

Университет Правительства Москвы

VIII Конкурс исследовательских и проектных работ обучающихся образовательных организаций города Москвы и Московской области «Мегаполис XXI века – город для жизни» в 2023-2024 учебном году

Конкурсная работа
на тему: **«Изменение свойств почвы посредством влияния
муравьев как технология для экологизации ведения
сельского хозяйства»**

Выполнена: учащимся 10 «Б» класса

Государственного бюджетного общеобразовательного
учреждения города Москвы «Школа № 2006»

Головенчицем Александром Юрьевичем

Подпись А.Ю. Головенчица

Научные руководители работы:

Мисунова Светлана Григорьевна

Подпись С.Г. Мисунова

Семенова Арина Владиславовна

Подпись А.В. Семенова

Директор Государственного бюджетного
общеобразовательного учреждения города Москвы

«Школа № 2006»

Илюхина Вера Алексеевна

Подпись В.А. Илюхина



Москва

2023-2024

Рецензия на исследовательскую работу по теме:
«Изменение свойств почвы посредством влияния муравьев как технология для
экологизации ведения сельского хозяйства»
ученика 10 «Б» класса ГБОУ «Школа № 2006»

Головенчица Александра

Актуальность данной работы состоит в практической значимости результатов исследования. Работа позволит восполнить дефицит информации об изменении значимых почвенных характеристик под влиянием различных видов муравьев, а также о перспективах искусственного разведения муравьев на сельскохозяйственных угодьях с целью повышения почвенного плодородия и борьбы с вредителями.

Данная работа является результатом исследования, проведенного автором в течение 2023 года на основании данных, полученных в ходе пешего обхода полигона исследования, анализов проб почвы, изучения литературы. Исследование продолжается в лаборатории МГУ им.М.В. Ломоносова для получения более полных и точных данных

Работа состоит из введения, основной части, состоящей из четырех глав, заключения и списка литературы.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель работы, определены задачи, объект и предмет исследования. В основной части автор проанализировал литературные источники по данной теме, дал характеристику района исследования, определил методы и материалы исследования, отразил результаты и их обсуждение. В заключении сформулировал выводы и определил перспективы дальнейшего исследования.

Исследовательская работа рекомендована к участию в VIII Конкурсе исследовательских и проектных работ обучающихся образовательных организаций города Москвы и Московской области «Мегаполис XXI века – город для жизни»

Руководитель исследовательской работы

С.Г. Мисюнова

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	4
Глава 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
Глава 3. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
Глава 4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	15
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	16
ПРИЛОЖЕНИЕ.	18

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении многих лет исследователи изучают жизнедеятельность насекомых. Особенно привлекательны муравьи: вызывает интерес наблюдение за их слаженной охотой, процессом постройки гнезд. Растительность рядом с муравейниками, ее разнообразие отличается от мест, где муравьи не проживают. Появилась необходимость выяснить причину таких изменений.

Цель проекта: определить влияние муравьев на свойства почвы.

Для достижения цели был поставлен ряд **задач**:

1. Обнаружить места жительства муравьев;
2. Определить видовой состав муравьев;
3. Составить интерактивную карту муравейников;
4. Провести анализы проб почвы в местах жительства муравьев, местах, где отсутствуют муравьи с дальнейшим сравнением показателей. Необходимо определить:
 - содержание нитратов;
 - концентрацию карбонатов и бикарбонатов;
 - содержание фосфора;
 - кислотность почв.

Объект исследования: пробы почвы на участке Бутовского лесопарка (район Северное Бутово города Москва), взятые в местах наличия и отсутствия муравьев.

Предмет исследования: свойства почвы в местах наличия и отсутствия муравьев.

Длительный анализ источников позволил предположить, что муравьи влияют на свойства почвы. Почвообразующая деятельность муравьев

заключается в перемешивании, изменении механического состава и физико-химических свойств почвы. Однако влияние конкретных видов муравьев на различные показатели мало изучено. Исследование позволит восполнить дефицит информации об изменении значимых почвенных характеристик под влиянием различных видов муравьев, а также о перспективах искусственного разведения муравьев на сельскохозяйственных угодьях с целью повышения почвенного плодородия и борьбы с вредителями.

Результаты исследования можно будет использовать на научно-просветительских конференциях, уроках экологии, биологии и географии. Важно рассказать молодому поколению, как важны для леса их крошечные обитатели.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Муравьи являются высокоорганизованными насекомыми, поэтому они серьезно влияют на почву. Иногда случается, что количество муравейников превышает сотни и даже тысячи на 1 га [1].

При строительстве муравьями гнезда, они обрабатывают 26 м³ на 1 га. А общий объем гнезд видов *L. niger* L. и *L. flavus* F. может достигать 270 м³/га [3].

Перемешивание, изменение механического состава, изменение химического состава почвы — из этих элементов складывается почвообразующая деятельность муравьев. Перемешивание почвы происходит не только при строительстве гнезда, а постоянно, из-за того что муравьи его постоянно перестраивают [1],[2].

