищный (*Lolium perenne*)

Тимофеевка луговая (*Phleum pratense*)
 Кострец безостый (*Bromus inermis*)
 Клевер ползучий (белый) (*Trifolium repens*)
 Клевер луговой (красный) (*Trifolium pratense*)
 Клевер гибридный (розовый) (*Trifolium hybridum*)
 Донник белый (*Melilotus alba*)
 Донник желтый (*Melilotus officinalis*)
 Ежа сборная (*Dactylis glomerata*)
 Козлятник восточный (*Galega orientalis*)
 Житняк пустынный (*Agropyron desetorum*)
 Житняк сибирский (*Agropyron sibiricum*)
 Житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*)
 Пальчатник или бермудская трава (*Cynodon dactylon*)

Используются только лучшие сорта газонных трав, обладающие уникальными свойствами: устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, вытаптыванию, высокой газо-, солеустойчивостью и фотосинтетической активностью, теневыносливостью или устойчивостью к повышенной инсоляции на открытых территориях, способностью к нейтрализации токсичных соединений и прочее.

Газонные травостои можно разделить на два основных типа: однородные (одновидовые) и смешенные (многовидовые). Одновидовые травосмеси составляют из дёрнообразующих злаков одного сорта, смешанные из растений двух сортов (видов) и более. Смешанный газонный травостой подразделяется на травосмеси и сортосмеси. Сортосмеси состоят из сортов одного вида. Травосмеси формируются из различных видов злаков (Тюльдюков, Кобозев, 2001).

Создание газона из одного вида травы не рекомендуется, т.к. неблагоприятный почвенный или погодный фактор, отрицательно влияя на этот вид, создаёт условия для потери всего газона. Выбор типа смеси (партерный, декоративный, спортивный) определяется целью и

планируемыми нагрузками. Необходимо сеять смесь из 3-6 взаимодополняющих видов и сортов трав, создавая тем самым достаточно долговечный газон (Сербина, 2003).

Накопленный опыт даёт основание считать, что для обыкновенных газонов травосмеси целесообразнее составлять из 2-3 видов злаковых трав, хорошо адаптированных к местным почвенно-климатическим условиям (Тюльдюков, Кобозев, 2001).

Применение травосмесей при устройстве газона призвано нивелировать различие в климатических условиях по годам. Наличие в травостое различных по своим агроэкологическим потребностям видов злаков должно повысить приспособленность травостоя к изменению условий увлажнения и теплового режима, которые сильно варьируют по годам (Уразбахтин, 2004).

В состав смесей подбирают виды по типу роста и развития, имеющие разные требования. Так, смесь из 3-5 видов трав легче приспосабливаются и выживают на участке при различных погодных условиях, чем травы одного вида (Нестерова, 2002).

Трава, составляющая газон, является многолетней и должна отвечать следующим требованиям:

1. Хорошо переносить кошение.
2. Медленно отрастать.
3. Образовывать густую и плотную дернину.
4. Хорошо переносить существующие климатические условия.
5. Постоянно обладать декоративностью, т.е. выглядеть красивой и привлекательной.

Подобрать такое растение очень сложно, поэтому составляется травосмесь, в которой одно растение как бы дополняет другое. При подборе их группируют в зависимости от предназначения. В настоящее время в продаже имеются травосмеси газонных трав для партерного газона, обычного

газона, спортивного газона, теневыносливого газона. Также существуют травосмеси для мавританских газонов (Кочережко, 2003)

Все травосмеси должны отвечать условиям произрастания и быть наиболее оптимальны в развитии, учитывая специфику и назначение, поэтому пропорции компонентов в травосмеси подбираются, исходя из этих требований. Например, в работе американских исследователей для суглинистой почвы с pH 6,8 – 7,1 на участке с уклоном не более 2% использовалась травосмесь следующего состава: *Poa pratensis* (80%), *Schedonorus arundinaceus* (*Festuca arundinacea*)(10%), *Festuca rubra* (6%), *Lolium perenne* (4%) (Caceres, 2010). Для сравнения универсальная газонная смесь злаковых трав «Изумрудная поляна люкс» агрофирмы «Поиск», соответствующая ГОСТу Р 52325-2005, содержит:

1. Овсяница красная красная – *Festuca rubra rubra* – 25%;
2. Овсяница красная жесткая (скупенная) – *Festuca rubra commutata* – 25%;
3. Мятлик луговой – *Poa pratensis* – 15%;
4. Овсяница овечья – *Festuca ovina* – 20%;
5. Райграс многолетний (пастбищный, английский) – *Lolium perenne* – 15%.

То есть, в универсальной смеси нет такого одного доминантного вида, как в американском исследовании *Poa pratensis* (80%). С экологических позиций это должно обеспечивать универсальной смеси адаптационную гибкость и физиологическую устойчивость фитоценоза, так как травосмеси, если они правильно подобраны, создают более прочную на разрыв дернину и более устойчивый травостой, чем чистые одновидовые посевы.

Один из главных принципов смешивания газонных трав - необходимо совмещать травы с разными типами кушения. Например, корневищные или корневищно-рыхлокустовые травы + рыхлокустовые + плотнокустовые + стержнекорневые и т. д.

Из перечисленного списка к видам трав с разными формами кушения относятся: корневищные: Кострец безостый (*Bromus inermis*); корневищно-

рыхлокустовые: Мятлик луговой (*Poa pratensis*), Овсяница красная красная (*Festuca rubra rubra*); Рыхлокустовые: Тимофеевка луговая (*Phleum pratense*), Овсяница луговая (*Festuca pratensis*), Райграс пастбищный (*Lolium perenne*), Ежа сборная (*Dactylis glomerata*); плотнокустовые: Овсяница красная жесткая (*Festuca rubra comutata*), Полевица побегоносная (*Agrostis stolonifera*).

Таким образом, в смеси трав, которая была приведена выше (Caceres, 2010), где *Poa pratensis* составлял 80%, используемый газон не предназначался для серьезных нагрузок к вытаптываю (садово-парковый травяной покров для отдыха) и основной его характеристикой была мягкость и эстетическая привлекательность ярко-зеленого травяного покрытия. Корневищно-рыхлокустовой доминантный злак, с небольшим содержанием других, более жестких трав (в сумме около 20%), по-видимому, удовлетворяет формированию такого газона.

При составлении газонных травосмесей необходимо учитывать цвет травостоя, высоту роста, габитус куста, ширину листьев и другие признаки с тем, чтобы в результате получить вполне однородный и красивый газон (Кутузов, 2002).

Примером данного подбора может выступить хорошо зарекомендовавшая себя универсальная травосмесь «Изумрудная поляна», состав которой был приведен выше. В нем в сумме два вида овсяницы *Festuca rubra rubra* (25%) и *Festuca rubra commutata* (25%) составляют 50%, то есть доминируют корневищно-рыхлокустовые травы + плотнокустовые злаки. То есть, прежде всего, при подборе травосмеси обеспечивают условия для создания дернины. Необходимо, чтобы смешиваемые травы были более или менее близкими по экотипу, т. е. чтобы все они подходили для выращивания в данной почвенно-климатической зоне.

По сочетанию условий увлажнения и температуры воздуха выделяют 12 агроклиматических регионов России условно можно разделить на три зоны по ассортименту газонных злаковых трав и почвопокровных растений, используемых для создания различных типов газонов и дерновых покрытий специального назначения.

Первая зона - влажная, холодная или умеренно теплая зона.

Партерный газон: мятлик луговой, овсяница красная, овсяница луговая, овсяница разнолистная, овсяница тростниковая;

Садово-парковый газон: житняк сибирский, мятлик болотный, мятлик лесной, мятлик луговой, овсяница красная, овсяница луговая, овсяница овечья, овсяница разнолистная, овсяница тростниковая;

Луговой газон: житняк сибирский, мятлик болотный, мятлик лесной, мятлик луговой, овсяница луговая, овсяница овечья, овсяница тростниковая, пырей ползучий, тимофеевка луговая.

Вторая зона - недостаточно влажная, теплая зона.

Партерный газон: мятлик луговой, мятлик узколистный, овсяница красная, овсяница луговая, овсяница разнолистная, полевица тонкая;

Садово-парковый газон: мятлик луговой, мятлик однолетний ползучий, мятлик сплюснутый, мятлик узколистный, овсяница красная, овсяница овечья, овсяница разнолистная, овсяница тростниковая, овсяница шершаволистная, полевица белая, полевица побегоносная, полевица тонкая, райграс пастбищный;

Луговой газон: мятлик луговой, мятлик сплюснутый, мятлик узколистный, овсяница луговая, овсяница овечья, овсяница тростниковая, овсяница шершаволистная, полевица белая, полевица побегоносная, полевица тонкая, пырей ползучий, тимофеевка луговая.

Третья зона - очень теплая засушливая или полусушливая зона:

Партерный газон: мятлик узколистный, овсяница красная;

Садово-парковый газон: житняк гребенчатый, житняк пестынный, кострец солончаковый, ломкоколосник ситниковый, мятлик сплюснутый,

мятлик узколистый, овсяница бороздчатая, овсяница красная, овсяница луговая, овсяница овечья, овсяница шершаволистная, полевица побегоносная, пырей удлиненный, райграс многоцветковый, райграс пастбищный, свинорой пальчатый;

Луговой газон: кострец солончаковый, овсяница луговая, пырей удлиненный (Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог, 1998).

На территориях с особыми климатическими условиями нашей страны проводятся работы по интродукции некоторых видов трав (Мифтахова, 2005) и разрабатываются агротехнологические приемы их возделывания (Субботина, 2006).

3. Проведение необходимых агротехнических мероприятий

Самым важным пунктом, после подготовки почвы и подбора травосмеси, является выполнение комплекса агротехнических мероприятий. Именно отсутствие правильной подкормки, стрижки, полива и подсева, является причиной угнетения газонов.

В соответствии с правилами, норма внесения полного минерального удобрения составляет $N_{40-50}P_{60-90}K_{40-60}$ кг/га для малоплодородных и тяжелосуглинистых почв и $N_{20-30}P_{40-60}K_{30-40}$ кг/га для слабопodzolistых и легкосуглинистых почв. Внесение микроэлементов и других агрохимических средств в качестве удобрений не рассматривается.

Режим питания газонных трав оказывает большое влияние на интенсивность побегообразования и формирования однородной дернины. Недостаток элементов питания вызывает ослабление роста и развития растений. Продуктивность и качество газонного травостоя во многом обусловлены густотой стояния растений, что связано с нормой и сроками внесения минеральных удобрений.

В литературе по данному вопросу имеются следующие рекомендации. Так, например, И.А. Алексеев (2000) считал, что частые скашивания, а также

регулярные поливы газонов вызывают необходимость дробного внесения удобрений после проведения косыбы в течение всего периода.

В.А. Тюльдинов (1997) указывает, что количество и формы внесения удобрений должны выбираться в соответствии с типами почв и целевым назначением трав. Он рекомендует внесение полного удобрения весной и применения ряда подкормок азотными удобрениями в течение сезона роста.

И.П. Киселева (1981) подчеркивала, что наиболее положительный эффект на рост, кущение и накопление корней трав оказывает внесение полного минерального удобрения NPK на фоне торфа и извести, на супесчаной почве в дозе азота 60 кг/га д. в. в три срока, фосфора 30 кг/га д.в. калия – 45 кг/га д.в.; на суглинистой почве в дозе $N_{60}P_{20}K_{30}$. Увеличение дозы азота до 30 кг с внесением в три срока приводит к более быстрому росту трав и более частому скашиванию. Таким образом, доза удобрения на вегетационный сезон при заданном соотношении элементов составляет: азота – 25, фосфора – 8,3, калия – 12,5 г/м или 250 кг/га азота, 83 – фосфора и 125 кг/га калия.

Л.А. Кирильчик (1971) полагает, что рациональное применение удобрений позволяет в 1,5-2 раза повысить проективное покрытие почвы газонных участков, улучшить рост и формирование выращиваемых декоративных травостоев. Наиболее эффективным является поверхностное внесение удобрений, при котором многолетние травы накапливают питательные вещества в зонах узлов кущения.

Одной из причин отсутствия яркого зеленого цвета газона является недостаток необходимого количества питательных минеральных веществ в почве. Следует отметить, что минеральные вещества из-за быстрого их потребления корневой системой, а также многократного кошения и связанного с этим расходования органических веществ вместе с микро – и макроэлементами, вынуждают увеличивать дозы подкормки. Интенсивность потребления минеральных удобрений зависит от ассортимента трав, типа почвы, количества осадков, температуры, продолжительности

вегетационного периода, частоты скашивания, интенсивности использования.

Рекомендуется ограничивать внесение азотных удобрений поздней осенью, т.к. создаются благоприятные условия для развития снежной плесени в предвесенний период. Минеральные подкормки, из-за быстрого их потребления корневой системой трав, многократного скашивания, должны вноситься систематически, сразу, как только будет замечено ослабление зеленой окраски и кущения трав. Для большинства газонов, состоящих из мятлика лугового и овсяницы красной, внесение только азота из расчета 0,45 - 0,9 кг/100 м² газона является достаточным при разовом его внесении.

Лучшими из органических удобрений являются навоз и хорошо приготовленные навозно-торфяные компосты, внесенные под вспашку перед посевом газона в дозе 60 – 100 т/га.

Кислые почвы необходимо известковать из расчета по полной гидролитической кислотности.

Также необходимо следить, чтобы после внесения удобрений pH почвы был в пределах 6-7. Для нейтрализации кислотности, вызванной азотными удобрениями, в почву добавляют 1,4 кг извести на каждые 14 кг азота. При внесении больших доз азотных удобрений надо обогатить почву калием и при необходимости серой. На каждые 5,5 кг азота (по д.в.) необходимо предусмотреть 3,5 кг калия и 1,6 кг серы (Абрамашвили, 1979). Это делается для сбалансированности физиологической потребности растения в создании своей биомассы. А именно, калий способствует транспорту основного продукта фотосинтеза – сахарозы – по растению в места, где происходит биосинтез белка, обеспечивая тем самым энергией этот важнейший процесс. Сера входит в состав белка (в аминокислоты цистин, цистеин, метионин, а также в железосерные белки ферредоксины и цитохромы – важнейшие белки фотосинтеза и дыхания растений), а также в состав высокоэнергетических соединений (ацетилкоэнзима). Без последнего соединения невозможен основной синтетический цикл растения – цикл Кребса (Кузнецов, 2005).

При возрастании значений pH выше 7 усвояемость растениями меди, цинка, железа, марганца и бора резко сокращается из-за перехода этих элементов в нерастворимые соединения. В кислых почвах понижается также усвоение кальция и магния. Поэтому реакцию почвы следует периодически контролировать. При очень низких значениях pH (меньше 5) полезно применять физиологически щелочные удобрения (кальциевая или натриевая селитра), пока значения pH не достигнет 5,5–6,0. Если же pH находится в диапазоне от 5,5 до 6,5, то можно применять физиологически кислые удобрения (сульфат аммония, аммиачная селитра и др.). При значении pH выше 6,5 вносят в основном физиологически кислые удобрения.

Следует иметь в виду, что удобрения щелочного типа поддерживают рост грубых трав и сорняков и часто способствуют их распространению на газоне, что приводит к нарушению вида газона.

В зависимости от типа почвы различаются сроки, формы и дозы удобрений. Для дернового покрова разного видового состава трав установлены индивидуальные сроки внесения удобрений. Мятлик луговой хорошо реагирует на внесение азотных удобрений весной. При этом осенью уменьшаются его заболевания, улучшается рост корневой системы.

Показано, что для обеспечения нормального питания трав на спортивном газоне требуется внести в течение года следующее количество удобрений (в пересчете на д. в.): азота 95–120 кг (в том числе 15–20 кг в органической форме), фосфора 30–40 и калия 50–70 кг на 1 га (Абрамашвили, 1979).

В зарубежных странах на спортивный газон вносят более высокие дозы азота – от 112 до 165 кг (д.в. азота в течение года на 1 га), сроки внесения – 1 апреля, 15 мая, 15 сентября. Эти дозы в наших климатических условиях являются завышенными из-за непродолжительного вегетационного периода, однако, в южных районах страны они могут быть целесообразными.

На спортивном газоне недопустимы, как недостаток, так и избыток азота. Избыточное одностороннее азотное питание снижает устойчивость

побегов и листьев к механическим воздействиям, а азотное голодание, особенно весной и осенью, задерживает у злаков закладку новых почек в узле кущения, снижает их число, а, следовательно, и число новых побегов в кусте, что приводит к преждевременному старению и изреживанию дернины, как следствие, к развитию сорняков. Питание куста в предыдущий год определяет его жизнеспособность и качество травостоя в целом на следующий год.

Минимальным уровнем азотных удобрений можно ограничиться на декоративных газонах, где главная цель – поддержание окраски трав. На спортивном же газоне, наоборот, требуется более высокий уровень азота для ускорения отрастания трав после их повреждения.

Как показали наблюдения и исследования, проводившиеся с учетом погодных и почвенных условий, а также режима эксплуатации спортивного поля, внесение минеральных удобрений в дозах N_{85}, P_{24}, K_{40} благоприятно сказалось на улучшении побегообразования и кущении трав, формировании густого травяного покрова. Дробное внесение азотных удобрений весной дало лучшие результаты, чем разовое.

Весенняя некорневая жидкая азотная подкормка также положительно сказалась на жизнеспособности и отрастании трав, когда температура почвы была недостаточной для усвоения элементов питания корнями растений.

Высокая подвижность нитратного азота в почве приводит к значительным его потерям вследствие вымывания во время обильных осадков и поливов. Эти потери иногда достигают 25% и больше, особенно на газонах с легким гранулометрическим составом почвы и во время обильного выпадения осадков. При внесении удобрений весной в холодную почву реакцию дерновых трав на них можно наблюдать лишь по истечении некоторого времени, пока дневная температура не достигнет 16 – 20°C. В связи с этим возникает необходимость определения оптимальных сроков внесения, форм и доз азотных удобрений. Особенно это важно на легких супесчаных почвах, а также для районов с продолжительным теплым

осенним периодом и мягкой зимой с частыми оттепелями, где создаются благоприятные условия для интенсивной нитрификации азотных удобрений. На городских газонах во время поливов потери азота нитратов достигали 15%, причем, потери питательных элементов были большими на удобренных газонных участках, а именно: азота – 0,2–1,5 кг, фосфора – 0,2– 0,9 кг, калия – 4,1 кг на 1 га, в то время как на неудобренных газонных участках потери NPK были незначительные – 0,12; 0,14 и 1,54 кг, соответственно. На газонных участках с высокой инфильтрацией потери азота во время поливов были меньшими, чем на уплотненных участках с низкой водопроницаемостью.

При использовании комплексных (сложных) удобрений, содержащих азот, фосфор и калий, надо отдать предпочтение гранулированным удобрениям с большим процентом содержания азота, например, 10–6–4, 12–6–6, 20–10–10 и 23–7–7 (цифры указывают процент содержания азота, фосфора и калия в удобрениях). Нитрофоска не вызывает буйного роста трав, благодаря гранулированности легко просеивается сквозь травостой, не повреждая газона. Доза внесения 2,0–3,5 кг на 100 м².

Особое значение в формировании устойчивых газонов принадлежит доступному для растений кремнию, на котором более подробно остановимся далее.

Полив

Хорошо сформированный газон способствует сохранению влаги, но должен быть физиологически и экономически отрегулирован (Hilaire, 2010). При поливе необходимо принимать во внимание высоту стрижки газона, видовой состав трав, количество удобрений, однако существуют унифицированные нормы для полива газонов Москвы (Правительство Москвы, 2010)

Кратность поливов определяется по общему состоянию растений и по степени сухости почвы. На легких песчаных почвах в засушливый период

достаточно проводить поливы через каждые три дня с нормой полива 20-30 л/м², на глинистых – 1 раз в 7-10 дней с нормой полива 35-40 л/м².

Стрижка

Также в соответствии с правилами, стрижка газона производится по мере его отрастания в среднем до 10-15 см и производят укос до 5-8 см. Для партерных газонов скашивание производят каждые 10 дней, до высоты 3-5 см. После каждого скашивания партерных и обыкновенных газонов рекомендуется проводить укатывание дернового покрова (для сохранения влаги) и обязательно убирать срезанную траву. В условиях современного мегаполиса, при использовании недостаточно квалифицированной рабочей силы, существует проблема уборки скошенной травы. При этом газон становится изреженным и поросшим сорной растительностью.

Особого внимания требует поддержание придорожных газонов, т.к. эти территории подвергаются наибольшему стрессовым нагрузкам в виде различных видов загрязнения – газовых выхлопов автотранспорта, нефтепродуктов, солей противогололедных реагентов, поверхностно-активных веществ и прочее. Кажется, что такие полосы почвы удобнее «загонять» под асфальта-бетонные покрытия, но это существенно увеличит ее запечатанность в мегаполисе, которая в среднем в Москве составляет примерно 59 % (Прокофьева, 2004).

Специально разработанных приёмов агрохимической поддержки для таких газонов не разработано. Состав травосмеси, который используется для придорожных газонов по набору видов не отличается от спортивных, меняется только содержание отдельных видов. Поэтому с течением времени, происходит смена сукцессий придорожных биотопов злаковых сообществ газона на более выносливую сорную растительность: подорожник большой (*Plantago májor*), горец птичий (*Polygonum aviculare*), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina*), которая в значительной мере преобладает над злаковой

растительностью. Такая картина с состоянием газонов наиболее характерна в местах с повышенной проходимостью в результате вытаптывания.

Наряду с неблагоприятными климатическими условиями (летом температура возле дорог доходит до 50°C) и не выполнением правильной агротехнической поддержки (редкая стрижка и плохая уборка скошенной части), вытаптывание газона – одна из наиболее существенных проблем газонов Москвы. Оценочной характеристикой вытаптывания газона служит показатель износоустойчивости - это выносливость травостоя к проезду колёсного транспорта и вытаптыванию. За норму сильного вытаптывания считают 2400 шагов на м² травостоя через день или 1200 шагов ежедневно. Средней нагрузкой считается 1200 шагов на м² через день, а слабой - 600 шагов на м² каждые 6 дней. Считается, что при слабой нагрузке дерновое покрытие может сохраняться неопределённо долгое время при прочих благоприятных условиях, в которых они произрастают (Тюльдюков, Кобозев и др., 2001). В крупных мегаполисах износоустойчивость газона подвергается интенсивным нагрузкам, зачастую гораздо большим показателя сильного вытаптывания.

В сложившейся ситуации, целесообразно использовать и изучать действие агрохимических средств, которые способны повышать стрессоустойчивость газонных трав. Под устойчивостью понимают способность растений сохранять постоянство внутренней среды (поддерживать гомеостаз) и осуществлять жизненный цикл в условиях действия стрессоров (Физиология растений, 2005). В этом отношении перспективными представляются кремнесодержащие соединения, как эффективная добавка к полному минеральному удобрению.