Влияние муравьев на pH почвы изучено незначительно. Известно, что реакция на кислых подзолистых лесных почвах в гнездах некоторых муравьев рода *Formica* и *Lasius* была более щелочной, чем реакция почвы в отдалении от муравейников. В центре гнезд pH приблизительно на 0,2 больше, чем в почве на глубине 10 см. Возможно, это связано со специальными условиями в

муравейнике. Э. К. Гринфельд предположил, что муравьи повышают pH почвы с помощью выделений слюнных желез [4]. Аналогичные данные по кислотности получил В. А. Зрянин, pH_{KCL} в муравейниках *L. niger* в среднем равен 6,96, а в контроле — 4,71 в подзолистой почве [3].

Муравьи оказывают влияние на содержание органического вещества в почве. В еловых лесах Финляндии повышается содержание органического вещества в гнездах. Согласно гипотезе, большинство направляющейся в муравейник энергии проходит через трофическую сеть бактерий. Установлено, что муравьи *L. niger* содержат органическое вещество под гнездами, где содержание углерода чаще всего больше, чем в самом муравейнике или контроле. Высокое содержание органического вещества замечено в местах концентрации подземных камер, в гнездах, существующих длительное время, — под центром холмика. Глубже 10 см отличия в содержании углерода в гнездах муравьев и контроле не выявлены [3],[5],[6],[7].

При изучении разложения елового опада было замечено активное участие муравьев в переработке хвои ели. В опаде наблюдается увеличение концентрации водорастворимых форм углерода, нитратных и аммонийных форм азота и калия. Состав органических соединений изменялся в сторону полученных из лигнина сложных и ароматических соединений. Деятельность муравьев приводит к увеличению скорости разложения опада. Данное явление предположительно связано с прямым физическим воздействием муравьев на опад и косвенным — через трофическое взаимодействие с тлями и микроорганизмами. Также увеличивалась в 1,5-2 раза ферментационная активность почв, находящихся под влиянием муравьев, по сравнению с контролем [8].

Для выросших муравейников характерны локальные повышения азота в слое 0-10 см под холмиком. Это может быть следствием увеличения общей биологической активности в больших гнездах в местах скопления подземных ходов и камер. В некоторых случаях наблюдается увеличение слоя гумуса

вокруг ходов и под муравейниками. Несколько видов рода *Formica* складывают отходы пищи в специальные камеры, где она перегнивает.

Исследователи из Орхусского университета обнаружили еще один положительный эффект от посещения муравьями деревьев. Их моча или фекалии, выделенные вместе, содержат аминокислоты и мочевины - вещества, которые коммерчески используются для распыления на листьях для удобрения растений. Таким образом, азот от выделений муравья поглощался через листья, а затем перемещался внутри растений и, возможно, приводил к наблюдаемому более высокому соотношению побега к корню, наблюдаемому на растениях с муравьями по сравнению с контролем. Более того, у «муравьиных» деревьев крона становилась пышнее, чем у деревьев, лишенных муравьев.

Роль азота в природе и жизни растений чрезвычайно велика. Он входит в состав любой аминокислоты и, следовательно, белков, являющихся составной частью протоплазмы и мембраны. Азот служит строительным материалом органелл клетки. Также он обязательный элемент хлорофилла, без которого не возможно представить процесс фотосинтеза. При недостатке азота тормозится рост, уменьшается площадь листьев, фазы развития ускоряется, что приводит к снижению фотосинтетического потенциала растений [9].

Фосфор, как и азот, относится к наиболее дефицитным элементам земной коры. Без фосфора не может существовать жизнь. Данный элемент входит в состав агрохимической триады — «азот, фосфор, калий». Фосфор поглощается корнями растений, легко распределяется между органами. При достаточном количестве фосфора лучше созревают плоды, ускоряется развитие растений, повышается урожай и его качество. При его недостатке задерживается рост и формирование плодов, буреют корни, хуже развиваются листья [9].

Карбонаты и бикарбонаты — важный элемент в почве, который влияет на ее состояние и здоровье растений. Они поддерживают ее структуру, заполняют углы пор при высыхании, повышают кислотность почвы и стабилизируют гумус. Также карбонаты и бикарбонаты регулируют минеральное питание растений. Чем выше содержание карбонатов и бикарбонатов в почве — тем выше ее буферность к воздействию кислотных агентов [9].

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на участке Бутовского лесопарка (район Северное Бутово города Москвы) в период с 25 июня по 30 августа 2023 года в биотопе хвойного леса общей площадью около 90 га (898 268 м²). Преобладающая почва на большей части территории лесопарка — дерново-подзолистая. На юге находится полоса луговой почвы, откуда взяты пробы 1, 2 [10].

Преобладают хвойные (сосна, а также привезённые из другой местности, такие как лиственница даурская, лиственница сибирская), присутствуют и широколиственные деревья (берёза, дуб, липа, а также привезённые груша лесная, яблоня лесная). Средний возраст деревьев составляет шестьдесят лет. Встречаются и двухсотлетние дубы.

В Бутовском лесопарке отмечены 133 вида наземных позвоночных животных, в том числе 28 видов млекопитающих, 96 видов птиц, из которых 86 здесь же и гнездятся, 6 видов земноводных и 3 вида пресмыкающихся. Среди птиц можно встретить соловья и ястреба.

ГЛАВА 3. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В течение трех недель (с 07.07.23 по 28.07.23) на полигоне исследования проводился пеший обход местности с целью поиска и нанесения на карту муравейников. Также у муравейников измерялись высота купола, ширина и

длина наземной части. Затем проводился отлов муравьев из одного муравейника каждого вида. Пойманные муравьи классифицировались и фотографировались. Для определения самостоятельных муравейников и федераций проводились исследования путем переноса муравьев из одного муравейника в другой. Данное исследование проводилось преимущественно для муравейников, находящихся в непосредственной близости друг от друга. Также проводились наблюдения за передвижениями муравьев с целью определения взаимодействия (отсутствия взаимодействия) разных муравейников друг с другом, т. е. повторное исследование для определения типа муравейников.

Было взято 7 проб почв. Пробы 1, 3, 4, 6 брались на расстоянии 1 метра от границы наземной части муравейников у видов *L. niger*, *F. rufa*, *M. rubra*, *L. fuliginosus* соответственно. Пробы 2, 5, 7 брались в местах отсутствия муравьев на расстоянии от 20 до 60 метров от муравейников. Серьезный разброс в расстоянии забора обусловлен разной численностью колоний, у муравейников которых забирались пробы 1, 3, 4, 6. Проба 5 являлась контролем как для вида *F. rufa* (проба 3), так и для вида *M. rubra* (проба 4), так как конкретно две данные колонии обитают на сходной по своим признакам почве. Пробы 2, 7 являлись контролем для видов *L. niger* (проба 1) и *L. fuliginosus* (проба 6) соответственно. Анализируемые пробы и контроль брались также на почве со сходными признаками. Все пробы брались из верхнего почвенного слоя методом конверта.

Подготовка проб к анализу заключалась в:

1. Высушивании до воздушно-сухого состояния в течение суток;
2. Измельчении материала в ступке;
3. Удалении посторонних примесей и крупных частиц, просеивании через сито с диаметром отверстий 1 мм и сокращении до массы 500 грамм.

4. Дальнейшем сокращении пробы методом квартования. Полученный материал можно подвергать дальнейшим анализам.

После забора пробы анализировались с помощью тест-комплектов производства ЗАО «Крисмас+» в течение Летних учебно-тренировочных сборов Сборной Москвы по экологии (прил. рис.1). Проводились исследования:

1. анализ «Карбонаты и бикарбонаты в водной вытяжке»;
2. анализ «Подвижные соединения фосфора»;
3. анализ «Кислотность почвы»;
4. анализ «Нитраты в солевой вытяжке».



Рис.1 Проведение исследований проб почвы (источник: фото автора)

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На исследуемой территории обнаружено 4 вида муравьев: *Lasius niger*, *Lasius fuliginosus*, *Formica rufa*, *Myrmica rubra*. *Formica rufa* - широко известны как лесные муравьи. Этот вид муравьёв занесены в Красную книгу Москвы под первой категорией редкости в старых границах города и под второй на недавно присоединённых территориях.

В результате пешего обхода полигона исследования было обнаружено 37 муравейников. В случае, если несколько муравейников, составляющих федерацию, находились на расстоянии менее 5 метров друг от друга, на карту

наносились координаты центрального муравейника федерации (группы муравейников федерации) (прил. рис. 1). Также на карту наносились места забора проб почвы. Для определения типа муравейника: унитарный или федерация, проводился отлов муравьев из одного муравейника, которые впоследствии переносились в другой муравейник. У обнаруженных муравейников измерялись длина, ширина и высота купола. Из таблицы 1 (прил.таблица 1) мы можем видеть, что 62% муравейников входят в состав федераций и только 38% являются унитарными (диагр.1). Возможно, это объясняется полигинией вида *F. rufa* и наличием достаточно старых поселений вида *L. niger*. Самое большое число колоний — 14 — на исследуемой территории имеет вид *L. niger*. Остальные виды представлены по 2 колонии каждый (диагр.2).