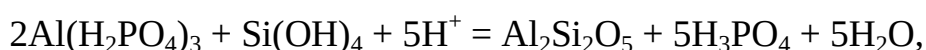
1.3. Кремний в почве и его влияние на растения

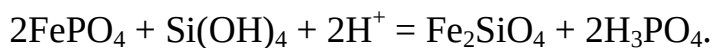
Кремний в почвах представлен различными модификациями диоксида кремния – кристаллическими (кварц, кристоболит) и аморфными (опал,

халцедон), а также силикатами и алюмосиликатами. В почвенном растворе этот элемент находится в виде силикат-ионов – мономеров и димеров ортокремниевой кислоты, кремнийорганических соединений, а также в коллоидной форме в виде гидрозоля кремниевой кислоты. Для нормального развития растений концентрация монокремниевой кислоты в почвенном растворе должна быть не менее 20 мг/кг почвы (Красноперова, Канышева, 2003), однако ее содержание во многих почвах редко превышает это значение (Матыченков и др., 2002). Доступного кремния растениям не хватает на сильнокислых почвах, где в условиях промывного режима идёт его миграция в нижние почвенные горизонты (Приходько, 1979), а так же на сильно выщелоченных и на низкокремниевых ферралитовых почвах (Водяницкий, 1984).

Факт улучшения фосфорного питания растений при внесении кремниевых добавок в почву известен давно (Орлов, 1992). Однако, их действие двояко. С одной стороны, доказано, что кремний способствует высвобождению фосфора в доступной для растений форме (Матыченков, Бочарникова, 2003; Чумаченко, Алиев, 2001; Гладкова, 1982) за счет вытеснения ионов фосфора из трудно растворимых фосфатов почвы (Матыченков, Амосова, 1994). При этом анион кремниевой кислоты способен блокировать свободные карбонаты почвенного раствора, что снижает ретроградацию растворимых фосфатов (Елешев и др., 1990). Экспериментальным путем установили, что кремнегельсодержащие удобрения (белая сажа, диатомит и силикат натрия) повышали подвижность фосфат – иона в почве. Повышение дозы кремнегельсодержащих удобрений увеличивало подвижность фосфат – иона (Швейкина, 1986).

С другой стороны, соединения кремниевой кислоты влияют на поведение фосфат – ионов в почвенно – поглощающем комплексе.





Было проведено моделирование влияния силикатов натрия и кальция на доступность водорастворимых соединений фосфора для растений. Выявлено, что силикаты повышают значения показателя pH почвы и увеличивают содержание в почве водорастворимых соединений фосфорной кислоты. Установлено, что сорбция фосфора из состава фосфорных удобрений снижается уже при наличии в почве силиката натрия в количестве 0,6 мг/г. Для достижения подобного эффекта концентрация в почве силиката кальция должна быть в 2 раза выше (Domning, Amberger, 1988).

Результаты опытов позволили предположить, что кремний препятствует поглощению фосфат – ионов полуторными оксидами. Коллоидная форма кремнекислоты адсорбирует поглощенные основания, ослабляя их связь с фосфорной кислотой, что повышает ее подвижность. Чтобы восполнить запас подвижного кремния в почвах, необходимо использовать растворимые кремнийсодержащие удобрения. Эффективность применения фосфоритной муки увеличивается с использованием в качестве удобрений минерального сырья и отходов производства, содержащих растворимые формы соединений кремния. Вероятно, перспективны исследования по изучению роли в повышении урожайности сельскохозяйственных культур сырья, содержащего биогенный кремний (диатомит), или промышленных минеральных удобрений, в составе которых присутствует кремний (фосфорных на основе апатита и фосфоритов, а также томасшлака, плавленных фосфатов, доломита). Из калийных удобрений большой интерес представляют сынниты, содержащие 25% кремнезема. Необходима комплексная оценка фосфор- и кремнийсодержащего минерального сырья, запрещение экспорта апатитового концентрата и фосфорных удобрений, стимулирование их применения, поддержание предложения о переводе всех видов фосфорсодержащего сырья в разряд стратегических материалов (Чумаченко, Капранов, 1999). Расчёты показывают, что внесение кремниевых удобрений одновременно с

фосфорными могут снизить расход последних на 30-50% (Матыченков и др., 1997).

Так, установили, что влияние кремния на урожай кукурузы зависит от типа и дозы его соединения. Оптимальная доза кремния – 0,5 г/кг почвы в виде силиката натрия и 2 г/кг почвы в виде кремнекислоты – сравнима по эффекту с внесением 0,2 г P_2O_5 /кг почвы. В почве кремний обоих соединений оказывал мобилизирующее действие на нерастворимые фосфаты почвы. Кремнекислота не изменяла, а силикат натрия снижал кислотность почвы с увеличением дозы внесения. В связи с необеспеченностью земледелия фосфорными удобрениями изучение приемов мобилизации запасов почвенных фосфатов с помощью соединений кремния заслуживает внимания (Самсонова, Астахова, 1986).

Кремниевая кислота может снижать активность гидроксидов алюминия и железа, что благоприятно действует на рост сельскохозяйственных растений (Горбунов, 1974; Корбридж, 1982). Показано также, что подвижный кремний влияет на доступность магния и марганца для растений (Lindsay, 1979). Кремниевые удобрения, как правило, обладают высокой сорбционной способностью (Матыченков и др., 1997; Matichenkov, Calvert, 2000), следовательно, при их применении повышается адсорбционная способность почв не только к фосфору, но и к калию, нитратному и аммонийному азоту (Тарановская, 1940). В исследованиях трепел и диатомит, как кремниевые удобрения сорбционного типа, снизили их потери из пахотного слоя на 30-40% за счет перевода аммонийного азота и калия в поглощенное состояние (Лобода, Яковлева, 2003).

Показано, что кремниевые соединения способны связывать почвенные частицы кремниевыми мостиками между зернами ила (Munk, 1982), при этом улучшается агрегированность, влагоёмкость, ёмкость обмена и буферность легких почв (Matichenkov, Calvert, 2000). При совместном внесении кремниевых удобрений с кальцием эта способность может быть

использована при борьбе с ветровой эрозией (Mays, Anaele, 1993). Существуют две точки зрения на формы соединения кремния, способных поглощаться растениями: только мономеры кремниевой кислоты (Yoshida et. al, 1959) или низкомолекулярные формы коллоидов кремневой кислоты и ее эфира (Барсукова, Рогачев, 1979).

1.4. Кремнесодержащие соединения при создании и поддержании газонов

Кремнесодержащие соединения, которые используются, как удобриельные разделяются на синтетические и природные. В данном обзоре мы обратим внимание на значение последних, среди которых наибольшее применение в последнее время находят диатомит и трепел. Основным достоинством этих природных минералов является достаточно высокое содержание в них аморфного (доступного для растений) кремния. Остановимся на некоторых особенностях кремния, которые играют существенную роль в морфологических и физиологических свойствах растений.

Кремний является неотъемлемым компонентом растений, его содержание в золе варьирует от 0,16 до 8,4%. Наиболее высокое содержание кремния принадлежит злакам, зольность которых может достигать 16%, а содержание кремния в золе до 20% (Воронков, 1978).

Несмотря на высокое содержание кремния в почвенной среде, он в большинстве своем недоступен или малодоступен для растений, т.к. попадает в растения только в форме кремниевых кислот и их анионов. Кремний один из основных наиболее необходимых элементов для формирования устойчивого к вытаптыванию газона (Lanning, 1992; Carpita, 1996; Sarkar, 2009). Для нормального развития растений концентрация монокремниевой кислоты в почвенном растворе должна быть не менее 20 мг/кг почвы (Красноперова, 2003), однако ее содержание во многих почвах редко

превышает это значение. Доступного кремния растениям не хватает на сильнокислых почвах, где в условиях промывного режима идёт его миграция в нижние почвенные горизонты (Приходько, 1979), а также на сильно выщелоченных и на низкокремниевых ферралитовых почвах (Водяницкий, 1984).

Выделены два механизма воздействия кремния на растения (Ma, 2006; Liang, 2007):

- первичный, связанный с его участием в обмене веществ и отложением значительной части в органах растений;
- вторичный, основанный на обмене кремния с другими минеральными частями почвы, в том числе, и с элементами питания.

Так, отложение кремния в аморфной форме в виде биоопала ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$) повышает сопротивляемость растений к болезням и вредителям: мучнистой росе, ржавчине, парше и др. Кремниевая кислота усиливает деление клеток, синтез протеина, глюкозы и хлорофилла, снижает синтез жирных кислот, стимулирует образование органических фосфатов и их распределение внутри растений. Наличие ее в питательном растворе при выращивании ярового ячменя и озимой пшеницы усиливало рост корней на 100 и 66%, соответственно. Такие же данные по увеличению биомассы корней растений при оптимизации кремниевого питания, размера их общей и адсорбирующей поверхности получены и другими исследователями.

Вторичное действие кремния исследовано в многочисленных опытах с применением силикатсодержащих удобрений. В полевых опытах дозы силикатов 200-800 мг $\text{SiO}_2/\text{кг}$ почвы обеспечивали 10%-ную прибавку урожая зерновых и пропашных культур. Вегетационные опыты выявили более высокую эффективность силикатов по сравнению с известью в мобилизации связанного фосфора на второй и третий годы. Первоначальное повышение рН за счет соответствующего количества извести и последующее усиление и стабилизация десорбции фосфора за счет удобрений, содержащих оксид

кремния, предлагается в качестве долгосрочной меры повышения доступности фосфора минеральных почв.

Соединения кремниевой кислоты влияют на процессы сорбции фосфора в почве. Было проведено моделирование влияния силикатов натрия и кальция на доступность водорастворимых соединений фосфора для растений. Выявлено, что силикаты повышают показатель pH почвы и увеличивают содержание в почве водорастворимых соединений фосфорной кислоты. Установлено, что сорбция фосфора из состава фосфорных удобрений снижается уже при наличии в почве силиката натрия в количестве 0,6 мг/г. Для достижения подобного эффекта концентрация в почве силиката кальция должна быть в 2 раза выше. Результаты опытов позволили предположить, что кремний препятствует поглощению фосфат-ионов полуторными окислами. Коллоидная форма кремнекислоты адсорбирует поглощенные основания, ослабляя их связь с фосфорной кислотой, что повышает ее подвижность. Чтобы восполнить запас подвижного кремния в почвах, необходимо использовать растворимые кремнийсодержащие удобрения. (Lindsay, 1979)

Эффективность применения фосфоритной муки увеличивается с использованием в качестве удобрений минерального сырья и отходов производства, содержащих растворимые формы соединений кремния. Вероятно, перспективны исследования по изучению роли в повышении урожайности сельскохозяйственных культур сырья, содержащего биогенный кремний (диатомит), или промышленных минеральных удобрений, в составе которых присутствует кремний (фосфорных на основе апатита и фосфоритов, а также томасшлака, плавленных фосфатов, доломита). Из калийных удобрений большой интерес представляют сынниты, содержащие 25% кремнезема. Необходима комплексная оценка фосфор – и кремнийсодержащего минерального сырья, запрещение экспорта апатитового концентрата и фосфорных удобрений, стимулирование их применения,

поддержание предложения о переводе всех видов фосфорсодержащего сырья в разряд стратегических материалов. Расчёты показывают, что внесение кремниевых удобрений совместно с фосфорными могут снизить расход последних на 30-50% (Wenhui Xiong, 2008).

В работах М.П. Колесникова (2001) приведены данные по содержанию форм кремния в различных растениях Московской области. По данным этого исследования содержание общего кремния составляло от 0,6 до 2,9% на сухую биомассу, а растворимый кремний находился в пределах от 3,3% до 11,2% от общего содержания кремния в зависимости от вида растения.

В частности, для типичных для газона растений, содержание общего кремния находится на уровне 1,7-1,9% и водорастворимого 0,1-0,2% (Колесников, 2001). Однако, необходимо отметить, что данное исследование проводилось на сформированном растении, в отсутствии абиотического стресса, тогда как газонные насаждения, находятся в условиях, ограничивающих развитие растения (стрижка), и при постоянных стрессовых нагрузках.

Одной из важных функций активных форм кремния является стимуляция развития корневой системы (Кудинова, 1975) - то, что так важно для формирования дернины. Исследования на злаковых, цитрусовых, овощных культурах и кормовых травах показали, что при улучшении кремниевого питания растений увеличивается количество вторичных и третичных корешков на 20–100% и более. Дефицит кремниевого питания служит одним из лимитирующих факторов развития корневой системы растений, а оптимизация кремниевого питания повышает эффективность фотосинтеза и всасывающую активность корневой системы (Wang , 2005).

Наиболее важный фактор в накоплении Si в растении – это способность транспортной системы корней в поглощении этого элемента (Takahashi et al., 1990), которая существенно выше у злаковых культур в сравнении с

овощными. Так, кинетические исследования на примере риса, огурца и томата показали, что сродство к раствору кремниевой кислоты у этих растений примерно одинаковое, т.к. константы Михаэлиса-Ментен у них равны – $K_m = 0,16 \text{ mM}$ (Mitani , Ma, 2005), однако, максимальная скорость поглощения (V_{max}) Si в 20 и 100 раз выше у риса, по сравнению с растениями огурца и томата. Блокирование дыхательной цепи 2,4-динитрофенолом снижало поступление кремния до уровня его концентрации в окружающем растворе, что свидетельствует об энергетически зависимой транспортной системе поглощения кремния рисом, в то время как у томата и огурца – этот механизм – пассивная диффузия. Транспортёрами Si из раствора внешней среды к корковым клеткам являются соединения с CYS связями (цистеин, например), т.к. окисление этих связей приводило к снижению поглощения кремния (Maurel, 1997).

Особенную роль кремний играет в повышении устойчивости растений к стрессам различной природы (как биотическим, так и абиотическим) (Косулина и др., 1993). Исследования и выводы ведущих ученых в мире в последнее десятилетие выдвигают именно это свойство кремния на первое место (Liang , 2007; Epstein , 2009; Heather , 2007).

Из абиотических стрессовых воздействиях приводятся данные о снижении негативного действия высоких температур, засоления и некоторых других факторов при оптимизации кремниевого питания (Epstein, 2009; Матыченков, 2008).

Так, анализ литературных данных свидетельствует о том, что растение более продуктивно использует влагу при внесении активных (доступных) форм Si. Известно, что 20-30% находящегося в растении кремния, может участвовать в процессе поддержания внутреннего резерва воды, и это является одним из механизмов, который позволяет растениям выжить в условиях острого недостатка водообеспечения (Алешин, 1982; Aston, 1976).

Одним из факторов повышения засухоустойчивости является способность кремния снижать транспирацию и изменять угол наклона листьев растений, обеспечивающий меньший уровень испарения влаги (Epstein, 2005; Матыченков, 2008).

Кремний существенно влияет на охлаждение листьев растений. Так, исследования показали (Wang et al., 2005), что обработка листьев кремнием (в форме жидкого стекла 3 ммоль Na_2SiO_3) снимает тепловую нагрузку в условиях высоких температур и значительно снижает температуру листьев – на 3-4 °С. Установлено, что после обработки листьев кремнием в эпидермисе формируются биокремниевые структуры (Wang et al., 2005). Кроме того, показано (Кузнецов, Дмитриева, 2005), что накопление кремния в клеточных стенках препятствует интенсивному росту листовой пластины, но увеличивает адсорбирующую поверхность корней (Кудинова, 1975). По-видимому, за счет этого кремний – один из основных наиболее необходимых элементов для формирования устойчивого к вытаптыванию газона (Mills, Barker, 2000; Henry, 2002; Worster, 2008).

Таким образом, некорневое применение кремния является перспективным и экологически чистым методом повышения засухо- и жаростойкости растений.

Имеются также исследования, доказывающие значительную роль кремния в формировании морозостойкости растений, в частности, озимой пшеницы разных сортов (Liang, 2007) риса и др. (Матыченков, 2008)

Значение кремния в повышении устойчивости к инфекциям показано для злаковых культур и ряда других культур, в том числе декоративных (Belanger, 2003; Пашкевич, 2008)

Таким образом, как основную функцию кремния в растениях можно считать увеличение их устойчивости к неблагоприятным условиям

произрастания, т.е. различным видам стресса. Такое действие кремнесодержащих удобрений крайне необходимо газонным растениям и требует более детального исследования. Также существует проблема подбора оптимального кремнесодержащего удобрения для газонов, где внесение этого элемента экономически целесообразно проводить вместе с основным удобрением, т.е. при корневом внесении. К таким кремнесодержащим агрорудам относятся, как мы писали выше, диатомит (Капранов, 2006) и трепел (Кураков, 1997; Ефимов, 2009).

Одним из направлений повышения плодородия почв, урожайности, качества и экологической безопасности растениеводческой продукции является использование при возделывании растений уникального природного материала — диатомита.

Диатомит — это осадочная горная порода, состоящая преимущественно из раковин диатомовых водорослей, которые содержат до 96% водорастворимого кремнезёма.

Залежи диатомита весьма распространены на планете, имеются они и в нашей стране. Самые крупные — на Дальнем Востоке, в Среднем Поволжье, по восточному склону Уральского хребта. В земледелии, особенно за рубежом, диатомит давно применяют в качестве кремниевого удобрения.

Трепел — это рыхлая или слабо сцементированная, очень лёгкая, тонкопористая опаловая осадочная горная порода. По физико-химическим свойствам аналогична диатомиту, но почти лишена органических остатков и состоит из глобулярных телец диаметром 1-2 м, сложенных аморфным кремнезёмом. Трепел также широко распространен на Земле. Основные залежи трепела в России — это Инзенское (Ульяновская обл.), Вольское (Саратовская обл.) и Зикеевское (Калужская обл.). Трепел менее распространен в земледелии из-за его меньшего содержания аморфного кремнезема.

Эти агроруды содержат значительные количества аморфного кремнезема. Кроме того, как диатомит, так и трепел богаты калием, а трепел также кальцием, магнием, натрием. К неблагоприятным с агрохимических позиций компонентам можно отнести наличие в обеих породах алюминия в значительном количестве, особенно, в трепеле, а в диатомите еще и двух форм железа.

Работы по использованию этих минералов при агрохимической поддержке газонов немногочисленны (Соловьев и др., 2011; Соловьев и др., 2013, Титова, Козлов, 2011). Однако есть публикации по применению диатомита при выращивании различных сельскохозяйственных культур (Капранов, 2006; Ермолаев и др., 2004; Орлов и др., 2003), и трепела при выращивании картофеля (Ефимов, 2009; Елисеев, 1999; Кузнецов, 2005), рассады овощных культур (Орлов, 2003; Орлов, 2004), огурца (Лобода, Яковлева, 2007), а также совместного применения диатомита и трепела, как минеральных соединений, улучшающих свойства почвы (Лобода, 2003) и при использовании в тепличном овощеводстве (Яковлева, 2000).

Так, результаты опытов Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, позволили дать характеристику эколого-микробиологического состояния почвенно-биотического комплекса при применении диатомита (Титова, Козлов, 2011). Показана эффективность диатомита при использовании совместно с куриным пометом (Яшин, 2004), а также при предпосевной обработке семян сахарной свеклы совместно с биопрепаратами (Дренина, 2009) на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья. Применяется диатомит и как силикатная форма химического мелиоранта (Ермолаев и др., 2004).

Трепел относится к опал- кристобалитовым породам, обладает аморфной гелево-пористой структурой (Дистанов, 1990). С агрохимических позиций трепел интересен в составе удобрений. Так, на его основе создано комплексное удобрение супрадит (Ратников и др., 2009), калийное удобрение (Лапа и др., 2009), органоминеральное удобрение (Капранов и др., 2012),

опробованное на яровом ячмене и пшенице. Интересен опыт инкрустирования семян этим кремнесодержащим соединением (Капранов, Сушеница, 2010). Трепел входит в состав новых форм химических мелиорантов, поэтому рассматривается также как эффективный природный сорбент тяжелых металлов (Кузьмич и др., 2000; Ратников и др., 2006; Егорова и др., 2007; Свириденко и др., 2007; Егорова, 2010).

Заключение

Анализ литературных источников показал широкий интерес отечественных и зарубежных авторов к проблеме создания и содержания газонных насаждений. Данные вопросы хорошо освещены с теоретической и прикладной точки зрения. Основное внимание исследователей посвящено проблемам питания и технологии возделывания газона. Особое место в этом списке занимают проблемы выбора подходящей травосмеси, в климатическом и утилитарном плане, а также подбор подходящей агротехники и удобрений. Существуют различные мнения и подходы для создания устойчивого (для конкретного применения) газона. Однако, крайне мало внимания ученых-исследователей обращено на проблему кремниевого питания растений газона. Также существует большое количество трудов, посвященных улучшению качества урожая плодово-ягодных культур, масличных и стойкости к полеганию у зерновых. В этих работах, авторы рассматривают кремнесодержащие удобрения, в основном диатомит (трепел рассмотрен крайне мало) как подкормку или же, как основное удобрение.

Таким образом, проблема кремниевого питания растений газона недостаточно изучена, что и стало предпосылкой для выбора темы нашего исследования.

Глава 2. Объекты и методы исследования

Объектом исследования была газонная смесь злаковых культур «Изумрудная поляна люкс», агрофирмы «Поиск», Россия, семена которой прошли проверку в Государственных семенных инспекциях и по качественным показателям отвечали требованиям международных стандартов и ГОСТ Р 52325-2005. Состав смеси: 1. Овсяница красная красная – *Festuca rubra rubra* – 25%; 2. Овсяница красная жесткая (скупенная) – *Festuca rubra commutata* – 25%; 3. Мятлик луговой – *Poa pratensis* – 15%; 4. Овсяница овечья – *Festuca ovina* – 20%; 5. Райграс многолетний (пастбищный, английский) – *Lolium perenne* – 15% (Черепанов, 1981). Расчет нормы высева осуществляли в соответствии с указаниями на упаковке, а именно, 20 г на 1 м².

Мелкоделяночный полевой опыт был заложен на территории почвенного стационара МГУ имени М.В. Ломоносова, исследования проводили в течение двух вегетационных периодов в 2012 и 2013гг. Для проведения опыта была подготовлена площадка в соответствии с правилами создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы (Правительство Москвы, 2010). Для этого верхний слой почвы на глубину 20 см снимали и удаляли, чтобы избавиться от сорняков и покрывали грунтом МЭР – сертифицированный почвогрунт «Московского Экологического Регистра». Сертификат соответствия почвогрунта «МЭР» (рис. П.1) и протокол испытаний почвогрунта «МЭР» (табл. П.7) даны в Приложении. Размер опытных деленок составлял 2 м².

В качестве удобрений в почвогрунт (за три дня до посева семян) были внесены: диаммофоска – 48 г на деланку (N:P:K = 10:25:25) и аммиачная селитра – 21,2 г на деланку (34% N). Таким образом, конечное соотношение N:P:K при внесении минеральных удобрений было: 60:60:60 кг/га д.в. В качестве кремнесодержащих соединений вносили диатомит – 120 г на деланку (Капранов, 2010), что составляло 600 кг/га и трепел – 159,1 г на

делянку. Количество трепела рассчитывали, выравнивая кремнесодержащие агроруды по содержанию аморфного кремния. Перед вторым годом вегетации (07.05.2013) минеральные удобрения были внесены повторно в том же количестве, кремнесодержащие соединения не вносили.