Соотношение Унитарных и Федераций	
Унитарные	14
Федерации	23

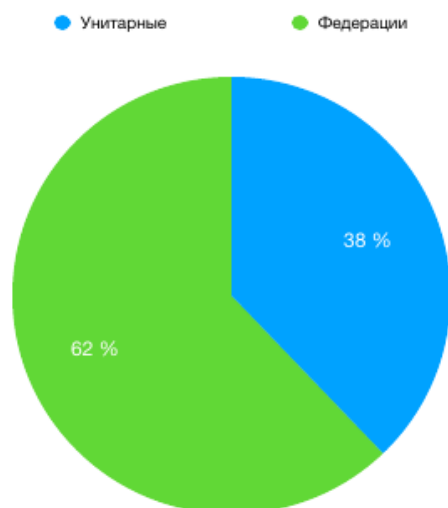


Диаграмма 1. Соотношение типов муравейников (источник: составлено автором)

Соотношение количества колоний	
<i>L. niger</i>	14
<i>F. rufa</i>	2
<i>M. rubra</i>	2
<i>L. fuliginosus</i>	2

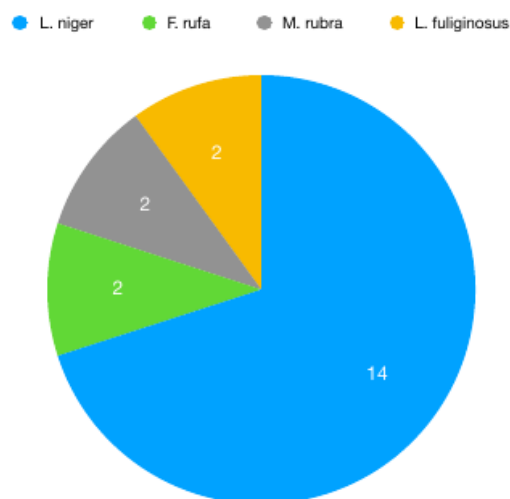


Диаграмма 2. Соотношение количества муравейников (источник: составлено автором)

При широком распространении *L. niger* муравьи данного вида имеют муравейники намного меньшего размера, чем *F. rufa*. Следовательно неверно утверждать, что *L. niger* является доминирующим видом на данной территории. Согласно анализу суммарной площади поверхности муравейников каждого вида, вид *F. rufa* превосходит все остальные виды вместе взятые в более чем 1500 раз по данному показателю (диагр. 3).

<i>L. niger</i>	<i>F. rufa</i>	<i>M. rubra</i>	<i>L. fuliginosus</i>
20546	431000	60	7476

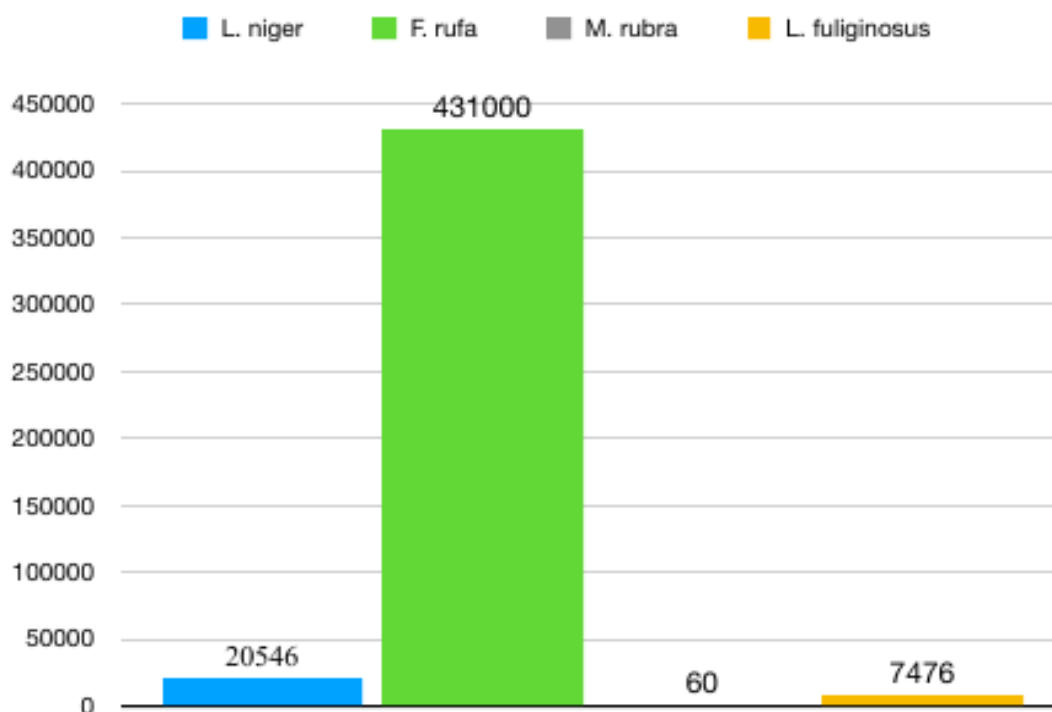


Диаграмма 3. Соотношение суммарных площадей поверхностей наземных частей муравейников (источник: составлено автором)

Наружные наблюдения также показывают, что муравьи вида *F. rufa* отходят от муравейника более чем на 80 метров, в то время как самые распространенные их сородичи *L. niger* не более чем на 30 метров. Для объективности определения доминирующего вида необходимо произвести

раскопку нескольких муравейников каждого вида, так как муравейники обладают сетью подземных ходов.

Влияние муравьев на pH почвы изучено незначительно. Анализ почв на кислотность показал, что все виды муравьев, кроме *L. niger* стабилизируют кислотность почвы, приводя ее к нейтральному значению 7.0, повышая pH на 0,5 (диагр. 4). При pH ниже 5 корням растений сложнее развиваться. Данная способность муравьев может быть полезна, так как вне зависимости от вида и численности все показатели рядом с муравейниками совпадают и достаточно стабильны. Результаты анализов кислотности соответствуют данным, что реакция на кислых подзолистых лесных почвах в гнездах некоторых муравьев рода *Formica* и *Lasius* была более щелочной, чем реакция почвы в отдалении от муравейников [4]. Аналогичные данные по кислотности получил В. А. Зрянин [3].

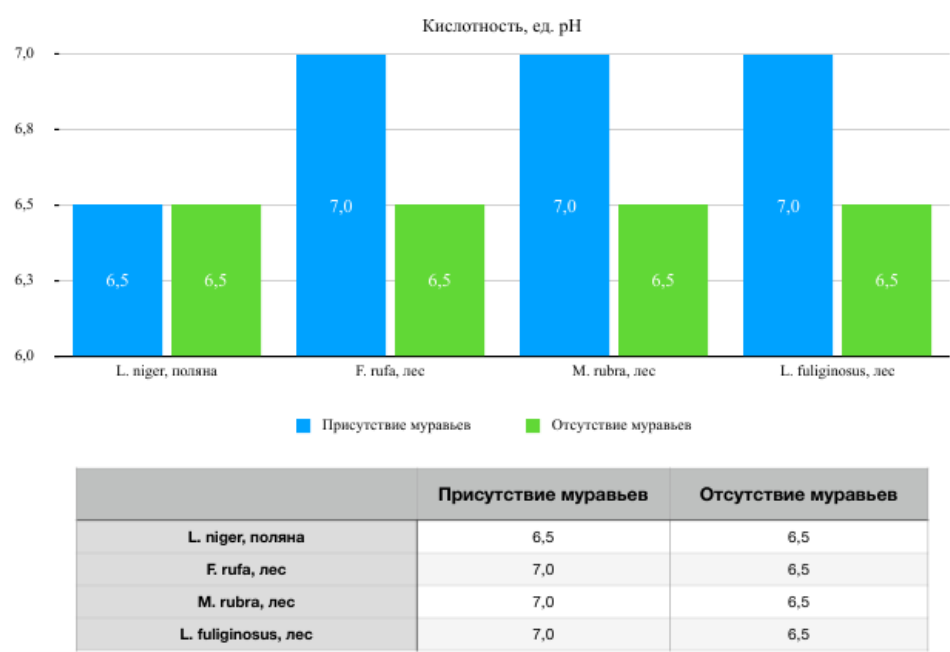


Диаграмма 4. Анализы кислотности почв (источник: составлено автором)

Карбонаты и бикарбонаты поддерживают физическую структуру и химические свойства почвы, повышают pH и плодородие. Анализ почв на карбонаты показал отсутствие карбонат-иона во всех пробах в связи с особенностями тест-комплекта (рассчитан на почву с pH выше 8,3) (диагр. 5).

На бикарбонаты муравьи влияют по-разному. *L. niger* практически не изменяют содержание бикарбонатов, *F. rufa* незначительно увеличивают, а *M. rubra* и *L. fuliginosus* значительно уменьшают концентрацию бикарбонатов.



Диаграмма 5. Результаты анализов на содержание бикарбонатов (источник: составлено автором)

Фосфор является дефицитным элементом земной коры. Без фосфора растения не смогут существовать. Фосфор — важный элемент агрохимической триады «азот, фосфор, калий». Если фосфора достаточно, то повышается урожайность и его качество, лучше созревают плоды, ускоряется развитие растений. При недостатке замедляется рост растений и созревание плодов. Фосфор увеличивают только *L. fuliginosus* более чем в 3 раза, остальные виды не влияют на его содержание (диагр.6).