Диатомит – это осадочная горная порода, состоящая преимущественно из раковин диатомовых водорослей, которые содержат до 96% водорастворимого кремнезёма. Диатомит, который использовали в опытах, – Инзенского месторождения, имел следующий химический состав (вал. %): SiO_2 общ – 83, в котором SiO_2 аморфного – 42; Al_2O_3 – 5,82; Fe_2O_3 – 2,47; FeO – 0,12; MnO – 0,01; CaO – 0,52; MgO – 0,48; Na_2O – 0,42; K_2O – 1,25; P_2O_5 – 0,05; SO_3 общ. – 0,23 (Капранов, Камский, 2006).

Трепел Хотынецкого месторождения имел следующий химический состав (вал. %): SiO_2 общ – 62,6, в котором SiO_2 аморфного – 26; Al_2O_3 – 19,6; CaO – 8,2; MgO – 2,2; Na_2O – 1,5; K_2O – 1,82; N – 0,02; P_2O_5 – 0,03 (Кураков, 1997; Ефимов, 2009).

Схема опытов включала шесть вариантов в трехкратной повторности (табл. 2.1 и рис. П.2 – П.13).

Таблица 2.1. Схема мелкоделяночного опыта в 2012 и 2013 гг.

Варианты опыта	При закладке опыта вносили в грунт
1. Контроль	Посев трав без применения агрохимических средств
2. КД	Диатомит
3. КТ	Трепел
4. NPK	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$
5. NPKД	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + Диатомит
6. NPKТ	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + Трепел

В процессе вегетации газонных трав, по мере необходимости проводили полив. Данные по температуре и осадкам были предоставлены метеостанцией МГУ, расположенной в непосредственной близости от опытного участка. Растительный материал для учета биомассы и

дальнейшего определения в ней элементов питания в лабораторных условиях, скашивали четыре раза в год на ограниченных рамкой площадках ($0,25 \text{ м}^2$), в двукратной повторности с каждой делянки вариантов опыта. Даты укосов в первый год вегетации: укос №1 – 26 июля 2012, укос №2 – 23 августа 2012, укос №3 – 3 сентября 2012, укос № 4 – 9 октября 2012. Во второй год вегетации: укос №1 – 15 июня 2013, укос №2 – 17 июля 2013, укос №3 – 13 августа 2013, укос №4 – 14 сентября 2013. Скошенную часть растений взвешивали и фиксировали 10 мин при $t \text{ } 90^{\circ}\text{C}$, затем высушивали в термостате при 40°C . Для выравнивания высоты травостоя по всей делянке, проводили уравнивательные укосы, после каждого отбора проб.

Агрохимические характеристики грунтов определяли общепризнанными методами при соотношении грунт : вода = 1:10 (Практикум по агрохимии, 2001; Методические указания по анализам ..., 1986). Содержание общего азота, фосфора и калия в растениях определяли после мокрого озоления по Гинзбург в концентрированной серной кислоте с добавлением конц. хлорной кислоты в качестве катализатора: $N_{\text{общ}}$ – методом Кьельдаля, K_2O – на пламенном фотометре Flama FP 640, Финдляндия, P_2O_5 – колориметрически по Дениже на фотометре КФК-3-01 «ЗОМЗ», Россия. Водорастворимые углеводы – фотометрически с пикриновой кислотой (Дурынина, Егоров, 1998). Содержание кремния в водной вытяжке грунта и в растениях после мокрого озоления определяли по модифицированной методике фотометрически по окрашенному комплексу синей кремнемолибденовой гетерополикислоты с аскорбиновой кислотой в качестве восстановителя. Аликвоту испытуемого раствора, содержащую 20-100 мкг кремния, помещают в мерную колбу вместимостью 50 мл и добавляют дистиллированной воды до 20-25 мл. Полученный раствор нейтрализуют по фенолфталеину 10%-ным аммиаком и 1%-ой серной кислотой и приливаем 3 мл ацетатного буфера. Далее добавляют 3 мл 4%-ого раствора парамолибдата аммония, перемешивают и оставляют на 15 минут для образования желтой кремнемолибденовой гетерополикислоты. Затем

последовательно приливали 3 мл 20%-ой винной кислоты, 5 мл 8%-ой щавелевой кислоты, перемешивали и добавляли в качестве восстановителя 5 мл 5%-ой аскорбиновой кислоты. Доводили до метки дистиллятом, взбалтывали и оставляли на 40 мин для насыщения окраски раствора (образование синей кремнемолибденовой гетерополикислоты). Измеряли оптическую плотность раствора при длине волны 790 нм. Для построения калибровочного графика использовали стандарт ГСО 8212-2002 (Кирюшин и др., 2009).

Микробиологические методы исследования

Микробиологические исследования включали анализ исходного грунта, контрольного варианта после проведения опыта и грунта с добавлением полного минерального удобрения (NPK). Определяли численность микроорганизмов цикла азота – азотфиксаторов, аммонификаторов, денитрификаторов, а также, численность силикатных бактерий. Для микробиологических исследований грунтов использовали следующие плотные питательные среды: среда Эшби для культивирования азотфиксаторов (Верховцева, Пашкевич, 2007), МПА (ООО «Биокомплекс-С», Россия) – сапротрофных аммонификаторов, питательную среду для силикатных бактерий (Верховцева, Пашкевич, 2007), куда в качестве источника силиката калия вносили диатомит. Денитрификаторы культивировали в жидкой среде Гильтая (Добровольская и др., 1989) под резиновыми пробками с использованием метода подсчета численности микроорганизмов – наиболее вероятного числа (НВЧ). Состав питательных сред приведен в Приложении (табл. П.1.). Все работы с твердыми питательными средами проводили чашечным методом Коха из десятикратных разведений в 3-х кратной повторности, с жидкими – в 5-ти кратной (Практикум по микробиологии ..., 2005).

Анализ проективного покрытия проводили при использовании фототехники Canon PowerShot SX600 HS со штативом и дальнейшим анализом фотографий на компьютере в программе PhotoShop.

Определение всхожести ничем не обработанных семян, проводили по ГОСТ 12038-84. Наблюдали за их всхожестью в течение трех недель.

Также была определена энергия прорастания (Межгосударственный стандарт, 1996).

Энергия прорастания – скорость прорастания, выражаемая в количестве семян (%), проросших (давших корешки, равные половине длины семени, и ростки, занимающие не менее половины длины coleoptilya) в срок, установленный опытным проращиванием. Для полевых культур он колеблется в пределах от 3 до 15 суток. В настоящее время на практике обычно пользуются не количеством семян, проросших за определенный срок, а «средним сроком прорастания одного семени», показывающим условное число дней, необходимое для прорастания отдельного семени. Вычисляется этот срок по формуле:

$$E = (\sum \% \text{ проросших семян} \times \text{количество суток}) \div \% \text{ семян, проросших к 14 дню.}$$

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программы STATISTICA 10 и Excel 2003 и 2007.

Глава 3. Результаты и их обсуждение

3.1. Метеорологические условия при проведении мелкоделяночных опытов

За время проведения полевого опыта не было отмечено аномальных значений температур и осадков, все данные, предоставленные метеостанцией МГУ, лежали в пределах среднестатистических значений. Однако, рассматривая каждый укос, как отдельный период времени и анализируя его с помощью гидротермического коэффициента Селянинова (Справочник агронома, 1986), можно сделать вывод о сильноповышенном увлажнении в вегетационный период 2012 года и об избыточном увлажнении вегетационного периода 2013 года – ГТК=1,72 и ГТК=2,07, соответственно (для Москвы среднее значение ГТК=1,40). Показатель ГТК применяется в системе агрометеорологического мониторинга Росгидрометцентра (Оценочный доклад ..., 2008). В общем виде ГТК выражает отношение суммы осадков (мм) за период с активными температурами умноженному на 10 к сумме температур за этот период. Предполагается, что сумма активных температур, деленная на 10, численно примерно равна испаряемости (мм), и в этом случае ГТК можно рассматривать как коэффициент увлажнения (Золотокрылин и др., 2013). Если рассматривать этот коэффициент более детально, то можно сказать, что в первый год вегетации до первого укоса – ГТК=1,66, что соответствует сильноповышенному, до второго укоса – ГТК=0,98, что соответствует умеренному, до третьего укоса – ГТК=2,76, что соответствует избыточному, до четвертого укоса – ГТК=1,97, что соответствует сильноповышенному увлажнению (рис. 3.2). Во второй год вегетации можно говорить об избыточном увлажнении до первого укоса – ГТК=2,00, умеренно повышенному до второго укоса – ГТК=1,37, сильноповышенному до третьего укоса – ГТК=1,83, крайне избыточному увлажнению – до четвертого укоса ГТК=3,26 (рис. 3.1).

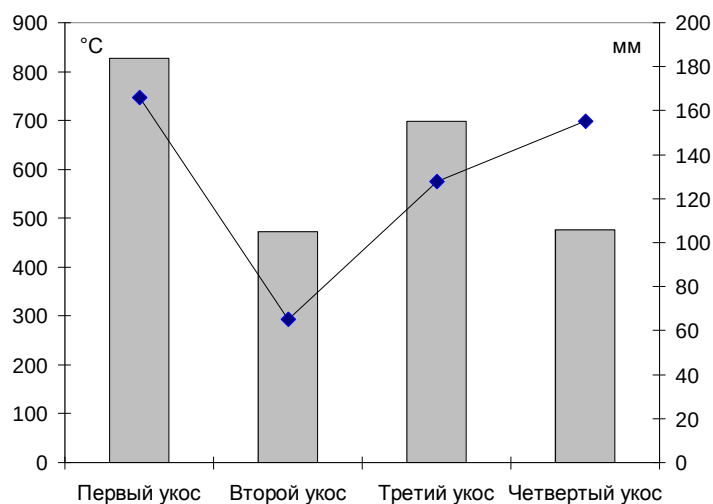


Рисунок 3.1. Сумма активных температур (C°) и сумма осадков (мм) за вегетационный период, 2013 год.

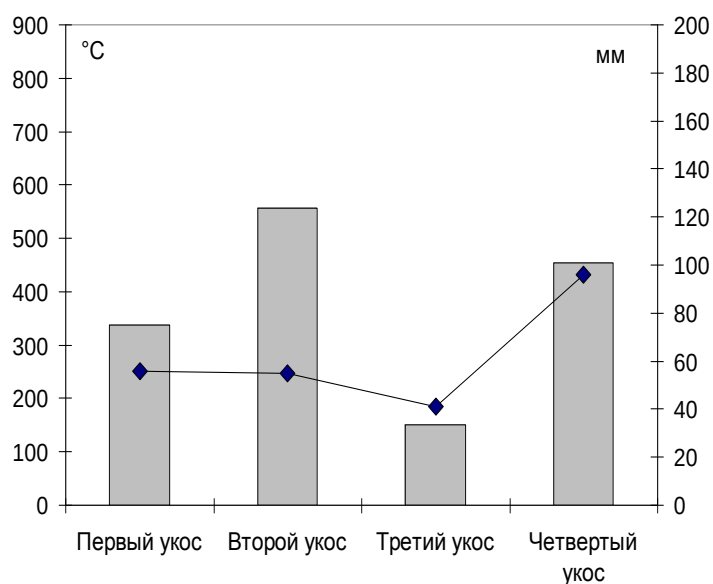


Рисунок 3.2. Сумма активных температур (C°) и сумма осадков (мм) за вегетационный период, 2012 год.

Таким образом, условия увлаженности и температуры существенно различались в годы исследования, что стало значимым фактором для интерпретации данных, а именно, особенностей формирования травостоя газона.

3.2. Агрохимическая характеристика почвогрунтов

Исходный грунт МЭР в соответствии с установленными нормативами (Правило создания ..., 2010) был обогащен водорастворимым фосфором (рис. 3.3, табл. П.7). За первый год вегетации содержание доступного растениям фосфора значительно снизилось, но все равно осталось высоким для почвогрунтов. На варианте с внесением полного минерального удобрения NPK концентрация этого элемента после окончания вегетационного периода не изменилась. В грунте варианта с внесением только диатомита (КТ) и полного минерального удобрения и трепла (NPKТ) или диатомита (NPKД) отмечено минимальное уменьшение концентрации водорастворимого фосфора, минимальное значение – на варианте с внесением только трепла (КТ), что подтверждает способность увеличения доступности фосфора в почвенном растворе при применении именно диатомита (рис. 3.3, табл. П.2). Факт улучшения фосфорного питания растений при внесении кремниевых добавок в почву известен давно (Орлов, 1985). Было показано, что такие добавки способствуют высвобождению фосфора в доступной для растений форме за счет вытеснения ионов фосфора из труднорастворимых фосфатов почвы. При этом анион кремниевой кислоты способен блокировать свободные карбонаты почвенного раствора, что снижает ретроградацию растворимых фосфатов (Елешев, 1990). Это позволяет утверждать, что применение именно диатомита под газонные травы позволяет экономить на внесении фосфорных удобрений, расход последних может быть снижен на 30-50% (Wenhui Xiong, 2008).

Содержание водорастворимого калия в грунте значительно увеличивалось к концу вегетационного периода на всех вариантах опыта относительно его концентрации в исходном грунте МЭР, и незначительно различалось во всех вариантах опыта, включая Контрольный. Как было показано в работе (Kiryshin et al., 2011), увеличение концентрации подвижного фосфора в торфогрунте с диатомитом при его компостировании

в течение двух месяцев приводило к увеличению содержания подвижного калия уже через неделю. При этом контролировалась численность силикатных бактерий, которым и отводилась роль извлечения калия из диатомита и переводу его в растворимое и доступное для растений состояние. Влияние диатомита и трепела на численность силикатных бактерий было показано и в данном исследовании (раздел 3.6).

Показатели содержания нитратного и аммиачного азота за весь период оставались низкими, различия между вариантами – в рамках погрешности, однако также отмечалась положительная тенденция увеличения содержания аммонийного азота при применении диатомита, возможно, за счет десорбционных свойств породы, на что указывалось в работе (Лобода, 2003), где агроруды рассматривались как соединения, улучшающие свойства почвы (рис. 3.3.).

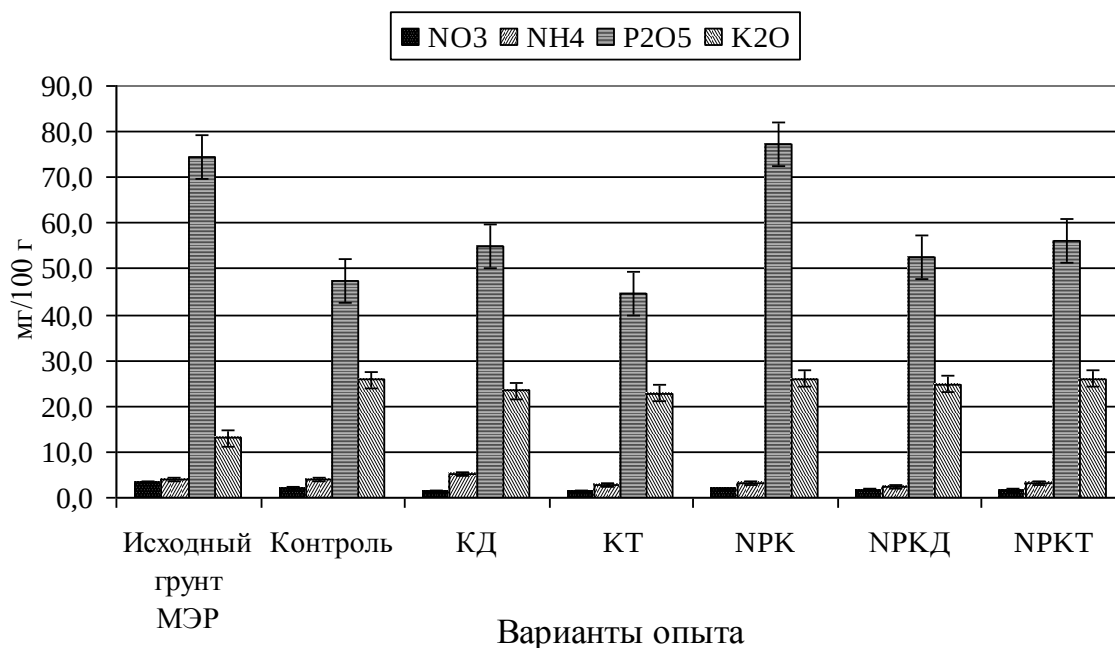


Рисунок 3.3. Содержание водорастворимых форм NO_3^- , NH_4^+ , P_2O_5 , K_2O в исходном грунте и после первого года вегетации, мг/100 г воздушно-сухого грунта.

Применение (последствие) кремнесодержащих агроруд диатомита и трепела в большей степени оказало влияние на содержание доступного фосфора (рис. 3.4, табл. П.2) во второй год вегетации растений после окончания вегетационного периода. Тенденция особенно заметна на вариантах с внесением полного минерального удобрения (NPKД и NPKТ), где этот показатель был в три раза выше, чем на Контроле. Однако, содержание доступной формы этого элемента сократилось по сравнению с первым годом вегетации, что говорит о его значительном выносе растениями.

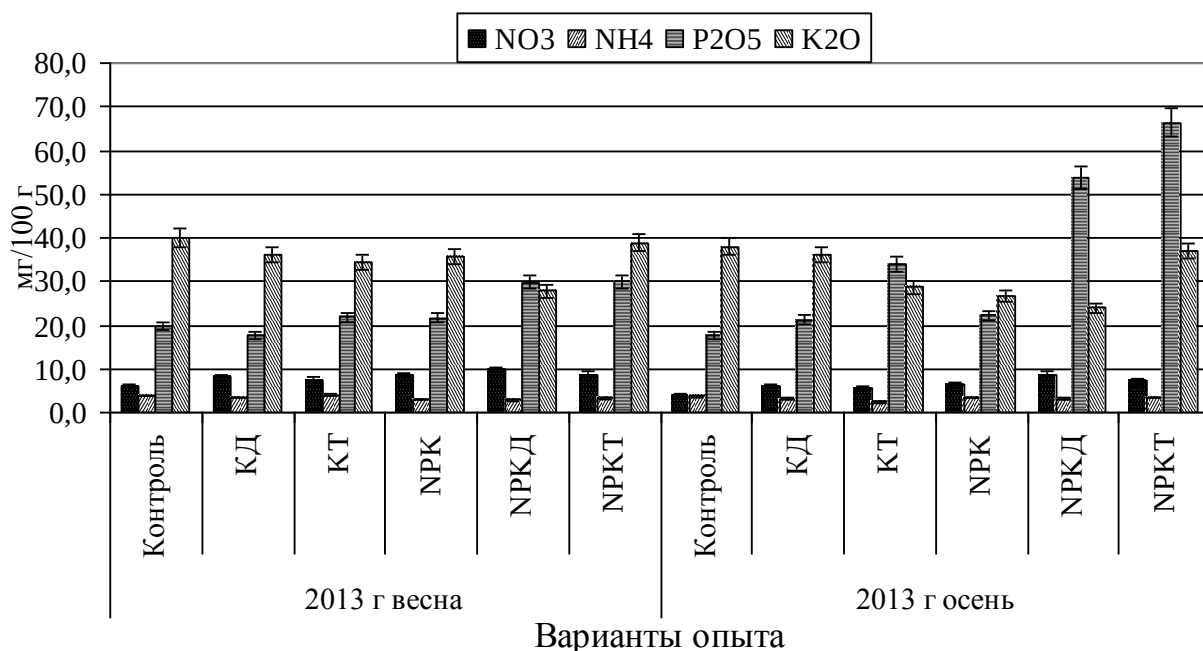


Рисунок 3.4. Динамика водорастворимых форм NO_3^- , NH_4^+ , P_2O_5 , K_2O во второй год вегетации, мг/100 г воздушно-сухого грунта.

Содержание подвижного калия (рис. 3.4) значительно возросло по сравнению с первым годом вегетации на всех вариантах опыта, однако наибольшее значение было отмечено на варианте опыта Контроль в осенний период, по-видимому, за счет меньшего выноса этого элемента угнетённым травостоем газона. Содержание водорастворимой формы этого элемента к

концу первого года вегетации было в два раза выше, а к концу второго – в три раза выше, чем в исходном грунте МЭР.

Содержание нитратного азота в грунтах после первого года вегетации была ниже, чем в исходном грунте, а весной второго года – значительно выше. Даже на вариантах без внесения минеральных удобрений этот показатель был выше, чем на Контроле в полтора раза. Колебания содержания аммонийного азота были менее выражены (рис. 3.3, рис. 3.4, табл. П.2) и связаны, в основном, с более интенсивным выносом этой формы элемента.

Вероятно, накопление в грунте доступных для растений форм основных питательных элементов связано с интенсивной деятельностью микроорганизмов и ризосферными выделениями газонных трав.

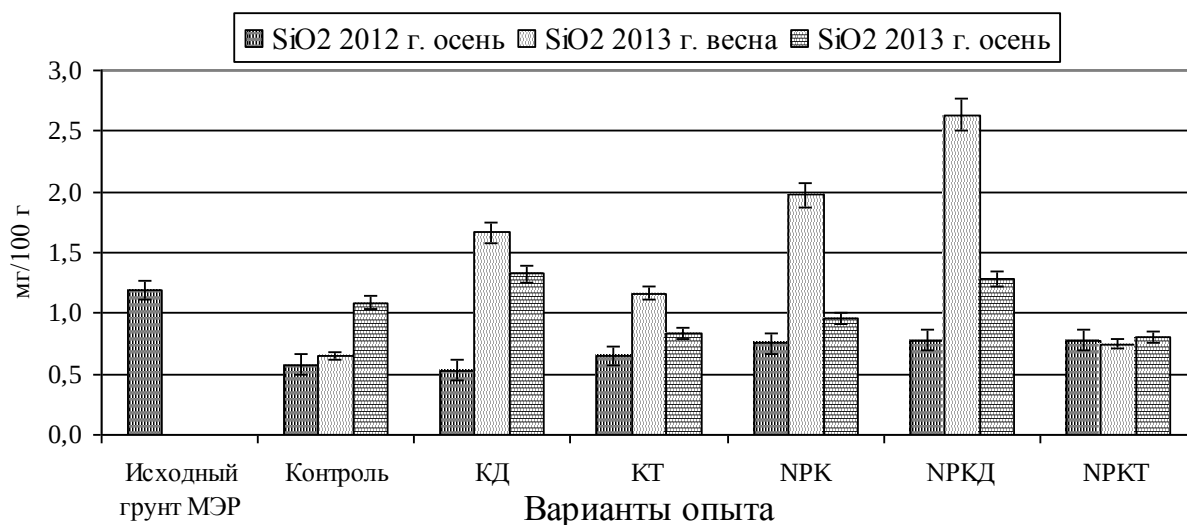


Рисунок 3.5. Динамика содержания водорастворимого кремния в грунте за 2 года вегетации, мг/100 воздушно-сухого грунта.