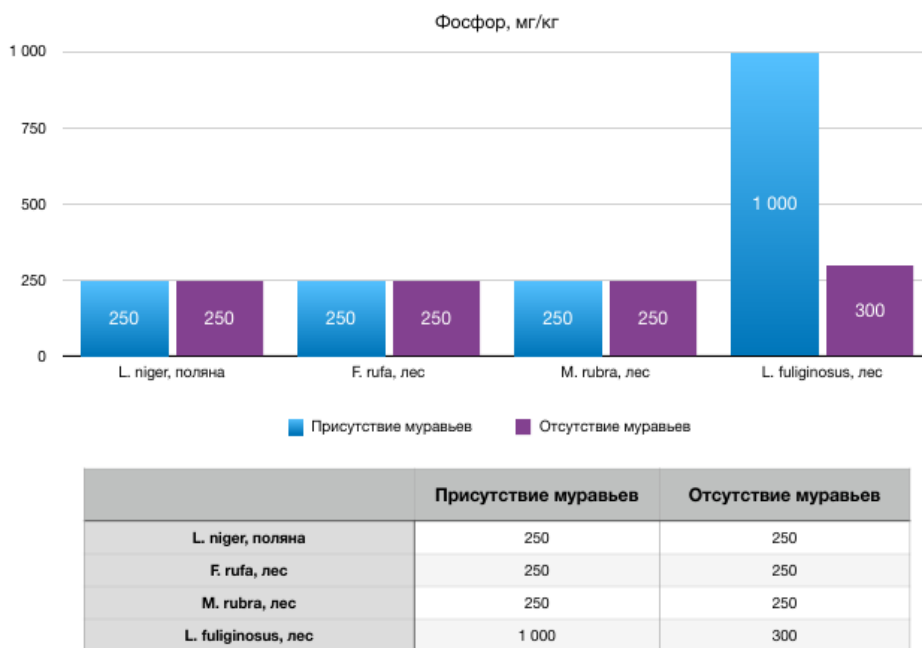


Диаграмма 6. Результаты анализов на содержание фосфора (источник: составлено автором)

Азот является одним из лимитирующих факторов для растений. Без него невозможен процесс фотосинтеза. Азот служит материалом для создания органелл клетки. При недостатке азота тормозится рост, сокращается площадь листьев растения. Все виды муравьев увеличивают содержание нитратов в почве, а *L. fuliginosus* повышают их содержание в 13 раз (диагр.7).

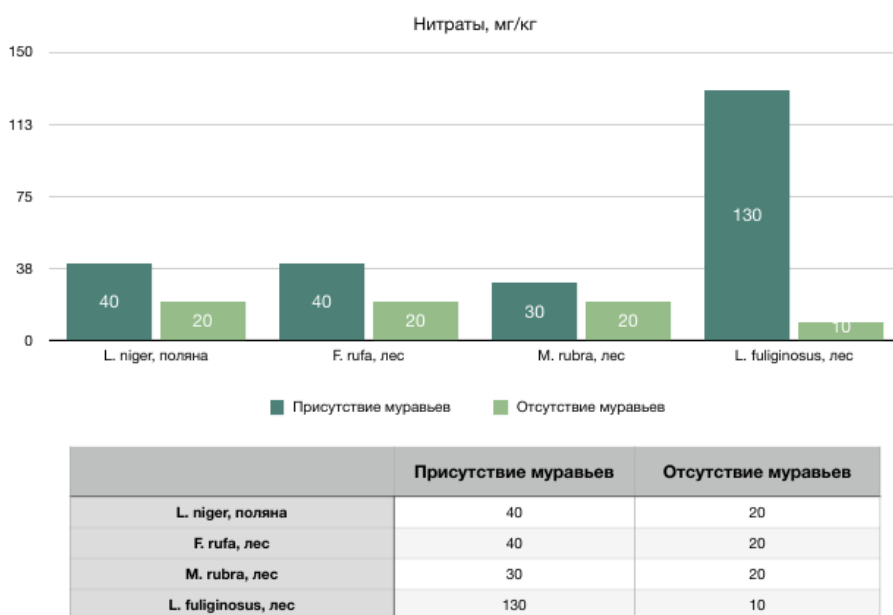


Диаграмма 7. Результаты анализов на содержание нитратов (источник: составлено автором)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ВЫВОДЫ

1. В результате пешего обхода полигона исследования (Бутовский лесопарк) было обнаружено 37 муравейников (14 унитарных – 38%, 23 федеративных – 62%).
2. На исследуемой территории обнаружено 4 вида муравьев: *Lasius niger*, *Lasius fuliginosus*, *Formica rufa*, *Myrmica rubra*. Муравьи вида *Formica rufa* занесены в Красную книгу Москвы под первой категорией редкости в старых границах города и под второй на недавно присоединённых территориях.
3. В результате проведенной поисково-исследовательской работы с помощью ресурса «Яндекс.Карты» составлена интерактивная карта муравейников Бутовского лесопарка, на которой отражены местоположения 37 муравейников 4 видов муравьев, а также места забора образцов почвы.
4. В результате проведенного исследования выявлено комплексное влияние муравьев на свойства почвы. На данном этапе выявлено, что все виды муравьев, за исключением *L. niger*, стабилизируют pH, приводя ее к среднему значению 7.0. На бикарбонаты муравьи влияют по-разному. *L. niger* практически не изменяют содержание бикарбонатов, *F. rufa* незначительно увеличивают, а *M. rubra* и *L. fuliginosus* значительно уменьшают концентрацию бикарбонатов. Все виды муравьев увеличивают содержание нитратов в почве, а *L. fuliginosus* повышают их содержание в 13 раз. Фосфор увеличивают опять же только *L. fuliginosus* более чем в 3 раза, остальные не влияют на его содержание.