Внесение кремнесодержащих соединений диатомита и трепела, значительно увеличило содержание водорастворимого кремния в грунтах, как на фоне полного минерального удобрения – в большей степени, так и без него (рис. 3.5, табл. П.2). Весной в начале второго года вегетации на варианте

НРКД и КД этот показатель был выше, чем на Контроле, в 3,5 и 2 раза, соответственно. К концу второго года вегетации содержание этого элемента в почве незначительно отличалась по вариантам опыта, что связано со значительным его выносом растениями. Таким образом, диатомит показал большую эффективность как кремниевое удобрение, чем трепел.

3.3. Биомасса, проективное покрытие, содержание основных питательных элементов и кремния в растениях газона

До начала исследований растительного материала на содержание основных элементов питания, кремния и биомассы в целом, было произведен анализ всхожести по ГОСТ 12038-84 и энергии прорастания семян (Межгосударственный стандарт, 1996). Полученные данные всхожести 79% (табл. 3.1.) и энергии прорастания $8,46 \pm 0,14$ суток полностью соответствует ГОСТу. Таким образом, данная травосмесь может быть использована для озеленения г. Москвы и в нашем исследовании.

Таблица 3.1. Всхожесть семян смеси трав «Изумрудная поляна»

Сутки наблюдений	Проросшие семена, %		
	7 сутки	14 сутки	21 сутки
Всхожесть	$17 \pm 0,04$	$60 \pm 0,02$	$79 \pm 0,16$

Биомасса. Изучение биологической массы растительности прямым путем (применительно к вегетативным органам травяной растительности, листовым пластинкам) в комплексе с анализом ее структуры позволяет осуществлять полноценную качественную оценку ландшафтов. При этом

можно определять сырую биомассу, биомассу сухих образцов и средневзвешенные показатели.

Под сырой биомассой обычно понимают массу свежесобранных (свежескошенных надземных, в отдельных случаях – подземных) вегетативных и генеративных органов растений. Сухая биологическая масса определяется на основе высушивания (в нашем случае при комнатной температуре, с досушиванием при температуре 40°C в термостате) в специальных условиях собранных вегетативных и генеративных органов растений после взвешивания в сыром виде (Базилевич, 1993).

Биомасса растительного происхождения обычно содержит поглощенную и конденсированную влагу, различные типы органических и некоторые неорганические соединения. Состав биомассы зависит от ее происхождения.

Для растительной ткани характерно наличие в стенках клеток клетчатки, или целлюлозы, а также больших полостей (вакуолей). Протоплазма живых клеток, например, зеленой листовой, содержит некоторые протеины и значительное количество воды.

Содержание минеральных веществ в растительной биомассе зависит от типа растений, его местообитания и загрязненности почвы. Загрязнения значительно увеличивают содержание неорганических веществ в городских и сельскохозяйственных отходах. Оболочку стенок клеток растений образуют целлюлозные микрофибриллы, содержащиеся в матрице гемицеллюлоз и лигнина. Кроме этих веществ в растительной ткани содержатся липиды и углеводороды (терпены), растворимые в эфире и различных фенолах, а также углеводы и протеины, растворимые в бензоле, спирте и воде (Титлянова, 1988).

Анализ биомассы газонных трав в 2012 году показал ее существенное увеличение при внесении полного минерального удобрения (NPK), полного минерального удобрения и диатомита (NPKД), полного минерального

удобрения и трепела (NPKT), что особенно заметно для первых двух укосов, где биомасса увеличивалась до двух раз (рис. 3.6, табл. П.5).

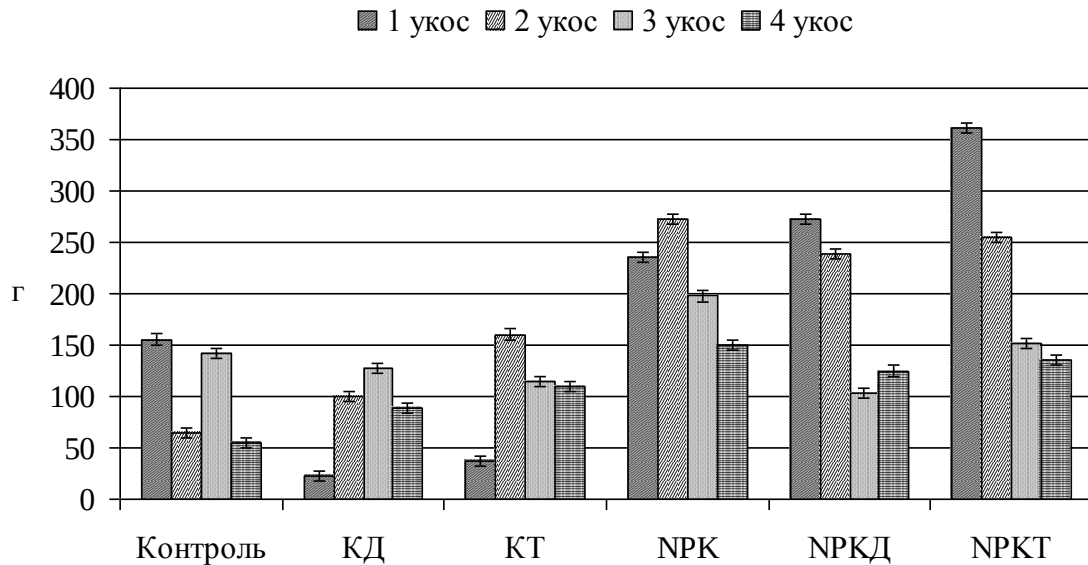


Рисунок 3.6. Сырая биомасса скошенной части растений, г/м² (вегетационный период 2012 г.).

Это объясняется спецификой роста и развития газонных трав до первого укоса: наиболее интенсивный рост и развитие корневой системы и как следствие большая необходимость в минеральном питании, особенно азота и кремния для создания клеточных стенок. Без внесения минеральных удобрений кремнесодержащие соединения оказали отрицательный эффект на величину биомассы. Как было показано (Капранов, 2009) накопление кремния в клеточных стенках препятствует интенсивному росту листовой пластины. В нашем исследовании химический анализ растений не показал существенных отличий в содержании фосфора по вариантам опыта, однако содержание кремния и азота в растениях вариантов с кремнесодержащими препаратами статистически значимо увеличилось относительно контроля (рис. 3.7, табл. П.3). Этот факт очень важен для сохранения и восстановления газона в следующий вегетационный период, так как, азотное голодание, особенно весной и осенью, задерживает у злаков закладку новых почек в узле

кущения, снижает их число, а, следовательно, и число новых побегов в кусте, что приводит к преждевременному старению и изреживанию дернины, как следствие, к развитию сорняков. Питание куста в предыдущий год определяет его жизнеспособность и качество травостоя в целом на следующий год.

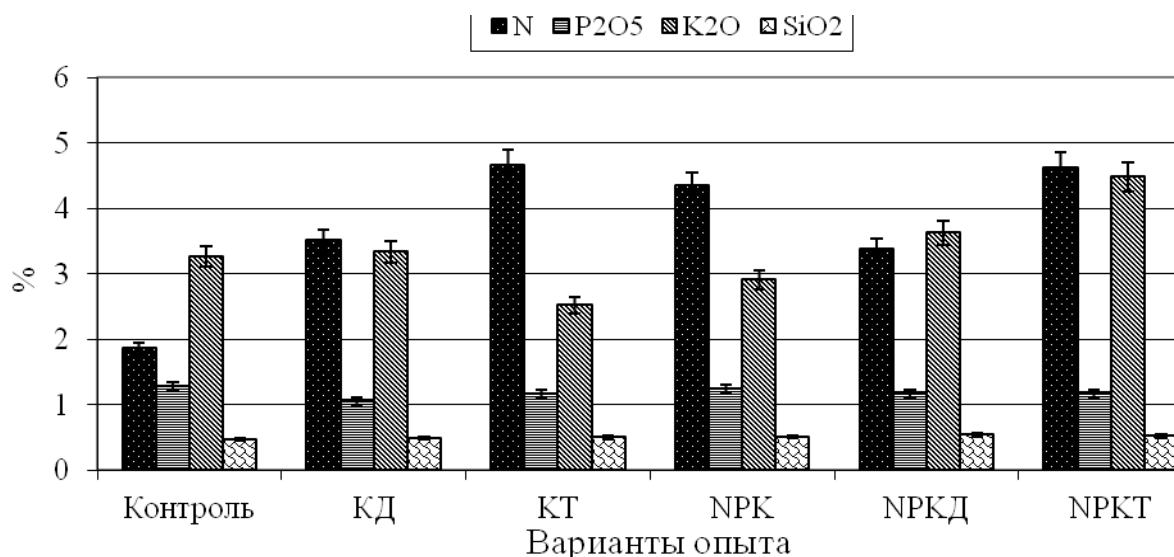


Рисунок 3.7. Содержание азота, фосфора, калия и кремния в растениях (2012 год, 4 укос), % от сухого веса.

Во втором укосе также произошло существенное увеличение биомассы при внесении минеральных удобрений и кремнесодержащих препаратов. Наблюдалось положительное влияние препаратов на величину биомассы на вариантах опыта КД и КТ по сравнению с контролем. Данный эффект объясняется способностью соединений кремния в растениях удерживать влагу при неблагоприятных метеоусловиях – снижении количества осадков и повышении температуры, которые наблюдались в это время (рис. 3.2) – и повышать засухоустойчивость растений (Матыченков, 2007).

К третьему укосу биомасса вариантов опыта НРКД и НРКТ были меньше по сравнению с вариантом НРК, по-видимому, также по причине более медленного роста листовой пластины, из-за уплотнения клеточной

стенки за счет накопления кремния. Такая же тенденция наблюдалась при сравнении вариантов К, КД и КТ.

Четвертый укос проходил в наиболее экстремальных условиях – низкая температура воздуха при достаточно высоком количестве осадков (рис. 3.2). В этих условиях, наблюдалось увеличение биомассы в вариантах опыта КД и КТ по сравнению с контролем и сохранение высокой биомассы (при небольшом ее уменьшении) на вариантах НРКД и НРКТ по сравнению с НРК (рис. 3.6).

Подводя итог анализа биомассы растений, можно сделать вывод о положительном влиянии кремнесодержащих соединений – трепела в большей степени по сравнению с диатомитом на фоне полного минерального удобрения на рост и развитие растений газона, а также в условиях стресса – засухи или холодной и дождливой погоды. Данный эффект «буферности» применения кремнесодержащих соединений диатомита и трепела крайне необходим для повышения стрессоустойчивости газонов.

Для того чтобы оценить, как происходило восстановление травостоя на второй год наблюдения, было проведено наблюдение за периодами формирования травостоя по динамике биомассы трав в последовательных укосах и за динамикой проективного покрытия. Так, анализ биомассы газонных трав второго года исследований (последствие кремнесодержащих агроруд) позволил выделить 3 этапа развития растений и соответственно три типа задержания. Первый период - начальный рост растений, период интенсивной динамики восстановления проективного покрытия и низкой биомассы растений на фоне оптимального увлажнения – первый укос (рис. 3.1, рис. 3.8, табл. П.6). Вторым период – замедление роста и накопления питательных элементов, который характеризовался наиболее низкими значениями ГТК и окончательной задержанностью участков опыта. Третий

период, когда происходило максимальное формирование биомассы при максимальном значении ГТК.

В первом периоде развития газонных травостоев значимое влияние оказали внесенные повторно минеральные удобрения – NPK. Варианты опыта NPK и NPKT отличаются наибольшими показателями биомассы.

Во второй период отмечено значимое влияние диатомита и трепела, как на фоне минерального удобрения, так и без его применения. Второй укос выявил положительное влияние на биомассу применение трепела в большей и диатомита в меньшей степени без минерального удобрения по сравнению с контролем. Напомним, что по показателю гидротермического потенциала это был благоприятный период вегетации, однако положительного влияния NPK на увеличение биомассы в этот период не было отмечено. Такая же тенденция сохраняется и за период до третьего укоса – отсутствие положительного влияния NPK, которое усугубляется на вариантах с внесением трепела и диатомита. Как мы отмечали выше ГТК до этого укоса равный 1,83, характеризовал этот период как избыточно увлажненный. Наибольшая биомасса травостоя достигалась к четвертому укосу, как на контрольном варианте, так и на делянках с полным минеральным удобрением и с внесением агроруд. Это был период с крайне избыточным увлажнением. Как будет показано ниже, в этот период все делянки сравнивались по проективному покрытию.

По сравнению с данными первого года, биомасса растений второго года вегетации газона (рис. 3.8) увеличилась в целом во всех вариантах, кроме первого укоса, где значимое увеличение биомассы наблюдали только на вариантах с полным минеральным удобрением, что объясняется наличием внесенных с NPK в весеннее время питательных веществ в торфогрунте. Такая динамика наблюдалась для всех газонных растений: укрепляется корневая система, появляется мощная дернина, наблюдается прирост зеленой

массы растения (Князева, 2000). Кроме того лето 2013 года характеризовалось большим количеством осадков (на 5-10 мм) и меньшими температурами (в среднем на 5° С) по сравнению с предыдущим годом.

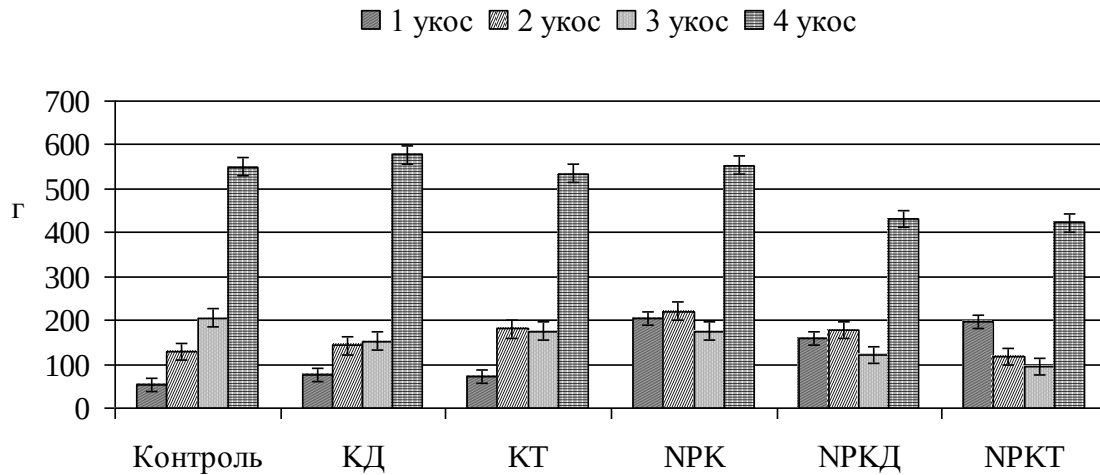


Рисунок 3.8. Сырая биомасса скошенной части растений, г/м² (вегетационный период 2013 г.).

Кроме того, показана та же тенденция снижения биомассы к четвертому укосе на вариантах, где на фоне NPK внесены диатомит и трепел. Это также можно связать с установленным ранее эффектом, когда накопление кремния в клеточных стенках препятствует интенсивному росту листовой пластины злаковых культур (Капранов, 2009). В физиологических исследованиях растений кукурузы показана возможность связывания железа прочными связями Si-обработанными клетками, что ограничивает его перемещение по растению. В результате происходит снижение синтеза пигментов листа (Битюцкий, 2011) и, по-видимому, рост биомассы.

Динамика проективного покрытия.

Анализ проективного покрытия участков газона 2-го года вегетации показал 3 типа задернения газона. Первый тип – наиболее быстрое задернение. К этому типу были отнесены варианты с применением NPK. Второй тип – среднее задернение, к нему были отнесены варианты опыта с

внесение кремнесодержащих веществ – диатомита и трепела. Третий тип – наиболее медленное задержание. Этот тип задержания оказался наиболее характерен для контрольного варианта. Площадь занятого травостоем контрольного варианта была на 25-30% меньше, чем на вариантах, где были внесены минеральные удобрения (рис. 3.9).

Диатомит и трепел ускоряли задержание в пересчете на площадь проективного покрытия примерно на 10% относительно контрольных делянок. К концу второго месяца задержания наблюдали выравнивание показателя проективного покрытия на делянках всех вариантов, но поскольку скорость этого процесса значительно отличалась, то травостоям на вариантах контроля в большей степени, а на КТ и КД – в меньшей, понадобилась дополнительная прополка, т.к. появилась сорная растительность.

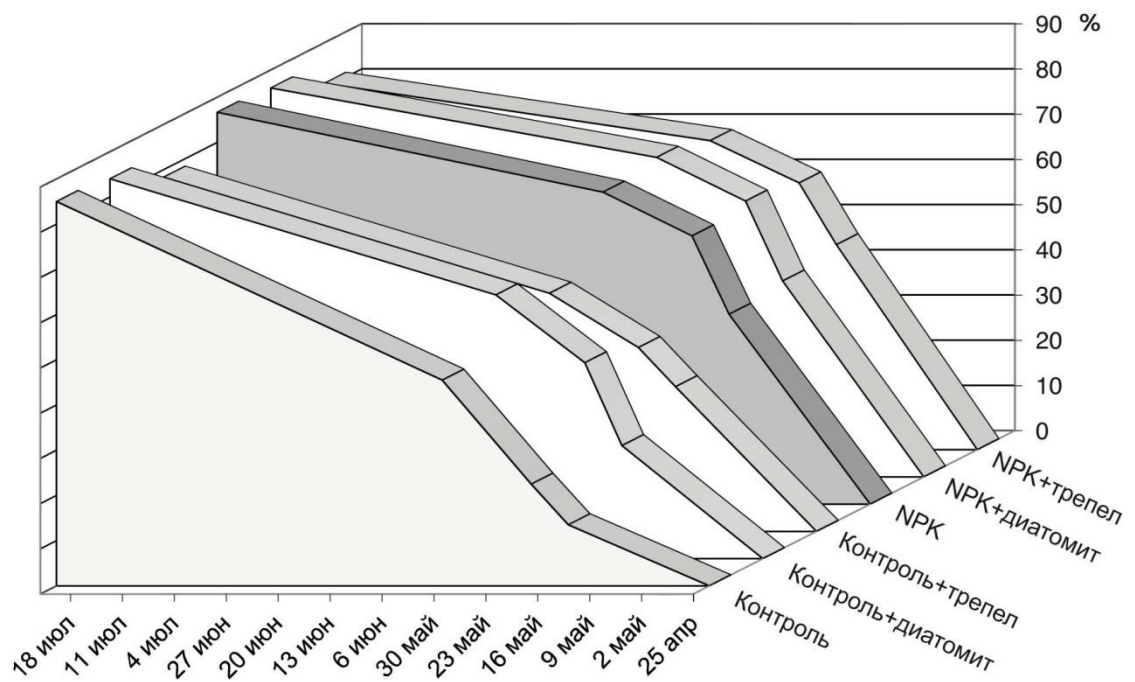


Рисунок 3.9. Проективное покрытие делянок (вегетационный период, 2013 г.), %

Таким образом, полное минеральное удобрение ускорило процесс формирования травостоя при весеннем внесении во второй год использования газона. Применение диатомита и трепела на этом фоне (варианты NPKД и NPKТ) существенно не отразилось на скорости задернения, однако, как в первый, так и во второй год наблюдения (как в действии, так и в последствии агроруд) показано значимое снижение биомассы трав к четвертому укосу на вариантах, где на фоне NPK внесены диатомит и трепел. Кроме имеющегося в публикации (Капранов, 2009) объяснения этого факта, мы рассматривали динамику накопления SiO_2 в травостое (рис. 3.10). Показано увеличение содержания этого элемента к четвертому укосу на вариантах NPKД и NPKТ, а также без применения NPK на вариантах КД в большей и КТ в меньшей степени. Известно, что трепел обладает аморфной гелево-подобной пористой структурой (Дистанов, Конюхова, 1990), что предполагало его большую доступность для растений в отношении его трансформации и поглощения кремния. Однако содержание аморфного кремния в трепеле в 1,6 раза меньше, что и определило снижение поглощения элемента из этой агроруды при применении как на фоне NPK, так и без минеральных удобрений.

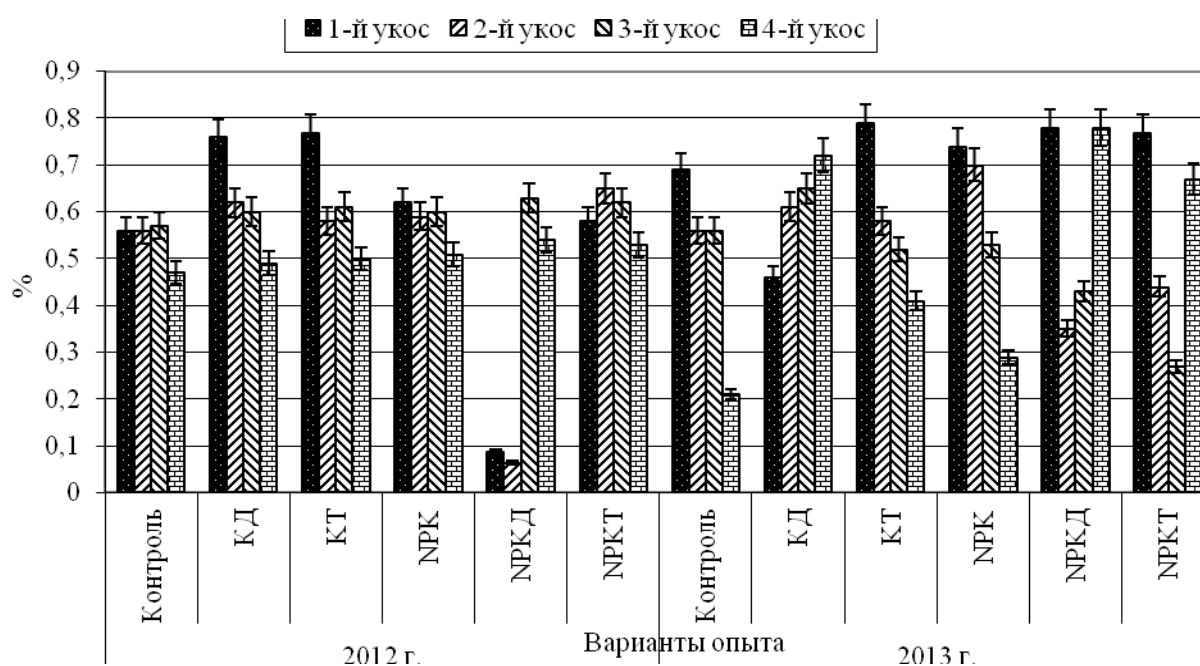


Рисунок 3.10. Содержание кремния в растениях за 2 года вегетации, % от сухого веса

С характеристикой скорости и интенсивности задерживаемости связаны такие показатели качества газона как содержание минерального азота, непосредственно определяющего интенсивность зеленой окраски растений, а также фосфора, что по современным представлениям физиологии корневого питания обеспечивает лучшие условия для развития корневой системы, т.к. при недостатке этого элемента поглощательная система развивается слабо, особенно в ранний период (Кузнецов, Дмитриева, 2005). При дефиците фосфора приостанавливается рост и развитие всего растения в связи с подавлением фотосинтеза и, соответственно, формирования дернины. Кремний во взаимосвязи с этими элементами также должен проявлять себя как в отношении влияния на фотосинтетическую деятельность (Полевой, Саламатова, 1991), так и в связи с формированием дернины и жесткости травостоя. Так показано, что наиболее важный фактор в накоплении кремния в растении – это способность транспортной системы корней в поглощении этого элемента (Takahashi, Ma, Miyake, 1990). Транспортная система поглощения этого элемента энергетически зависимая, как показано для риса (Maurel, 1997) и, по-видимому, это характерно для всех злаковых культур с их высоким содержанием кремния относительно других растений (Mitani, Ma, 2005). В этом также состоит связь кремния и фосфора в травах газона.

Кремний связан и с азотом не только в отношении фотосинтеза, но и в связи с транспортом кремния в растения. Транспортёрами Si из раствора внешней среды к корковым клеткам являются соединения с CYS связями (цистеин, например, т.е. аминокислоты), т.к. показано, что окисление этих связей приводило к снижению поглощения кремния (Maurel, 1997).

Относительно взаимосвязи калия с кремнием в растениях показано, что при дефиците калия в среде кремний способствует поступлению этого элемента в растение.

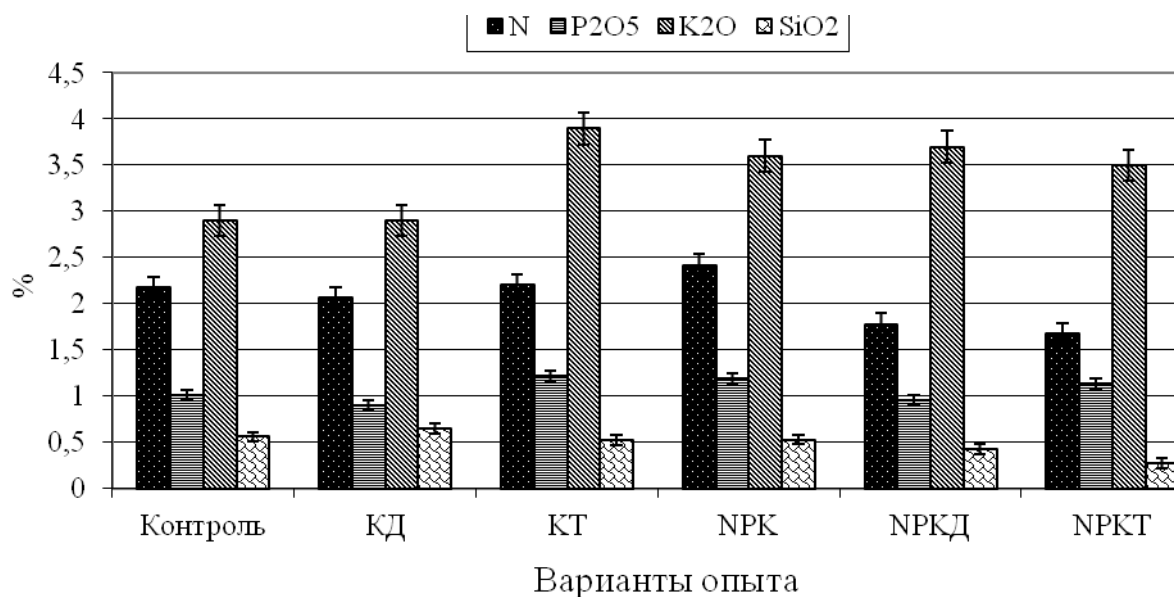


Рисунок 3.11. Содержание азота, фосфора, калия и кремния в растениях (2013 год, 3 укос), % от сухого веса.

Действительно, невысокое, но значимое увеличение содержания азота и кремния относительно контроля было определено в растениях третьего укоса (рис. 3.11). В этот период показано влияние диатомита и трепела на повышение этих показателей в травостое делянок контрольного варианта, соизмеримое с теми, где было внесено полное минеральное удобрение – НПК. Однако содержание фосфора в этот срок снижено, по-видимому, за счет энергетических затрат повышенной биомассой трав в интенсивный период роста и оптимальных климатических показателей.

3.4. Вынос основных питательных элементов и кремния

Значимой агрохимической характеристикой роста и развития газонных растений является вынос азота, фосфора, калия и кремния. Данный показатель служит для определения доз удобрений и подкормок. Для растений газона (зерновых колосовых культур) соотношение выноса N:P:K колеблется в относительно небольших пределах и в среднем составляет 3:1:2,5 (Минеев, 2004).

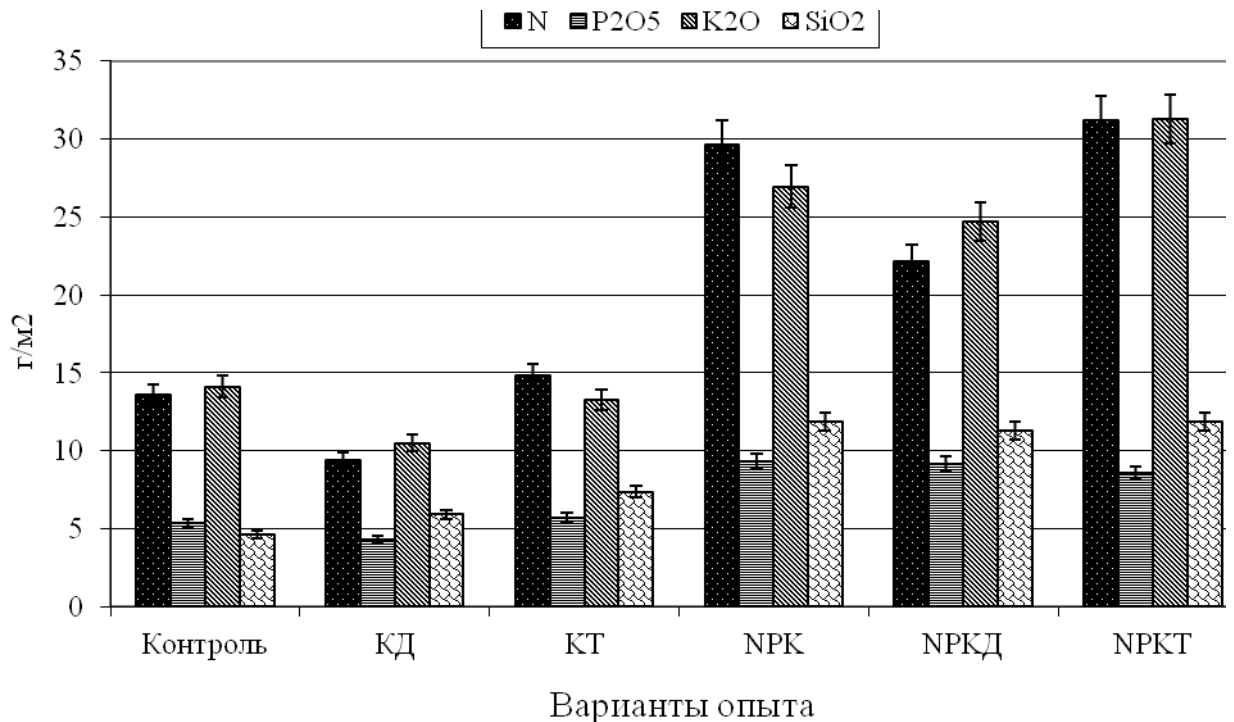


Рисунок 3.12. Вынос азота, фосфора, калия и кремния в первый год вегетации газона, г/м².

Как показывает анализ данных выноса питательных элементов (рис. 3.12), растения газона интенсивно поглощают и забирают с собой (скошенная часть растений) большое количество необходимых элементов питания. По технологии скашивания, руководствуясь правилами создания, содержания и охраны зеленых насаждений, утвержденным департаментом природопользования и охраны окружающей среды города Москвы (Правила создания ..., 2010), вся скошенная трава должна убираться с газонного покрытия. Таким образом, при физиологической необходимости газона в частом скашивании, усиливается процесс обеднения почв основными питательными элементами и кремнием.

Наибольший вынос азота в первый вегетационный период наблюдался во всех вариантах опыта по причине максимальной скорости роста и доступности элементов питания. На вариантах опыта с применением полного минерального удобрения вынос питательных элементов статистически выше

за счет высокой биомассы данных вариантов опыта. Также отмечается, влияние диатомита на вынос азота, как сообщалось выше за счет усиления листовой пластины.

Во второй год вегетации растений газона, также наблюдается вынос основных элементов питания (рис. 3.13, табл. П.8) в основном калия на вариантах опыта контроля, контроль + диатомит и контроль + трепел, по-видимому, за счет большей сформированности корневой системы и развития газона в целом. Также наблюдается большой вынос азота в вариантах опыта с применением полного минерального удобрения и также, как в первом вегетационном периоде, сдерживание выноса азота на варианте опыта NPKД.

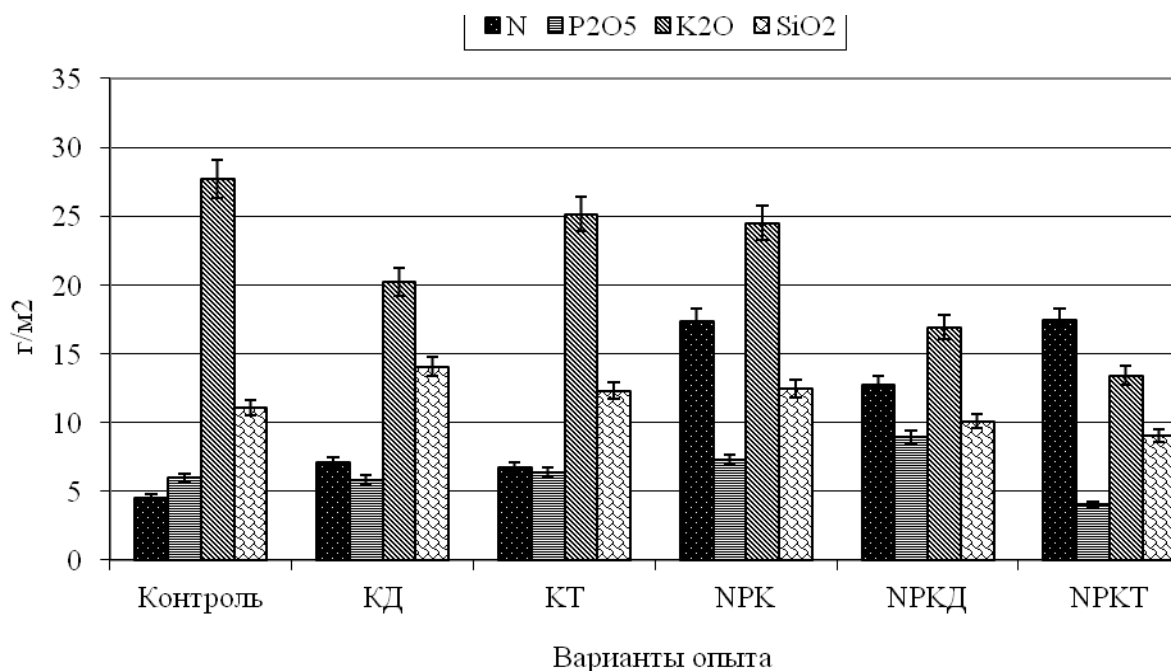


Рисунок 3.13. Вынос азота, фосфора, калия и кремния во второй год вегетации газона, г/м².

3.5. Содержание водорастворимых углеводов в растениях

Одним из важнейших показателей физиолого-биохимической активности фотосинтеза и роста растения в целом служит анализ растительного материала на содержание растворимых моно- и дисахаридов. Растворимые углеводы (главным образом, глюкоза) – основной энергетический субстрат, так как клетки в процессе дыхания получают метаболическую энергию при окислении этого продукта фотосинтеза.

В контексте нашего исследования представлял интерес рассмотрения защитной функции углеводов при недостатке воды. Есть мнение, что шок увеличивает количество сахаридов в растениях (Кретович, 1971). Это подтверждается полученными данными. Накопление углеводов (в частности, сахарозы) в цитозоле значительно уменьшает повреждающее действие водного дефицита и соответствующее повышение солевой нагрузки. В этом случае сахароза выступает в роли так называемого совместимого соединения в клетке, препятствуя накоплению солей и повышая осмолярность клетки, т.е. увеличивают сумму осмотически активных веществ в клетке. Показано, что при водном дефиците стимулируется биосинтез сахарозы (Pelah et al., 1997).

Показано, что после 1-го укуса содержание водорастворимых сахаров в растениях, при ГТК=1,66, наиболее благоприятному в этот год исследования, на варианте NPKД и NPKТ (рис.3.16, табл. П.4) этот показатель был меньше в полтора-два раза, чем на Контроле. Ведь увеличение углеводов без соответствующего увеличения белкового азота может привести к тому, что сахара будут выходить из устьиц и накапливаться на листе, создавая благоприятную среду для развития фитопатогенных микроорганизмов.

В нашем исследовании определение содержания растворимых углеводов проводили, также, и в период состояния стресса растений – наибольшего изменения температуры воздуха и количества осадков в первый

год вегетации газона. Анализ газонных трав в этот период (второй укос, ГТК= 0,98), показал статистически значимое повышение содержания дисахаридов в биомассе как в вариантах опыта только при внесении диатомита (КД) и трепела (КТ) в сравнении с контролем, так и на фоне NPK вместе с кремнесодержащими веществами (NPKД и NPKТ) (рис.3.15).

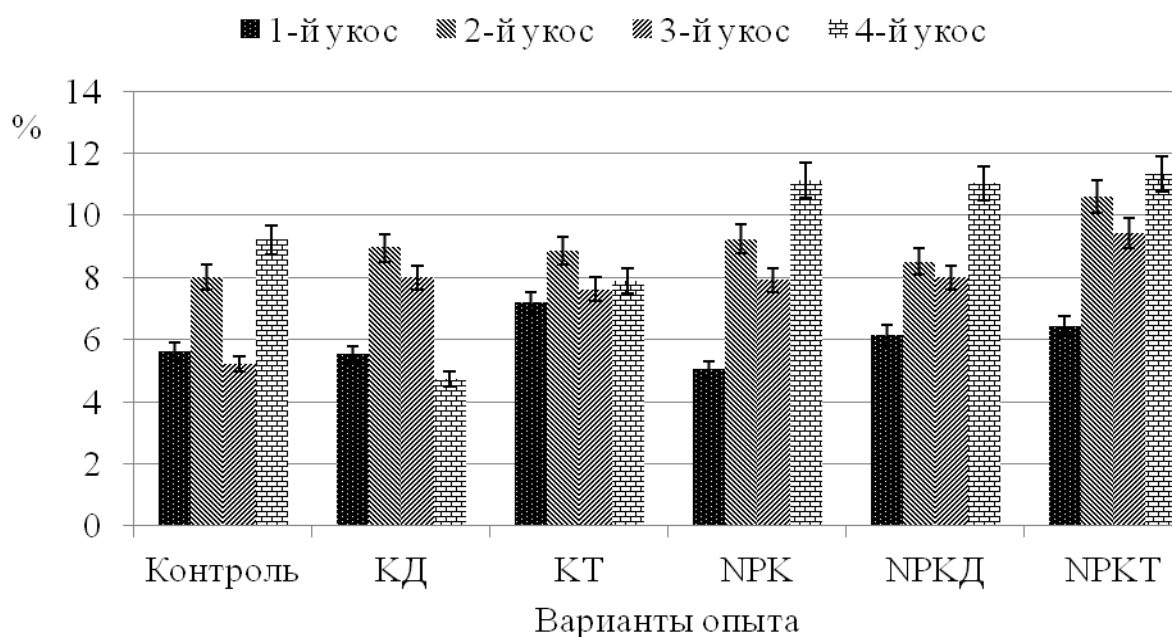


Рисунок 3.14. Динамика содержания в растениях моносахаридов в 1-й год вегетации, % от сухого веса.

К концу вегетации диатомит и трепел сохраняли свою способность поддерживать содержание дисахаридов в травостое относительно контрольного варианта. На фоне полного минерального удобрения это влияние кремнесодержащих соединений в конце вегетации проявляется в меньшей степени (рис. 3.15).

Сахариды – основной продукт фотосинтеза. Их гидролиз до моносахаридов, которые непосредственно вовлекаются в процесс анаэробного дыхания – гликолиза, позволяет характеризовать, как интенсивно происходят энергетические и биосинтетические процессы в растениях. В нашем исследовании показано, что содержание моносахаридов

на вариантах с внесением кремнесодержащих соединений выше, чем на контроле, что говорит об интенсивности «биохимических фабрик» в растениях (рис. 3,14).

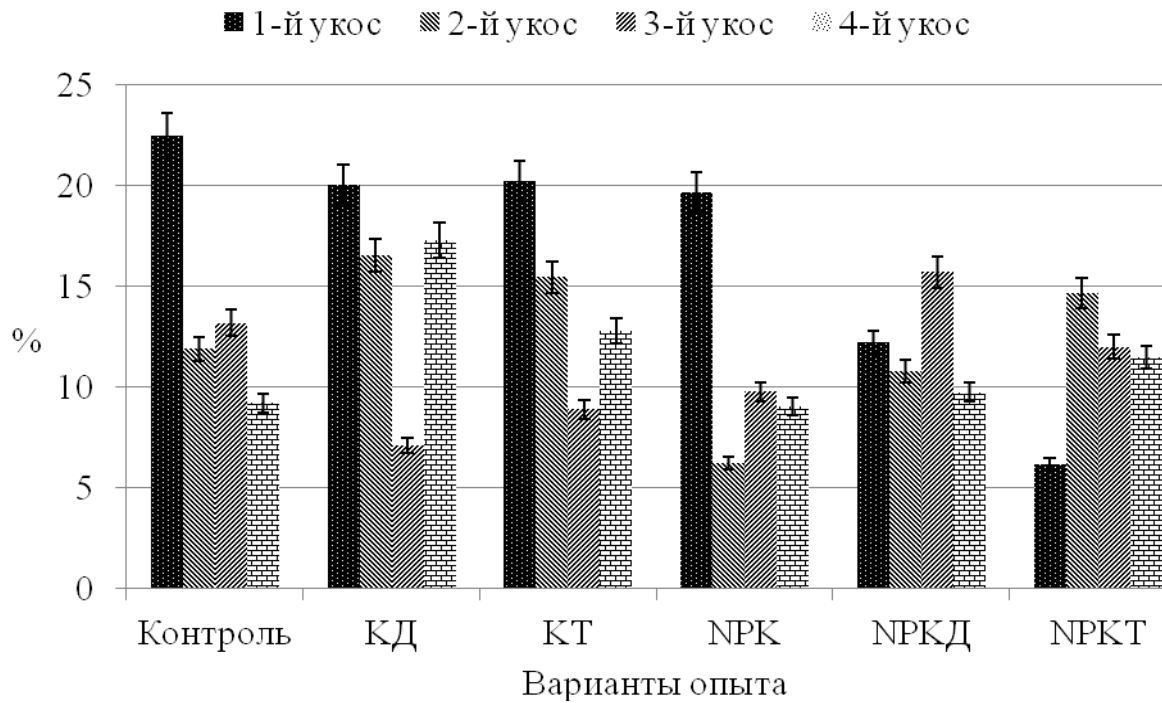


Рисунок 3.15. Динамика содержания дисахаридов в растениях в первый год вегетации, % от сухого веса.

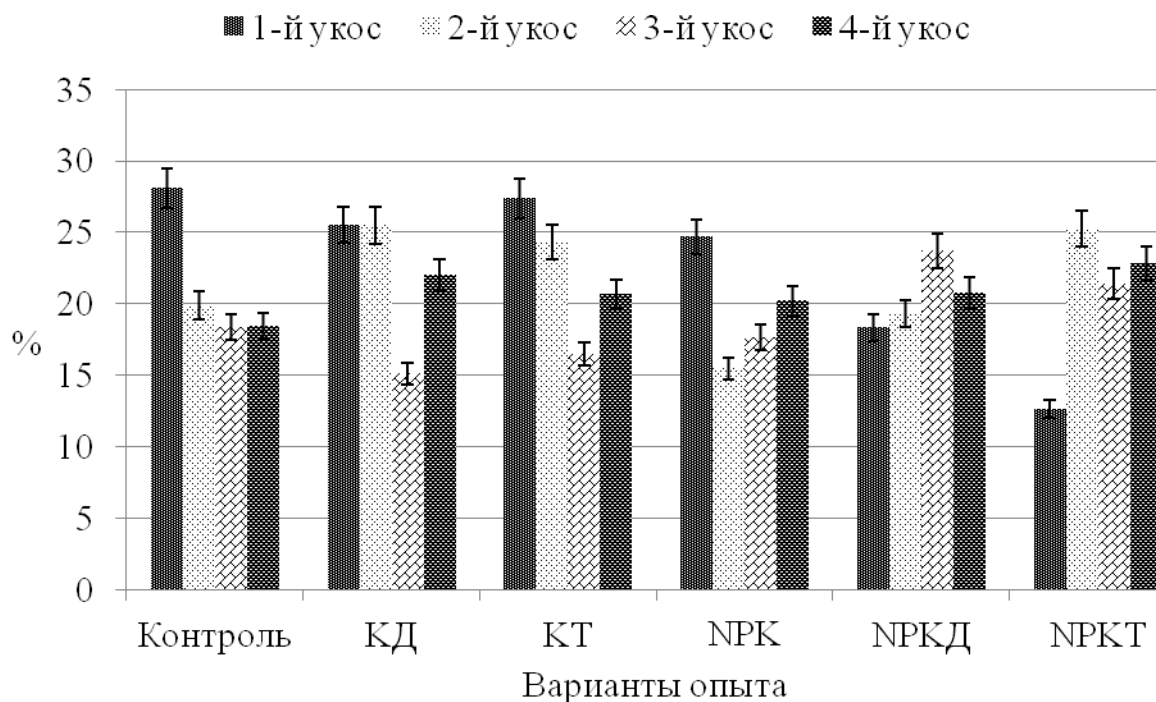


Рисунок 3.16. Динамика содержания в растениях водорастворимых углеводов в первый год вегетации, % от сухого веса.

3.6. Микробиологические показатели почвогрунта при выращивании газона

Микробиологическое исследование методом посева водной вытяжки из грунта МЭР, для определения количества основных физиологических групп бактерий цикла азота, показал, что численность бактерий, вырастающих на среде для азотфиксаторов и аммонификаторов составляла значительные величины - 10^7 КОЕ/ г сухой почвы, а денитрификаторов - 10^5 КОЕ/ г сухой почвы (табл.П7). Учитывая, что точность метода посева составляет 10^1 , можем говорить только о тенденциях в изменениях численности этих групп бактерий, так как порядок количества в исходном грунте, контрольном и с внесением NPK не менялся. Статистически значимого изменения численности микроорганизмов (изменения этой величины на порядок), вырастающих на среде для силикатных бактерий, также не было отмечено.

При рассмотрении тенденций внутри порядка, можно отметить, что численность всех групп микроорганизмов в образце контрольного грунта ниже как по сравнению с исходным грунтом, так и с образцом грунт + NPK.