В результате проведенного исследования выявлено комплексное влияние муравьев на свойства почвы. Исследование продолжается в лаборатории МГУ имени М.В. Ломоносова, ГАОУ ДПО ЦПМ для получения более полных и точных данных, применимых для экологизации ведения сельского хозяйства.

Необходимо выяснить причину различного влияния муравьев на бикарбонаты. Совершить забор большего числа проб с целью получения подробных данных о физико-химических свойствах почв. Продолжать исследование вида *L. fuliginosus* вследствие его крайне значительного влияния на химический состав почвы по сравнению с другими видами.

Материалы исследования будут применены на практике в сельском хозяйстве как экологическая замена химическим составляющим удобрений. Представляется возможным разведение муравьев на сельскохозяйственных угодьях с целью повышения почвенного плодородия и борьбы с вредителями. Проводится поиск нового полигона исследования для проверки указанной возможности. При разведении муравьев стоит учитывать их симбиоз с другими насекомыми семейства полужесткокрылых из надсемейства тлей (*Aphidoidea*). Необходимо в пределах сельскохозяйственного угодья высадить «кормовые поля» растений, которые предпочитает тля с целью минимизации ущерба культурным растениям. Нужно определить площадь высаживаемых кормовых растений соразмерно численности тли. Также стоит оценить влияние подземной тли на растения. Следовательно, в перспективе находится изучение симбиотических связей муравьев, в частности тли.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров А. А. Муравей, семья, колония. М.: Изд-во Наука, 1978. 224 с.
2. Звягинцев Д. Г., Бабаева И. П., Зенова Г. М. Биолгоия почв. М.: Изд-во МГУ, 2005. 445 с.
3. Зрянин В. А. Влияние муравьев рода *Lasius* на почвы луговых биогеоценозов // Успехи современной биологии. 2003. № 123. С.278-288.
4. Длусский Г. М. Муравьи рода Формика. М.: Изд-во Наука, 1967. 236 с.

5. Laakso J., Setälä H. Composition and trophic structure of detrital food web in ant nest mounds of *Formica aquilonia* and in the surrounding forest soil // *Oikos*. 1988. Vol. 81. P. 266-278.
6. Laakso J., Setälä H. Impacts of wood ants (*Formica aquilonia* Yarn) on the invertebrate food web of the boreal forest floor // *Ann. Zool. Fennici*. 2000. Vol. 37. P. 93-100.
7. Laakso J., Setälä H. Nest mounds of red wood ants (*Formica aquilonia*): hot spots for litter-dwelling earthworms // *Oecologia*. 1997. Vol. 111. P. 565-569.
8. Stadler B., Schramm A., Kalbitz K. Ant-mediated effects on spruce litter decomposition, solution chemistry, and microbial activity // *Soil Biol. and Biochem.* 2006. Vol. 38. P. 561-572.
9. Шеуджен А. Х., Куркаев В. Т., Котляров Н. С. Агрохимия. Майкоп: Изд-во Афиша, 2006. 1075 с.
10. Почвенная карта Москвы [электронный ресурс]
http://www.etomesto.ru/map-eco_pochva/#up (дата обращения 01.08.2023)