Диатомит и трепел не изменяли статистически значимо численность всех групп исследованных бактерий в торфогрунте при применении NPK, однако в вариантах опыта без применения минеральных удобрений, диатомит способствовал снижению численности денитрификаторов на порядок в торфогрунте (рис. 3.17, табл. П.7), что связано со снижением количества питательных элементов в грунте при выращивании газона в связи с конкуренцией с растениями и выносом питательных элементов с биомассой при уравнильных укосах.

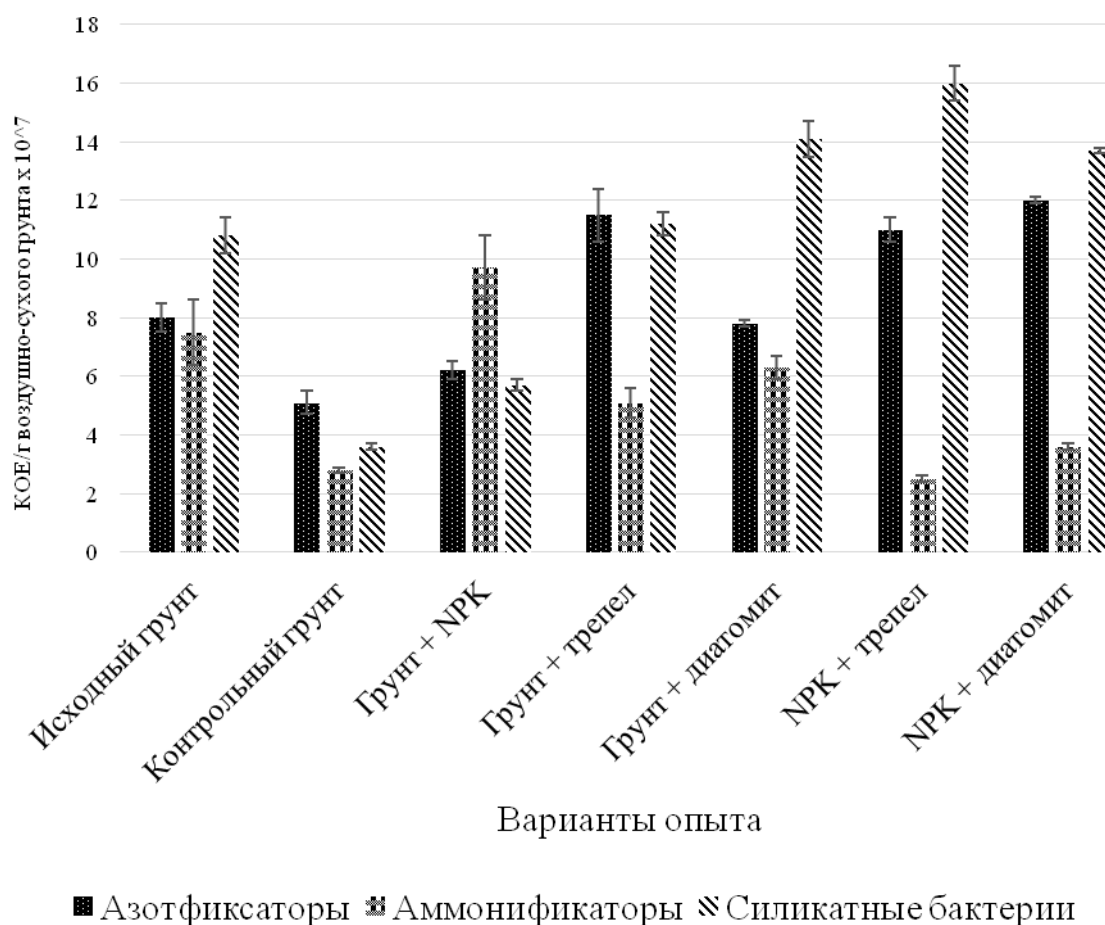


Рисунок 3.17. Численность микроорганизмов, вырастающих на среде для азотфиксаторов, аммонификаторов и силикатных бактерий, КОЕ/г воздушно-сухого грунта.

Наибольшее значение численности силикатных бактерий обнаружено на вариантах опыта с внесением трепела на фоне полного минерального удобрения. В варианте опыта без внесения минерального удобрения трепел также увеличил численность силикатных бактерий относительно контроля в два раза. Это обеспечило поддержание численности этой группы микроорганизмов на уровне того количество, которое было в исходном грунте, но было ниже на 22%, чем при внесении диатомита без применения полного минерального удобрения.

Таким образом, диатомит показал лучшую эффективность для увеличения численности силикатных бактерий, так как численность этой группы бактерий в варианте опыта диатомит + NPK значимо не изменялась, т.е. можно достичь того же эффекта, не применяя NPK.

Анализируя данные по численности силикатных бактерий, можно сделать вывод о необходимости внесения кремнесодержащих соединений диатомита и трепела, чтобы, как минимум поддержать численность силикатных бактерий на уровне исходного грунта, т.к. внесение одного NPK не увеличивает численность бактерий до исходного уровня.

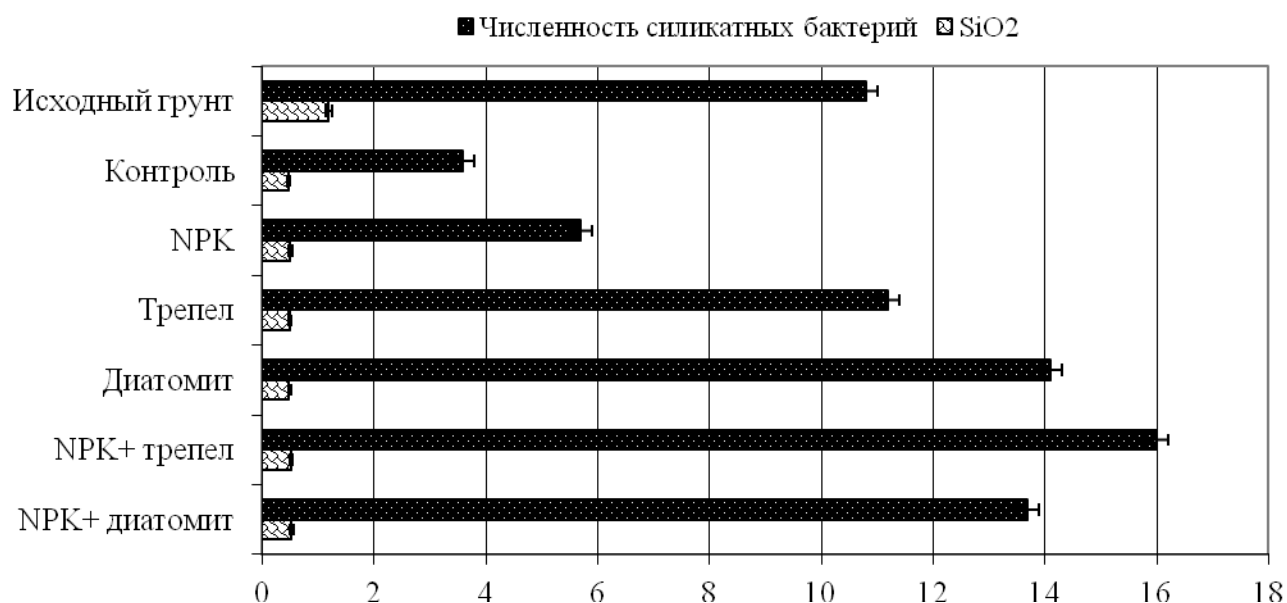


Рисунок 3.18. Содержания водорастворимого кремния в грунте (мг/100 г) и численности силикатных бактерий, КОЕ/г воздушно-сухого грунта.

Численность денитрификаторов изменялась в соответствии с содержанием нитратного азота в грунтах (рис. 3.19, рис. 3.20), за который происходила конкуренция бактерий с растениями.

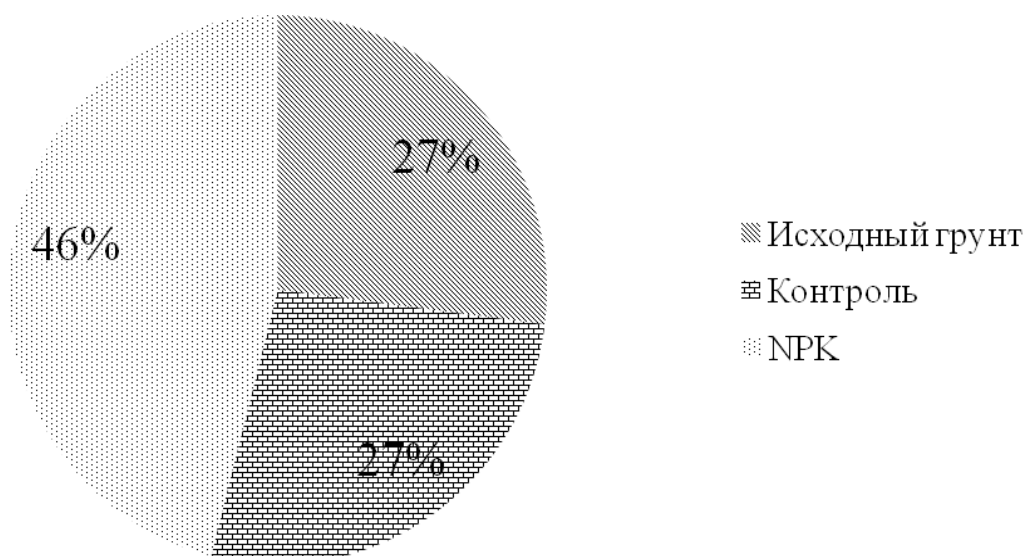


Рисунок 3.19. Изменение содержания нитратного азота в грунтах.

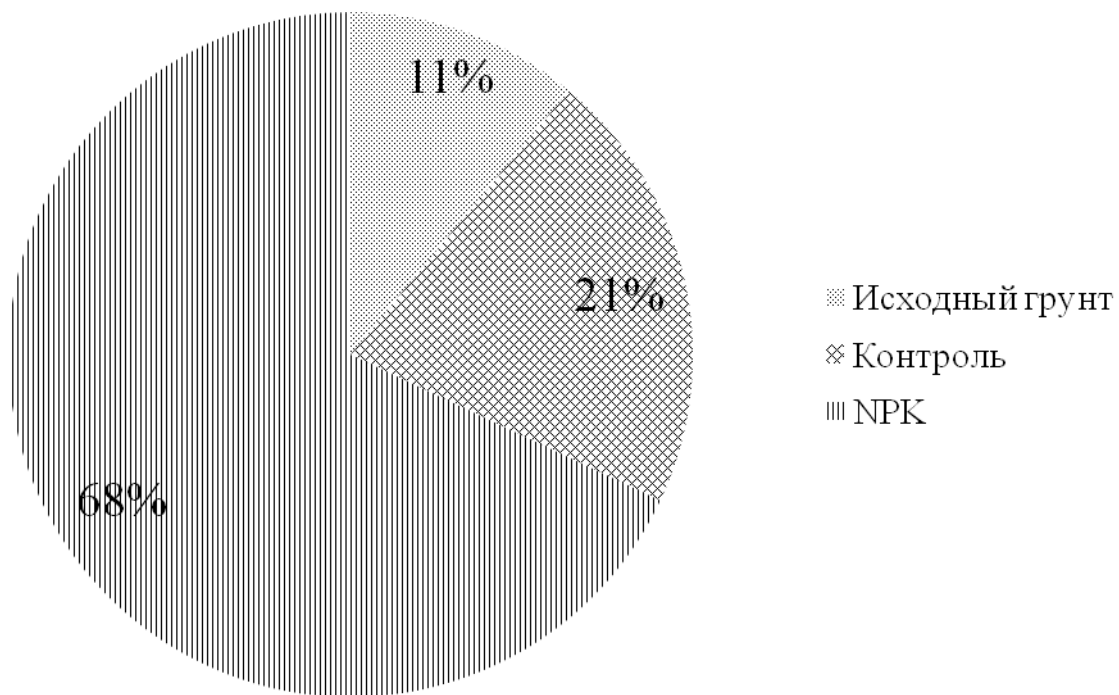


Рисунок 3.20. Численность денитрификаторов в грунтах с разным содержанием нитратного азота.

Таким образом, исходный грунт МЭР достаточно богат микроорганизмами азотного цикла и силикатными бактериями. За вегетационный период их численность уменьшается незначительно. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ не снижали численность микроорганизмов.

Выводы

1. Диатомит и трепел оказали существенное влияние на скорость задернения газонов при их применении без полного минерального удобрения по сравнению с контрольным вариантом. Минеральные удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$ обеспечивали равномерность задернения как при совместном внесении с кремнесодержащими удобрениями, так и без них.
2. Диатомит и трепел увеличивали содержание основных элементов питания в газонном травостое: в первый год вегетации – азота, во второй год калия и кремния.
3. Во второй год использования газона полное минеральное удобрение при весеннем внесении ускорило процесс формирования травостоя. Применение диатомита и трепела на этом фоне (варианты NPKД и NPKТ) существенно не отразилось на скорости задернения, однако, как в первый, так и во второй год наблюдения (как в действии, так и в последствии агроруд) отмечали значимое снижение биомассы трав к четвертому укосу на вариантах, где на фоне NPK внесены диатомит и трепел.
4. В засушливый период ($ГТК = 0,98$) в биомассе газонных трав наблюдалось статистически значимое повышение содержания растворимых дисахаридов как в вариантах опыта, где внесены только диатомит и трепел в сравнении с контролем, так и на фоне NPK вместе с кремнесодержащими веществами.
5. Микробиологический анализ водной вытяжки из торфогрунта показал, что численность бактерий, вырастающих на среде для азотфиксаторов и аммонификаторов, составляла значительные величины 10^7 КОЕ/г сухого грунта, а денитрификаторов – 10^5 КОЕ/г сухого грунта и значимо не изменялась при внесении диатомита и трепела. Минеральные удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ и кремнесодержащие соединения диатомит и трепел статистически значимо не снижали численность микроорганизмов.

6. Внесение кремния в виде диатомита и трепела в качестве основного удобрения оказало существенно влияние на биомассу растений газона: наблюдался эффект «буферности» для развития растений – в благоприятный климатический период биомасса трав снижалась, в условиях температурного и воднодефицитного стресса – увеличивалась.

Список работ, опубликованных по теме диссертации:

1. Соловьев А.С., Королькова А.С., Верховцева Н.В., Кондакова Г.Г. Применение кремнесодержащего вещества диатомита при выращивании газонов // Сб. трудов. Экологическая агрохимия. Т. 3. – М.: Изд-во МГУ, 2011. – С. 80–94.
2. Соловьев А.С., Соловьева А.С., Гаспирович К.В., Верховцева Н.В. Развитие придорожных газонов при агрохимической поддержке кремнесодержащими соединениями / Сб. Проблемы техносферной безопасности и геоэкологии в новых условиях развития России. – М.: ГУЗ, 2013. — С. 59–66.
3. **Соловьев А.С., Верховцева Н.В. Кремнесодержащие агроруды диатомит и трепел в устойчивости газонных травостоев // Проблемы агрохимии и экологии. — 2014. — № 3. — С. 23-30.**
4. **Верховцева Н.В., Соловьев А.С., Соловьева А.С. Защита газонных травостоев при помощи кремнийсодержащих природных агроруд // Агрохимия. – 2014. – № 9. – С. 87–96.**
5. Соловьев А.С. Влияние диатомита и трепела на рост и развитие газонных травосмесей//Теория и практика современной науки: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, г. Москва, 2–3 июля 2014 г./Науч.-инф. издат. центр «Институт стратегических исследований». – М: Изд-во «Спецкнига», 2014. – 444 с.

Список литературы:

1. Абрамашвили Г.Г. Городские и спортивные газоны. – М.: Московский рабочий, 1979 – 109 с.
2. Агафонов Н.В., Мамонов Е.В., Иванов И.В. Декоративное садоводство. – М.: Колосс, 2003. – 320 с.
3. Алексеев И.А. Защита растений: болезни газонных трав. – Йошкар-ола, 2000. – 34 с.
4. Алешин Н.Е. О необходимости использования кремниевых удобрений в рисоводстве СССР//Зерновые и зернобобовые культуры. – 1982. – №4. – С. 115.
5. Андроникашвили Т.Г. Применение цеолитсодержащих горных пород в растениеводстве// Агрохимия. – 2008. – № 12. – С.63-79.
6. Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. – М.: Наука, 1993. – 293 с.
7. Барсукова А.Г., Рочев В.А. Влияние кремнегельсодержащих удобрений на подвижность кремнекислоты в почве и доступность ее растениям // Контроль и регулирование содержания макро- и микроэлементов в почве и растениях на Среднем Урале / Тр. Свердл. СХИ. Свердловск, 1979. – Т. 54. – С. 84–88.
8. Битюцкий Н.П. Микроэлементы высших растений. – СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2011. – 368 с.
9. Бочарникова Е.А. Влияние кремниевого мелиоранта на цитрусовые//Агрохимия. – 2007. – № 10. – С.39-42.
10. Верховцева Н.В., Пашкевич Е.Б. Микробиологические показатели агроэкосистемы: Методические указания к лабораторным занятиям. – М.:ВНИИА, 2007. – 28 с.
11. Водяницкий Ю.Н. Дефицит кремния в некоторых почвах и пути его устранения//Агрохимия. – 1984. –№ 8. – С. 127-132.
12. Воронков М.Г., Зелчан Г.И., Лукевиц А.Ю. Кремний и жизнь. – Рига: Зинатне, 1978. – 587 с.

13. Газоны. Основы семеноводства и районирования. – М.: Наука, 1984. – 244 с.
14. Гладкова К.Ф. Действие длительного внесения удобрений на накопление в дерново-подзолистой почве запасов усвояемых фосфора и калия // Агрохимия. – 1982. – № 3. – С.126-132
15. Головач А.Г. Газоны, их устройство и содержание. – М.-Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1955. – 338 с.
16. Горбунов Н.И. Минеральная и коллоидная химия почв. – М.: Наука, 1974. – 314 с.
17. Дистанов У.Г., Конюхова Т.П. Природные сорбенты и охрана окружающей среды//Химизация сельского хозяйства. – 1990. – № 9. – С. 34-39.
18. Добровольская Т.Г., Скворцова И.Н., Лысак Л.В. Методы идентификации и выделения почвенных бактерий. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 76 с.
19. Дроница О.С. Эффективность предпосевной обработки семян сахарной свеклы биопрепаратами и диатомитовым порошком в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Ульяновск, 2009. – 18 с.
20. Дурынина Е.П., Егоров В.С. Агрохимический анализ почв, растений, удобрений. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 113 с.
21. Егорова Е.В. Эколого-биологическая оценка мелиорантов для детоксикации почв, загрязнённых тяжёлыми металлами//Проблемы агрохимии и экологии. – 2010. – №1. – С.55-62.
22. Егорова Е.В., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Петров К.В. Влияние агроmeliоранта на урожай и качество зерна ячменя на дерново-подзолистой почве с повышением содержанием цинка и меди/Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений. – Горки: Белорус. гос. с.-х. акад., 2007. – С. 113-115.

23. Елешев Р.Е., Иванов А.Л., Садвакасов С.К. Изучение влияния совместного внесения фосфорных и кремнийсодержащих удобрений на фосфатный режим основных типов почв Казахстана//Агрохимия. – 1990. – № 10. – С. 35-42.
24. Елисеев И.П. Изучение эффективности кератина и трепела в качестве удобрений под картофель/Вопросы картофелеводства. – М., 1999. – С. 99-100.
25. Ермолаев С.А., Шильников И.А., Аканова Н.И. Эффективность применения силикатных форм химических мелиорантов//Плодородие. – 2004. – № 2. – С. 13-16.
26. Ефимов В.М. Урожайность и качество клубней картофеля в зависимости от использования цеолитсодержащего трепела и его смесей с минеральными удобрениями в условиях Волго-Вятского региона: дис. ... канд. с.-х. наук. – Марийс. гос. ун-т: Чебоксары, 2009. – 173 с.
27. Золотокрылин А.Н., Титкова Т.Б., Черенкова Е.А., Виноградова В.В. Сравнительные исследования засух 2010 и 2012 гг. на Европейской территории России по метеорологическим и MODIS данным//Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10. – № 1. – С. 246-253.
28. Капранов В.Н. Влияние диатомита и минеральных удобрений на фенотипические признаки растений//Агрохимия. – 2009. – № 7. – С.34-43.
29. Капранов В.Н., Камский А.В. Диатомит как кремнийсодержащее удобрение//Плодородие. – 2006. – № 4. – С.12-13.
30. Капранов В.Н., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Храмой В.К., Филатов А.Н. Эффективность новых комплексных органоминеральных удобрений при возделывании ярового ячменя на серой лесной почве//Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 3. – С. 19-22.

31. Капранов В.Н., Сушеница Б.А. Инкрустация семян кремнийсодержащими веществами//Главный агроном. – 2010. – № 8. – С. 15-16.
32. Кирильчик Л.А. Методические указания по определению площади листьев газонных растений. – Минск, 1971. – 12 с.
33. Кирильчик Л.А. Эколого-биологическая характеристика газонных трав. – Минск: Наука и техника, 1971. – 111 с.
34. Кирюшин Е.П., Нейматов Е.Л., Верховцева Н.В. // Методика определения кремния по синей кремнемолибденовой гетерополикислоте с использованием аскорбиновой кислоты как восстановителя // Проблемы агрохимии и экологии.– 2009.– №2 – С.32-35.
35. Киселева И.П. Использование удобрений на декоративных газонах и агротехника выращивания семенников газонных трав. – М.: ЦБНТИ Минжилкомхоза РСФСР, 1981. – 37 с.
36. Князева Т.П., Князева Д.В. Газоны. – М.: Вече, 2004. – 172 с.
37. Кобозев И.В., Попов А.Е., Бусурманкулов А.Б.. Оптимизация режимов скашивания газонных травостоев//Доклады ТСХА. – 2005. – Вып. 277. – С. 105-107.
38. Колесников М.П. Формы кремния в растениях//Успехи биологической химии. – 2001. – Т.41. – С. 301-332.
39. Корбридж Д. Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии. – М.: Мир, 1982. – 680 с.
40. Косулина Л.Г., Луценко Э.К., Аксенова В.А. Физиология устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды. – Ростов-на-Дону: Изд-во Рост. ун-та, 1993. – 240 с.
41. Кочарян К.С. Краткая характеристика газонных растений, применяемых в озеленении Москвы [Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах центральной части России (на примере г. Москвы)]. – М.: Наука, 2000. – С. 92-97.

42. Кочарян К.С. Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах. – М.: Наука, 2000. – 184с.
43. Кочережко О.И., Кочережко Н.В. Ландшафтный дизайн вашего приусадебного участка. Советы дизайнера. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 262 с.
44. Красноперова Е.В., Конышева А.А. Выявление дефицита доступных для растений растворимых форм кремнезема при анализе грунтовых вод / Роль почвы в формировании агроландшафтов. – Казань: ФЭН, 2003. – С. 163.
45. Кретович В.Л. Основы биохимии растений. – М.: Высшая школа. – 1971. – 463 с.
46. Кудинова Л.И. Влияние кремния на рост, величину площади листьев и адсорбирующую поверхность корней растений//Агрохимия. – 1975. – № 10. – С. 117-120.
47. Кузнецов В.В., Дмитриева Г.А. Физиология растений: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2005. – 736 с.
48. Кузьмич М.А., Графская Г.А., Хостанцева Н.В. Влияние традиционных мелиорантов и нового минерального сырья на поступление ТМ в растения/Проблема фосфора и комплексного использования нетрадиционного минерального сырья в земледелии. – М., 2000. – С. 281-295.
49. Кураков Л.П. Применение местных сырьевых ресурсов в народном хозяйстве. Трепел/Сб. ст. Чебоксары: Чуваш. гос. ун-т им. И.Н.Ульянова, 1997. – 48 с.
50. Кутузов А.А., Харьков Г.Д. Рекомендации по устойчивости агроландшафта на основе ресурсовозобновляющей роли многолетних трав. – М.: Изд-во Лик Пресс, 2002. – 17 с.
51. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н., Босак В.Н., Смычник А.Д., Стромский А.С., Шемякина М.Г., Плешкова П.Д. Калийное удобрение,

- содержащее трепел//Земляробства і ахова раслін. – 2009. – № 1. – С. 58-60.
52. Лепкович И.П. Газоны. – СПб.: Изд-во «Диля», 2003. – 240 с.
53. Лобода Б.П., Ходырев В.М., Гористова И.А Орловский цеолит – перспективный компонент тепличных субстратов для малообъемного выращивания огурца//Гавриш. – 2007. – № 2. – С. 12-13.
54. Лобода Б.П., Яковлева Н.Н. Диатомиты и трепелы как почвоулучшители и источники биогенных элементов//Плодородие. – 2003. – №5. – С. 11-14.
55. Матыченков В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва-растение: дис. ...д-ра биол. наук. – Пущино, 2008. – 284 с.
56. Матыченков В.В., Амосова Я.М. Влияние аморфного кремнезема на некоторые свойства дерново-подзолистых почв // Почвоведение. – 1994. – № 7. – С. 52-61.
57. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А., Амосова Я.М. Влияние кремниевых удобрений на растение и почву // Агрохимия. – 2002. – №2. – С. 86-93.
58. Матыченков В.В., Бочарникова Е.А. Использование некоторых типов отходов металлургической промышленности для улучшения фосфорного питания растений и повышения засухоустойчивости растений // Агрохимия. – 2003. – № 5. – С.50-55.
59. Матыченков В.В., Дьяков В.М., Бочарникова Е.А. Комплексное кремнийфосфорное удобрение. Патент № 97121543, 1997.
60. Матыченков В.В., Кособрюхов А.А., Шабнова Н.И., Бочарникова Е.А. Кремниевые удобрения как фактор повышения засухоустойчивости растений //Агрохимия. – 2007. – № 5. – С.63-67.
61. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – 1996. – 41 с.

62. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог [Приказом ФДС России N 421 от 5.11.98 г.] – ГП «Информавтодор», Свердловский центр Росдорнии НПФ «Российские семена», 1998. – 43 с.
63. Методические указания по анализам тепличных грунтов // М-во лесн. хоз-ва РСФСР. Центр. произв. лаб. селекц. Семеноводства и химизации. – М., 1986. – 23 с.
64. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: МГУ, КолосС, 2004. – 719 с.
65. Мифтахова С.А. Биологические основы интродукции некоторых видов злаковых трав для газонов среднетаежной подзоны Республики Коми: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Сыктывкар: Ин-т биологии Коми науч. центра Урал. отд-ния РАН, 2005. – 22 с.
66. Нестерова А.В. Газоны, цветники и дорожки. – Москва: Вече, 2002. – 207 с.
67. Орлов А.В., Просянных Е.В., Сычев С.Н.; Мамеев В.В. Использование гумусовых веществ и цеолитсодержащего трепела для приготовления почвосмесей при выращивании рассады овощных культур/Материалы науч.-практ. конф. – Пенза, 2003. – С. 127-129.
68. Орлов А.В., Просянных Е.В., Сычев С.М. Влияние копролита, цеолитсодержащего трепела и гумата-люкс на рост и развитие рассады сладкого перца/Производство экологически безопасной продукции растениеводства и животноводства. – Брянск: Брян. гос. с.-х. акад., 2004. – С. 249-252.
69. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1985. – 376 с.
70. Орлов Д.С. Химия почв. – М.: Изд-во МГУ, 1992. – 400 с.
71. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации/Т. II. Изменения климата. – М.: Росгидромет, 2008. – 227 с.

72. Пашкевич Е.Б., Кирюшин Е.П. Роль кремния в питании растений и в защите сельскохозяйственных культур от фитопатогенов//Проблемы агрохимии и экологии. – 2008. – № 2. – С. 52-57.
73. Петрова А.Н. Биологические основы создания устойчивых дерновых покрытий в Якутии: Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Новосибирск, 1998. – 348 с.
74. Полевой В.В., Саламатова Т.С. Физиология роста и развития растений. – Л.: Изд. ЛГУ, 1991. – 240 с.
75. Правила создания, содержания и охраны зеленых насаждений города Москвы. – Правительство Москвы. Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы. – М., 2010. – С. 55-66.
76. Практикум по агрохимии / Под редакцией Минеева В.Г. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
77. Практикум по микробиологии: Учебное пособие для вузов/под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 603 с.
78. Приходько В.Е. Формы соединений кремния в почвах элювиального ряда: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – М.: МГУ, 1979. – 24 с.
79. Прокофьева Т.В., Строганова М.Н. Почвы Москвы (почвы в городской среде, их особенности и экологическое значение) [Серия: «Москва биологическая»]. – М.: ГЕОС, 2004. – 60 с.
80. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Жигарева Т.Л., Попова Г.И., Петров К.В., Картузова М.Н., Егорова Е.В. Влияние комплексного удобрения пролонгированного действия на продуктивность зерновых культур, накопление тяжелых металлов в урожае и биологическую активность почвы/Инновационно-технологические основы развития земледелия. – Курск: Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии, 2006. – С. 517-522.
81. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Жигарева Т.Л., Петров К.В., Попова Г.И., Анисимов В.С. Ресурсосберегающие технологии производства и применения нового комплексного удобрения

- продолженного действия – супродит/Ресурсосберегающие технологии использования органических удобрений в земледелии. – Владимир: Всерос. науч.-исслед., конструктор. и проектно-технол. ин-т орган. удобрений и торфа, 2009. – С. 52-58.
82. Самсонова Н.Е., Астахова Л.В. Пути повышения эффективности использования производственного потенциала сельского хозяйства Смоленской области в свете решений 27 съезда КПСС. Тезисы докладов науч.-практ. Конференции, 1986. – С.169-173.
83. Самсонова Н.Е. Кремний в почвах и растениях// Агрохимия. – 2005. – № 6. – С.76-86.
84. Свириденко Д.Г., Жигарева Т.Л., Ратников А.Н., Попова Г.И., Петров К.В., Егорова Е.В. Влияние нового комплексного удобрения на биологическую активность техногенно загрязненной дерново-подзолистой почвы/Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии. – Курск: Всерос. науч.-исслед. ин-т земледелия и защиты почв от эрозии, 2007. – С. 262-266.
85. Сербина Е.Н. Газон и уход за ним. – М.: ОЛМА-ПРЕСС Гранд, 2003. – 31 с.
86. Соловьев А.С., Королькова А.С., Верховцева Н.В., Кондакова Г.Г. Применение кремнийсодержащего вещества диатомита при выращивании газонов/в сбор. науч. трудов «Экологическая агрохимия». – М., МГУ, 2011. – С. 80-94.
87. Соловьев А.С., Соловьева А.С., Гаспирович К.В., Верховцева Н.В. Развитие придорожных газонов при агрохимической поддержке кремнесодержащими соединениями/ в сбор. науч. трудов «Проблемы техносферной безопасности и геоэкологии в новых условиях развития России». – М.: ГУЗ, 2013. – С.59–66.

88. Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии Нечерноземной зоны Европейской части РСФСР [под ред. И.Г. Грингофа].- Л: Гидрометеиздат, 1986.-191 с.
89. Субботина Я.В. Агротехнологические приемы возделывания многолетних злаковых трав в газонном агрофитоценозе Предуралья: Автореф. дис. канд. с.-х. наук. – Пермь: Перм. гос. с.-х. акад., 2006. – 22 с.
90. Тарановская В.Г. Значение силикатирования для цитрусовых, тунга и сидератов // Советские субтропики. – 1940. – № 5. – С. 38-42.
91. Титлянова А.А., Базилевич Н.И., Снытко В.А. Биологическая продуктивность травяных экосистем. Географические закономерности и экологические особенности. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. – 134 с.
92. Титова В.И., Козлов А.В. Влияние диатомита на микробиологический процесс деструкции целлюлозы в ризосфере зерновых культур//Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 1. – С. 23-27.
93. Тюльдюков В.А. Газоноведение и озеленение населенных территорий: учебное пособие для студентов вузов по агрономический специальностям. – М.: КолосС, 2002. – 264 с.
94. Тюльдюков В.А., Андреев Н.Г., Воронков В.А., Савицкая В.А., Скоблин Г.С., Михалев С.С., Парахин Н.В., Савенков А.В. Луговоеводство. Учебник для студентов вузов по агр. и зоовет. спец. – М.: Колос, 1995. – 415 с.
95. Тюльдюков В.А., Кобозев И.В., Бусурманкулов А.Б. Вынос азота, фосфора, калия урожаем и коэффициент использования удобрений в зависимости от способа восстановления травостоя//Докл. ТСХА/Моск.с.-х. акад. – 2001. Вып.273. – ч.1. – С. 156-159.

96. Тюльдюков В.А., Тюлин В.А. Формирование продуктивности многолетних трав в зависимости от травосмесей, доз и соотношения минеральных удобрений//Агрохимия. – 1998. – № 6. – С. 60-67.
97. Уразбахтин З.М. Определение оптимального состава травосмесей и норм высева семян для создания устойчивых газонов условиях Москвы//Доклады ТСХА. – Вып. 276. – Москва: Изд-во МСХА, 2004.
98. Уразбахтин З.М. Определение понятия «газон» и классификация газонов//Доклады ТСХА. – Вып. 277. – Москва: Изд-во МСХА, 2005.
99. Федоров А.А. Оптимизация минерального питания растений.– Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – 265 с.
100. Физиология растений [Под ред. И.П.Ермакова]. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 640 с.
101. Цицина Н.В. Газоны. Научные основы интродукции и использования газонных и почвопокровных растений. – М.: Наука, 1977. – 251с.
102. Черепанов С.К. Сосудистые растения СССР [Под ред.А.А. Федорова]. – Л.:Наука,1981. – 509 с.
103. Чумаченко И.Н., Алиев Ш.А. Агрохимия высококонцентрированных минеральных удобрений и их применение. – М.: 2001. – 170 с.
104. Чумаченко И.Н., Капранов В.Н., Чумаченко Э.С. Агрохимические аспекты комплексного использования фосфора и кремнийсодержащего минерального сырья в целях повышения плодородия почв // Тр. Всерос. н.-и и проект.-технол. ин-т химизации сел. хоз-ва. – 1999. – Вып. 1, Т.1. – С. 103-126.
105. Швейкина Р.В. Влияние кремниевых удобрений на подвижность фосфат-ионов в почве/Сб. науч. тр. «Повышение эффективности применения удобрений». – Пермь: Труды Пермского СХИ, 1986. – С.77–79.

106. Швейкина Р.В. Повышение эффективности применения удобрений. – Пермь, 1988. – 72 с.
107. Шредер Р.И. Русский огород, питомник и плодовый сад: Руководство к наивыгоднейшему устройству и ведению огородного и садового хозяйства. – М.: ЗАО «Фитон+», 2008. – 824 с.
108. Яковлева Н.Н. Использование трепелов Хотынецкого месторождения в качестве компонента тепличного субстрата/Круговорот биоген. веществ и плодородие почв в адаптив.- ландшафт. земледелии России. – М., 2000. – С. 264-268.
109. Яшин Е.А. Эффективность использования диатомита и его смесей с куриным пометом в качестве удобрения сельскохозяйственных культур на черноземе выщелоченном Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Саранск, 2004. – 18 с.
110. Aston M.J., Jones M.M. A study of the transpiration surfaces of *Avena sterilis* L. var. algerian leaves using monosilicic acid as a tracer for water movement//Planta. – 1976. – V. 130. – № 2. – P. 121-129.
111. Bao-He Miao, Xing-Guo Han and Wen-Hao Zhang* The ameliorative effect of silicon on soybean seedlings grown in potassium-deficient medium// Annals of Botany – 2010- №105. – P. 967– 973.
112. Belanger R.R, Benhamou N, Menzies J.G. Cytochemical evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *Tritici*)//Phytopathology. – 2003. – №93. – P. 402-412.
113. Caceres V.A., Bigelow C.A., Richmond D.S. Aesthetic and Economic Impacts Associated with Four Different Cool-season Lawn Fertility and Pesticide Programs//Hort Technology. – 2010. – V. 20. – № 2. – P. 418-426.
114. Carpenter P.J., Meyer M.H. Edina Goes Green Part III: A Survey of Consumer Lawn Care Knowledge and Practices // HortTechnology. – 1999. – V.9. – №3. – P. 491-494.

115. Carpita N.C. Structure and biogenesis of the cell walls of grasses//Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology. – 1996. – V. 47. – P. 445-476.
116. Ceron-Anaya H. An Approach to the History of Golf: Business, Symbolic Capital, and Technologies of the Self//Journal of Sport and Social Issues. – 2010. – V.34. – №3. – P. 339-358.
117. Domning, B., Amberger A. Einfluß von Silikaten auf die Verfügbarkeit von Boden- und Düngerphosphat. Landw. Forschung. // Kongreßband VDLUFA-Schriftenreihe. – 1988. – № 23. – S. 227-238.
118. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants //Ann Appl. Biol. – 2009. –V.155. – P. 155–160.
119. Epstein E. The anomaly of silicon in plant biology // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 1994. - V. 91. - P. 11-17.
120. Heather A.C., Carole C.P. Silica in Plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies//Annals of Botany. – 2007. – V. 100. – №7 – P. 1383-1389.
121. Henry J.M., Gibeault V.A., Lazaneo V.F. Practical lawn fertilization//Agriculture and Natural Resources. University of California. – 2002. – Publication 8065. – P.1-9.
122. Hilaire R.St., VanLeeuwen D.M., Torres P. Landscape Preferences and Water Conservation Choices of Residents in a High Desert Environment //HortTechnology. – 2010. – V. 20. – № 2. – P. 308-314.
123. Jenkins V. Scott. The lawn: A history of an American Obsession//Forest & Conservation History. – 1995. – V.39. – №3. – P. 194-195.
124. Kiryshin E.P., Pashkevich E.B., Neymatov E.L., Seliverstova O.M., Verkhovtseva N.V. Mobilization of Phosphorus, Potassium and Silicon in the Greenhouse Ground at application of bacterial Preparations//J. of Agricultural Science and Technology. – 2011. – V. 1. – №7. – P. 972-978.

125. Lanning F.C., Eleuterio L.N. Silica and Ash in Seeds of Cultivated Grains and Native Plants//Annals of Botany. – 1992. – V.69. – P. 151-160.
126. Liang Y., Sun W., Zhu Y-G., Christie P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review//Environmental Pollution. – 2007. – V.147. – P. 422-428.
127. Lindsay W.I. Chemical equilibria in soil. – John Wiley & Sons. – New York, 1979. – 449 p.
128. Ma J.F., Yamaji N. Silicon uptake and accumulation in higher plants//Trends in Plant Science – 2006. – V. 11. – №8. – P. 392-397.
129. Matichenkov V.V., Calvert D.V. Silicon as a beneficial element for sugarcane // Journal American Society of Sugarcane Technologists. – Vol. 22. – 2000. – P.21 – 30.
130. Maurel C. 1997. Aquaporins and water permeability of plant Membranes//Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology. – 1997. – V.48. – P. 399-429.
131. Mays D.A., Anaele A. Wood ash utilization of fine turf liming and fertilization / In Proceed. Amer. Soc. Agron. Annual Meet. – 1993. – P. 342.
132. Mills G.E., Barker A.V. Determination of the optimal fertilizer concentration range for plant growth in a peat-based medium // HortScience. – 2000. – V. 35. – P. 828.
133. Mitani N., Ma J.F. Uptake system of silicon in different plant species //Journal of Experimental Botany. – 2005. – V. 56. – № 414. – P. 1255-1261.
134. Munk H. Auswirkungen einer Anwendung von silikatischen Gesteinsmehlen auf den Boden // Landwirt Forsch. – 1982. – B. 34. – № 8. – S. 192-199.
135. Peacock C.H., Bruneau A.H., Dipaola J.M. Response of the cynodon cultivar Tifgreen to potassium fertilization//Intl. Turfgrass Soc. Res. J. – 1997. – №8. – P.1308-1314.

136. Pelah D., Wang W., Altman A., Shoseyov O., Bartels D. Differential accumulation of water stress-related proteins, sucrose synthase and soluble sugars in *Populus* species that differ in their water stress response // *Physiol. Plantarum*. – 1997. – V.99. – № 1. – P. 153-159.
137. Rodriguez I.R., Miller G.L., McCarty L.B. Bermudagrass Establishment on High Sand-content Soils Using Various N-P-K Ratios//*HortScience*. – 2001. – V.37. – №1. – P. 208-209.
138. Sarkar P., Bosneaga E., Auer M. Plant cell walls throughout evolution: towards a molecular understanding of their design principles//*Journal of Experimental Botany*. – 2009. – V. 60. – № 13. – P. 15-35.
139. Stein S.B. Noah's garden. – New York: Houghton Mifflin Co., 1993. – 294 c.
140. Takahashi E., Ma J.F., Miyake Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants//*Comments on Agricultural and Food chemistry*. – 1990. – №2. – P. 99-122.
141. Wallace A, Romney EM, Muller RT.. Nitrogen-silicon interaction in plants grown in desert soil with nitrogen deficiency // *Agronomy Journal*.- 1976. - № 68. - P.529-530.
142. Wang L., Nie Q., Li M., Zhang F., Zhuang J., Yfang W., Li T., Wang Y. Biosilicified structures for cooling plant leaves: a mechanism of highly efficient midinfrared thermal emission//*Applied Physics Letters*. – 2005. – V. 87. – P. 194105-194108.
143. Wenhui Xiong, Jian Peng Development and characterization of ferrihydrite-modified diatomite as a phosphorus absorbent//*Water Research*. – 2008. – №42 – P. 69-77.
144. Worster M.P. Has golf-course management had an effect on the plant species composition and character of a calcareous grassland//*BioscienceHorizons*. – 2008. – V.1. – №2. – P. 156-166.

145. Yoshida S., Ohnishi J., Kitagishik K. Role of silicon in rice nutrition // Soil Plant Food. – 1959. – № 2. – P. 127-133.

Приложение

Таблица П.1. Состав используемых питательных сред для культивирования выделенных микроорганизмов:

Среда для выделения силикатных бактерий

(Верховцева, Пашкевич, 2007)

Компонент	Содержание, г/л
1. Крахмал	20,0
2. Диатомит	2,0
3. CaCO_3	2,0
4. $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,5
5. $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	0,15
6. NaCl	0,15
7. MnSO_4	0,05
8. FeSO_4	0,05
9. Агар	15,0
10. Вода водопроводная	1000 мл

Среду стерилизовали 20 минут в автоклаве при 1 атм, $\text{pH} \approx 7,0$.

В стерильную среду вносили нистатин в количестве 1 г/л для подавления роста грибов.

Мясопептонный агар (МПА) для выделения аммонификаторов

(ООО «Биокомплекс-С», Россия)

Компонент	Содержание, г/л
1. Пептон сухой ферментированный	10,0
2. Хлорид натрия	5,0
3. Агар микробиологический	13,0
4. Мясной экстракт (из мяса крупного рогатого скота)	до 1 л

Среду стерилизовали автоклавированием 20 минут при 1 атм.

Среда Эшби для выделения аэробных азотфиксаторов

(Верховцева, Пашкевич, 2007)

Компонент	Содержание, г/л
1. Сахароза	20,0
2. K_2HPO_4	0,2
3. $MgSO_4 \times 7H_2O$	0,2
4. NaCl	0,2
5. $FeSO_4$	0,1
6. $CaCO_3$	5,0
7. Агар	15,0
8. Вода дистиллированная	1000 мл

Среду стерилизовали 20 мин. в автоклаве при 1 атм.

Среда Гильтая для выделения денитрификаторов

(Добровольская и др., 1989)

Компонент	Содержание, г/л
1. KNO ₃	1,0
2. Аспарагин	1,0
3. Цитрат натрия	8,5
4. KH ₂ PO ₄	1,0
5. MgSO ₄	1,0
6. CaCl ₂	0,2
7. Агар	15,0
8. Вода водопроводная	1000 мл

Среду стерилизовали 20 минут в автоклаве при 1 атм. Аспарагин и K₂HPO₄ готовили и стерилизовали в отдельных пробирках под бумажными колпачками. Вносили в основную среду перед посевом.

Таблица П.2 Концентрация водорастворимых форм азота, фосфора, калия и pH в воздушно-сухом грунте

Год, сезон	Вариант опыта	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂	pH
		мг/100 г					
2012	Исходный грунт МЭР	3,3	4,1	74,4	13,0	1,2	5,3
2012 г.,	Контроль	1,9	4,0	47,4	25,8	0,6	5,2

осень	КД	1,4	5,0	55,1	23,3	0,5	5,3
	КТ	1,3	2,7	44,6	22,8	0,7	5,6
	НРК	1,9	3,1	77,2	26,0	0,8	5,6
	НРКД	1,8	2,3	52,7	24,8	0,8	5,6
	НРКТ	1,6	3,3	56,2	26,0	0,8	5,8
	НСР _{0,95}	0,1	0,2	3,8	1,9	0,1	0,1
2013 г., весна	Контроль	5,9	3,9	19,8	40,0	0,7	5,4
	КД	8,0	3,5	17,8	36,1	1,7	5,3
	КТ	7,5	4,0	21,9	34,4	1,2	5,3
	НРК	8,5	3,0	21,6	35,6	2,0	5,5
	НРКД	10,0	2,8	29,7	27,8	2,6	5,7
	НРКТ	8,8	3,3	30,0	38,9	0,8	5,8
	НСР _{0,95}	0,3	0,2	1,5	2,9	0,1	0,1
2013 г., осень	Контроль	3,9	3,8	17,5	38,0	1,1	5,5
	КД	5,9	3,1	21,2	36,1	1,3	5,7
	КТ	5,6	2,4	33,8	28,7	0,8	5,8
	НРК	6,5	3,4	22,2	26,5	1,0	5,4
	НРКД	8,8	3,2	53,8	23,9	1,3	6,0
	НРКТ	7,1	3,4	66,4	37,0	0,8	6,2
	НСР _{0,95}	0,4	0,1	2,3	3,1	0,1	)1

Таблица П.3. Содержание в растениях азота, фосфора, калия и кремния, %

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂
2012 год, 1-й укос				
Контроль	3,42	1,05	3,23	0,56
КД	2,53	1,08	2,80	0,76
КТ	3,07	0,91	3,07	0,77
НРК	3,74	0,84	3,16	0,62
НРКД	3,06	1,08	3,12	0,87
НРКТ	3,91	0,51	3,24	0,58
НСР _{0,95}	0,31	0,24	0,43	0,05
2012 год, 2-й укос				
Контроль	3,36	1,45	3,45	0,56
КД	2,61	1,34	2,99	0,62
КТ	3,07	1,51	3,65	0,58
НРК	3,11	1,38	3,44	0,59
НРКД	2,88	1,48	3,62	0,64
НРКТ	2,51	1,21	3,42	0,65
НСР _{0,95}	0,23	0,11	0,34	0,05
2012 год, 3-й укос				
Контроль	3,60	1,48	3,59	0,57
КД	2,40	1,4	3,05	0,60

КТ	3,20	1,47	3,09	0,61
НРК	3,00	0,89	2,93	0,6
НРКД	2,60	1,16	2,92	0,63
НРКТ	2,90	1,34	3,15	0,62
НСР _{0,95}	0,21	0,06	0,29	0,05
2012 год, 4-й укос				
Контроль	1,86	1,28	3,27	0,47
КД	3,51	1,06	3,34	0,49
КТ	4,66	1,17	2,52	0,50
НРК	4,34	1,25	2,92	0,51
НРКД	3,37	1,18	3,63	0,54
НРКТ	4,63	1,18	4,48	0,53
НСР _{0,95}	0,33	0,12	0,3ё	0,05
2013 год, 1-й укос				
Контроль	2,24	1,81	3,41	0,69
КД	2,29	1,46	3,72	0,46
НРК	2,35	0,83	3,40	0,79
НРКД	2,22	0,87	3,39	0,74
КТ	1,92	2,10	3,06	0,78
НРКТ	2,59	1,22	3,65	0,77
	0,22	0,09	0,18	0,05
2013 год, 2-й укос				

Контроль	1,92	1,49	3,04	0,56
КД	2,22	1,50	3,12	0,61
НРК	1,86	1,19	3,19	0,58
НРКД	1,68	1,01	2,87	0,70
КТ	1,48	1,65	3,22	0,35
НРКТ	2,12	0,77	3,20	0,44
НСР _{0,95}	0,22	0,13	0,29	0,05
2013 год, 3-й укос				
Контроль	2,18	1,01	2,90	0,56
КД	2,07	0,90	2,90	0,65
НРК	2,20	1,22	3,90	0,52
НРКД	2,42	1,19	3,60	0,53
КТ	1,78	0,96	3,70	0,43
НРКТ	1,68	1,14	3,50	0,27
НСР _{0,95}	0,17	0,07	0,09	0,05
2013 год, 4-й укос				
Контроль	2,28	0,32	4,10	0,21
КД	2,80	0,24	3,50	0,72
НРК	2,97	0,30	3,90	0,41
НРКД	2,21	0,23	4,10	0,29
КТ	2,88	0,34	4,10	0,78
НРКТ	2,52	0,30	3,70	0,67

НСП _{0,95}	0,15	0,02	0,12	0,11
---------------------	------	------	------	------

Таблица П.4. Содержание сахаридов в растениях в первый год вегетации (2012 г.), %

Вариант опыта	Моносахариды	Дисахариды	Σ сахаридов
1-й укос			
Контроль	5,62	22,46	28,08
КД	5,52	20,02	25,54
КТ	7,18	20,19	27,37
НPK	5,03	19,65	24,68
НPKД	6,15	12,18	18,33
НPKТ	6,42	6,18	12,61
НСП _{0,95}	0,46	3,78	2,97
2-й укос			
Контроль	8,01	11,87	19,87
КД	8,96	16,52	25,48
КТ	8,87	15,43	24,31
НPK	9,24	6,23	15,47
НPKД	8,51	10,79	19,30
НPKТ	10,59	14,66	25,25
НСП _{0,95}	1,12	2,01	2,65
3-й укос			

Контроль	5,22	13,16	18,38
КД	7,99	7,11	15,09
КТ	7,62	8,88	16,50
НРК	7,91	9,76	17,67
НРКД	7,99	15,69	23,68
НРКТ	9,43	11,99	21,42
НСР _{0,95}	0,65	1,75	2,75
4-й укос			
Контроль	9,21	9,20	18,41
КД	4,72	17,27	21,99
КТ	7,89	12,78	20,67
НРК	11,13	9,05	20,19
НРКД	11,04	9,75	20,79
НРКТ	11,34	11,47	22,82
НСР _{0,95}	1,34	1,88	1,04

Таблица П.5. Сухой и сырой вес ($\pm$ доверительный интервал) биомассы растений с одной учетной делянки в первый год вегетации (средние данные с 6 учетных делянок)

Вариант опыта	Сырой вес, г	Сухой вес, г	Влажность, %
1-й укос			
Контроль	26,8 $\pm$ 1,12	3,8 $\pm$ 0,12	85,47 $\pm$ 1,12
КД	12,8 $\pm$ 1,63	2,3 $\pm$ 0,17	79,73 $\pm$ 0,54

КТ	$15,0 \pm 0,73$	$2,3 \pm 0,13$	$84,62 \pm 1,36$
НРК	$58,7 \pm 2,24$	$8,8 \pm 0,29$	$84,94 \pm 0,25$
НРКД	$68,2 \pm 3,56$	$10,1 \pm 0,38$	$85,02 \pm 0,73$
НРКТ	$67,5 \pm 2,59$	$9,8 \pm 0,99$	$85,35 \pm 1,01$
2-й укос			
Контроль	$37,1 \pm 1,54$	$5,6 \pm 0,56$	$84,58 \pm 0,45$
КД	$25,2 \pm 1,26$	$4,4 \pm 0,12$	$81,56 \pm 0,67$
КТ	$40,1 \pm 2,01$	$6,8 \pm 0,32$	$81,78 \pm 1,01$
НРК	$68,1 \pm 1,76$	$11,5 \pm 0,17$	$82,85 \pm 1,32$
НРКД	$59,8 \pm 1,44$	$9,4 \pm 0,27$	$83,37 \pm 0,97$
НРКТ	$63,8 \pm 3,78$	$10,7 \pm 0,31$	$81,80 \pm 0,86$
3-й укос			
Контроль	$35,5 \pm 2,99$	$4,8 \pm 0,31$	$86,37 \pm 1,85$
КД	$31,8 \pm 1,89$	$4,7 \pm 0,16$	$84,33 \pm 0,52$
КТ	$28,7 \pm 2,16$	$5,4 \pm 0,24$	$80,27 \pm 1,01$
НРК	$49,4 \pm 3,95$	$7,4 \pm 0,37$	$84,93 \pm 0,58$
НРКД	$25,9 \pm 3,08$	$4,2 \pm 0,39$	$84,30 \pm 0,77$
НРКТ	$38,0 \pm 2,07$	$6,0 \pm 0,53$	$84,11 \pm 0,45$
4-й укос			
Контроль	$27,6 \pm 2,55$	$4,3 \pm 0,21$	$84,42 \pm 0,81$
КД	$22,3 \pm 2,42$	$4,0 \pm 0,19$	$82,06 \pm 0,93$
КТ	$27,3 \pm 2,52$	$4,3 \pm 0,30$	$84,24 \pm 1,12$

НРК	$35,4 \pm 3,55$	$5,1 \pm 0,32$	$85,59 \pm 1,42$
НРКД	$31,3 \pm 2,89$	$4,8 \pm 0,34$	$84,66 \pm 0,88$
НРКТ	$36,9 \pm 3,11$	$5,2 \pm 0,58$	$85,90 \pm 1,57$

Таблица П.6. Сухой и сырой вес ($\pm$ доверительный интервал) биомассы растений с одной учетной делянки во второй год вегетации (средние данные с 6 учетных делянок)

Вариант опыта	Сырой вес, г	Сухой вес, г	Влажность, %
1-й укос			
Контроль	$13,1 \pm 2,01$	$2,1 \pm 0,36$	$83,66 \pm 0,32$
КД	$19,0 \pm 2,87$	$3,6 \pm 0,45$	$80,66 \pm 1,06$
КТ	$17,9 \pm 2,31$	$3,2 \pm 0,26$	$81,79 \pm 0,57$
НРК	$50,9 \pm 4,07$	$8,8 \pm 0,42$	$82,52 \pm 1,28$
НРКД	$39,6 \pm 2,99$	$6,7 \pm 0,37$	$83,13 \pm 0,67$
НРКТ	$48,9 \pm 2,01$	$8,8 \pm 0,89$	$81,77 \pm 0,34$
2-й укос			
Контроль	$32,2 \pm 2,04$	$5,0 \pm 0,45$	$83,58 \pm 1,02$
КД	$35,6 \pm 1,77$	$5,4 \pm 0,66$	$84,33 \pm 0,32$
КТ	$45,1 \pm 2,41$	$9,0 \pm 0,77$	$81,00 \pm 0,63$
НРК	$55,1 \pm 2,83$	$8,1 \pm 0,29$	$84,73 \pm 0,86$
НРКД	$44,3 \pm 2,11$	$6,7 \pm 0,25$	$84,30 \pm 1,07$
НРКТ	$29,3 \pm 1,72$	$4,4 \pm 0,19$	$84,11 \pm 1,33$
3-й укос			

Контроль	$51,5 \pm 2,78$	$7,3 \pm 0,33$	$85,46 \pm 0,75$
КД	$38,2 \pm 1,95$	$6,1 \pm 0,25$	$84,04 \pm 0,98$
КТ	$43,7 \pm 2,03$	$6,6 \pm 0,31$	$84,63 \pm 0,52$
НРК	$43,9 \pm 1,78$	$6,6 \pm 0,18$	$84,94 \pm 0,05$
НРКД	$30,1 \pm 2,01$	$4,4 \pm 0,44$	$85,16 \pm 0,78$
НРКТ	$23,9 \pm 2,34$	$3,5 \pm 0,38$	$85,35 \pm 0,93$
4-й укос			
Контроль	$137,5 \pm 9,11$	$19,7 \pm 1,02$	$85,93 \pm 1,53$
КД	$144,5 \pm 10,21$	$22,8 \pm 0,99$	$85,93 \pm 0,69$
КТ	$133,7 \pm 8,23$	$20,2 \pm 0,98$	$84,94 \pm 0,78$
НРК	$138,5 \pm 5,83$	$20,0 \pm 0,63$	$85,49 \pm 0,73$
НРКД	$107,8 \pm 4,98$	$15,2 \pm 0,74$	$86,07 \pm 0,97$
НРКТ	$105,6 \pm 3,97$	$15,2 \pm 0,84$	$85,85 \pm 0,86$

Таблица П.7. Микробиологические показатели грунта «Московского экологического регистра» до и после вегетации газонных трав в 2012 г., КОЕ/г воздушно-сухого грунта

Вариант опыта	Численность бактерий, вырастающих на среде для:			
	азотфиксаторов	аммонификаторов	денитрификаторов	силикатных бактерий
Исходный грунт МЭР	$(7,9 \pm 0,5) \times 10^7$	$(7,5 \pm 1,1) \times 10^7$	$9,5 \times 10^5$	$(10,8 \pm 0,6) \times 10^7$
Контроль	$(5,1 \pm 0,4) \times 10^7$	$(2,8 \pm 0,1) \times 10^7$	$3,0 \times 10^5$	$(3,6 \pm 0,1) \times 10^7$
КД	$(7,8 \pm 0,1) \times 10^7$	$(6,3 \pm 0,4) \times 10^7$	н/о	$(14,1 \pm 0,5) \times 10^7$
КТ	$(11,6 \pm 0,9) \times 10^7$	$(5,1 \pm 0,5) \times 10^7$	н/о	$(11,2 \pm 0,4) \times 10^7$
НРК	$(6,2 \pm 0,3) \times 10^7$	$(9,7 \pm 1,1) \times 10^7$	$1,5 \times 10^5$	$(5,7 \pm 0,2) \times 10^7$
НРКД	$(12,0 \pm 0,1) \times 10^7$	$(3,6 \pm 0,1) \times 10^7$	н/о	$(16,0 \pm 0,2) \times 10^7$
НРКТ	$(11,0 \pm 0,4) \times 10^7$	$(2,5 \pm 0,1) \times 10^7$	н/о	$(14,1 \pm 0,3) \times 10^7$

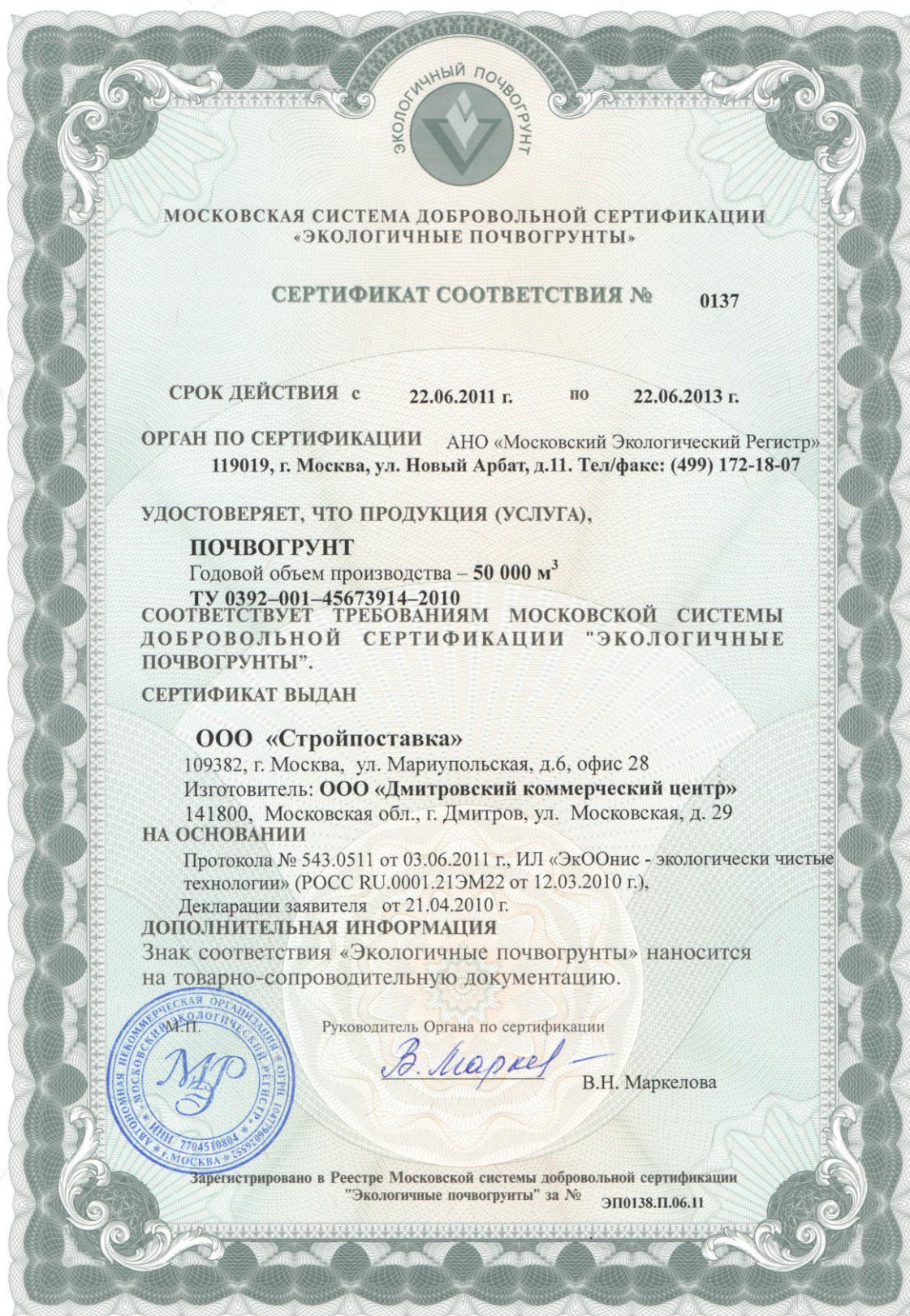


Рисунок П.1. Сертификат соответствия почвогрунта «МЭР».

Таблица П.7. Протокол испытаний почвогрунта «МЭР»

- 1 -



Сайт: <http://www.ekoonis.ru>
Электронная почта: ekoonis@yandex.ru



Испытательная лаборатория
**ООО «ЭкОонис - экологически
чистые технологии»**
Адрес: 127473, г.Москва, ул.Самотечная, д.1/15
Аттестат аккредитации
№ РОСС RU.0001.21ЭМ22 от 12 марта 2010 г.



Протокол
№ 543.0511 от «03» июня 2011 г.

1. Объект испытаний: **Почвогрунт**
2. Основание для проведения испытаний:
 - 2.1. наименование и реквизиты документа: **заявка от 27.05.2011.**
 - 2.2. наименование и реквизиты заказчика: **ОС АНО «МЭР»**
3. Дата(ы) проведения испытаний: **27.05. – 03.06.2011г.**
4. Образцы для испытаний:
 - 4.1. Место отбора образцов, исполнитель, дата и номер: **ООО «Стройпоставка»; Акт от 27.05.2011г.**
 - 4.2. количество и регистрационные номера образцов продукции: **1 (543.0511)**
5. Испытания на соответствие требованиям: **Постановление Правительства Москвы от 27.07.2004г. №514-ПП (в ред. Постановлений Правительства Москвы от 09.08.2005г. №594-ПП от 27.11.2007г.; №1018-ПП от 08.09.2009г.; №973-ПП от 08.12.2009г.; №340-ПП от 09.02.2010г.; №110-ПП)**
6. Результаты испытаний:

№ образца	Наименование характер.	Наименование показателя	Наименование НД на метод испытаний	Единицы измерений	Значение характеристики ед.физ. величины		погрешность измерения (при необходимости)
					по НД	при испы- таниях	
543.0511	Почвогрунт	Гранулометрический состав (по Н.А. Качинскому) (содержание частиц размером <0,01 мм)	ГОСТ 12536-79 прил. 3	%	20-35 15-25 10-20	21,3	-
		Подвижные формы фосфора «Метод Кирсанова»	ГОСТ 26207-91	мг/кг	≥100 ≥100 ≥150	124	15
		Подвижные формы калия «Метод Кирсанова»	ГОСТ 26207-91	мг/кг	≥100 ≥100 ≥150	212	10
		pH (KCl)	ГОСТ 26483-85	ед. pH	4,0-7,0 5,0-7,5 5,0-7,5	6,6	0,1
		Органическое вещество	ГОСТ 26213-91	%	2-20 10-20 15-25	18,8	10
		Удельная электропроводность	ГОСТ 26423-85	мСм/см	<1,5	0,5	5
		Хлориды	ГОСТ 26423-85	мг/кг	<1680	166	15
		Свинец	РД 52.18.191-89	мг/кг	<130	0,8	12
		Кадмий	РД 52.18.191-89	мг/кг	<2	0,07	35
		Медь	РД 52.18.191-89	мг/кг	<132	8,8	13
		Цинк	РД 52.18.191-89	мг/кг	<220	30,4	21
		Никель	РД 52.18.191-89	мг/кг	<80	3,4	11

Примечание:
Данный протокол испытаний касается только образцов, подвергнутых этим испытаниям.
Запрещается частичное или полное копирование, перепечатка протокола без разрешения ИЛ.

- 2 -

Ртуть	ПНД Ф 16.1.1-96	мг/кг	<2	Отс.	46
Мышьяк	РД 52.18.571-96	мг/кг	<10	1,4	52
Нефтепродукты	ПНД Ф 16.1:2.2.22-98	мг/кг	<300	10,4	25
Бенз(а)пирен	ПНД Ф 16.1:2.2.2:3.39-03	мг/кг	<0,02	0,0019	32
Гептахлор	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.61-09	мг/кг	<0,05	<0,01	60
ГХЦГ (сумма изомеров)	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.61-09	мг/кг	<0,1	<0,01	56-58
ДДТ и его метаболиты	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.61-09	мг/кг	<0,1	<0,01	56-60
Алдрин	ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.61-09	мг/кг	не доп.	Отс.	58
Удельная активность природных радионуклидов	Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтилляционном гаммаспектрометре с использованием программного обеспечения прогресс	Бк/кг	не более 300	16	
Удельная активность техногенных радионуклидов ACs/45+ASr/30	ГП ВНИИФТРИ 1996	отн. ед.	<1	0,34	

Руководитель ИЛ



Зрелова Л.В.

Примечание:

Данный протокол испытаний касается только образцов, подвергнутых этим испытаниям.

Запрещается частичное или полное копирование, перепечатка протокола без разрешения ИЛ.



Рисунок П.2. Контрольный вариант мелкоделяночного опыта 26.07.2012 первого года вегетации.



Рисунок П.3. Вариант Контроль + Диатомит (КД) мелкоделяночного опыта 26.07.2012 первого года вегетации.



Рисунок П.4. Вариант Контроль + Трепел (КТ) мелкоделяночного опыта 26.07.2012 первого года вегетации.



Рисунок П.5. Вариант с внесением полного минерального удобрения (NPK) мелкоделяночного опыта 26.07.2012 первого года вегетации.



Рисунок П.6. Вариант NPK + Диатомит (NPKД) мелкоделяночного опыта 26.07.2012 первого года вегетации.



Рисунок П.7. Вариант NPK + Трепел (NPKТ) мелкоделяночного опыта 26.07.2012 первого года вегетации.



Рисунок П.8. Мелкоделяночный опыт первого года вегетации.



Рисунок П.9. Делянка после отбора проб растительного материала.



Рисунок П.10. Мелкоделяночный опыт опыта в конце первого года вегетации (15.10.2012).



Рисунок П.11. Начало второго года вегетации газона (25.04.2013).



Рисунок П.12 Второй года вегетации мелкоделяночного опыта (19.05.2013).



Рисунок П.13. Второй года вегетации мелкоделяночного опыта (22.07.2013).

Таблица П.8. Вынос растениями азота, фосфора, калия и кремния в 1-й и во 2-й год вегетации, г/м²

Вариант опыта	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	SiO ₂
2012 год				
Контроль	13,61	5,37	14,13	4,63
КД	9,39	4,32	10,50	5,93
КТ	14,81	5,72	13,28	7,369
НРК	29,68	9,36	26,95	11,87
НРКД	22,13	9,16	24,72	11,30
НРКТ	31,19	8,56	31,27	11,85
2013 год				
Контроль	4,52	5,97	27,71	11,10
КД	7,14	5,84	20,24	14,06
КТ	6,73	6,40	25,16	12,31
НРК	17,39	7,28	24,49	12,44
НРКД	12,77	8,93	16,93	10,10
НРКТ	17,43	4,013	13,41	9,06