ПРИЛОЖЕНИЕ

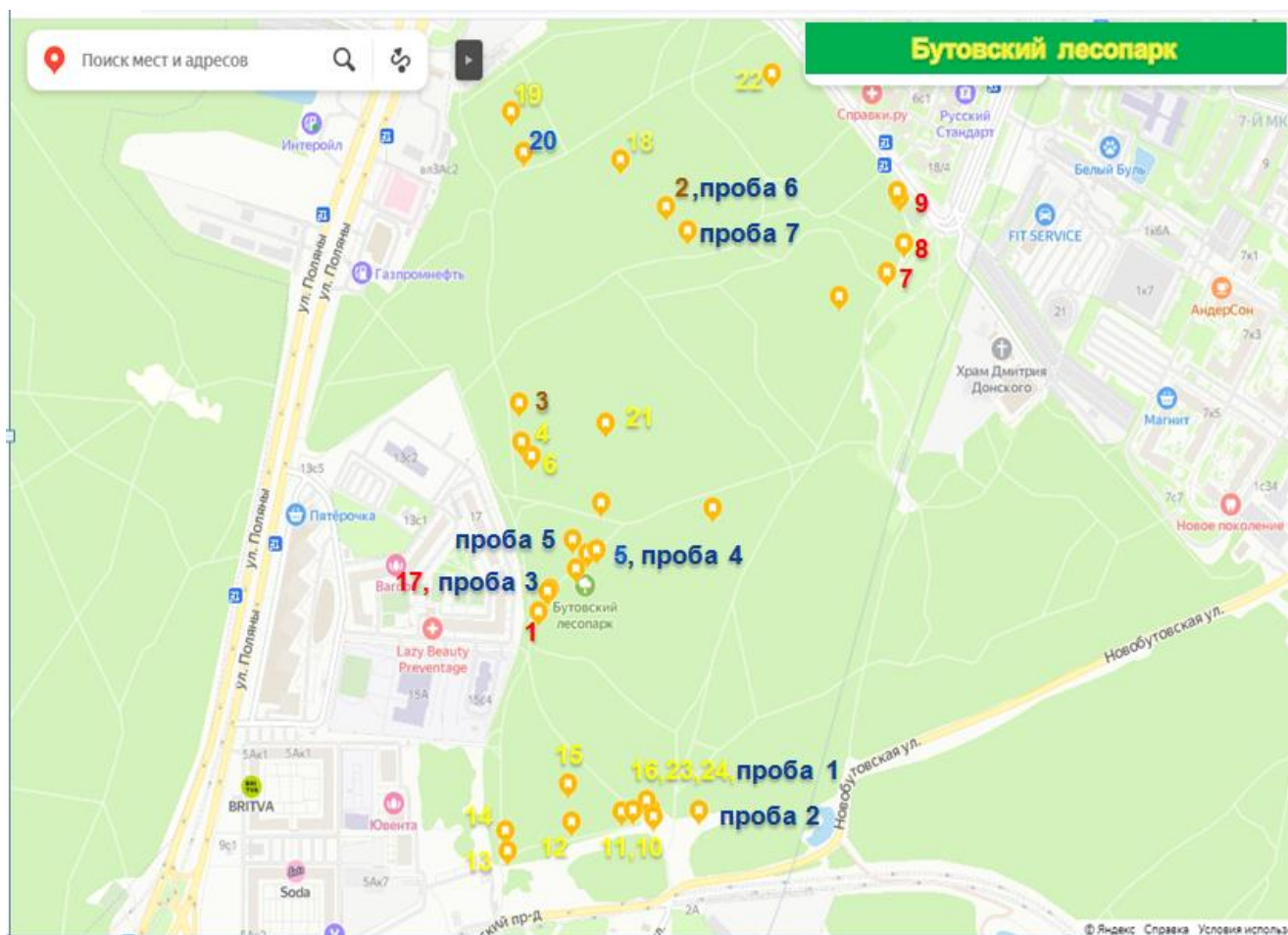


Рисунок 1. Карта муравейников (источник: составлено автором, Яндекс Карты)

Вид	Номер на карте	Тип	Кол-во муравейников	Местоположение	Ширина, см	Длина, см	Высота, см
Lasius niger	4	Унитарный	1	55.559394, 37.560371	18	20	15
	6	Унитарный	1	55.559221, 37.560615	14	17	10
	10	Федерация	5	55.554889, 37.563052	22	15	18
					30	16	15
					37	33	35
					42	47	40
					50	45	40
	11	Унитарный	1	55.554861, 37.562790	35	35	45
	12	Федерация	6	55.554752, 37.561574	12	15	17
					20	24	17
					20	27	17
					20	25	17
					27	28	17
		27	29	20			
	13	Унитарный	1	55.554390, 37.560053	20	20	10
	14	Федерация	2	55.554637, 37.560001	17	20	23
					40	20	7
	15	Унитарный	1	55.555215, 37.561504	70	85	23
	16	Федерация	2	55.554812, 37.563560	22	23	25
	24			55.554892, 37.563504	20	24	18
	18	Унитарный	1	55.562812, 37.562723	12	10	13
	19	Унитарный	1	55.563429, 37.560119	5	7	3
	21	Унитарный	1	55.559630, 37.562393	15	18	14
22	Унитарный	1	55.563899, 37.566403	10	9	7	
23	Унитарный	1	55.555008, 37.563384	17	14	9	
Formica rufa	1	Федерация	2	55.557317, 37.560778	160	140	63
	17			55.557565, 37.561014	260	270	45
	7	Федерация	6	55.561465, 37.569145	180	160	60
	8			55.561816, 37.569556	160	240	35
	9			55.562450, 37.569408	70	60	22
					140	270	20
					360	370	70
	10				55.562374, 37.569449	300	320
Myrmica rubra	5	Унитарный	1	55.557838, 37.561695	4	3	6
	20	Унитарный	1	55.562941, 37.560421	8	6	7
Lasius fuliginosus	2	Унитарный	1	55.562266, 37.563850	70	84	40
	3	Унитарный	1	55.559871, 37.560327	42	38	49

Таблица 1. Характеристика муравейников (источник: составлено автором).

Ссылки на материалы автора:

1. Статья «Изменение свойств почвы посредством влияния муравьев как технология для экологизации ведения сельского хозяйства» подготовлена для научно-практической конференции РЭУ им. Г.В. Плеханова «Экономика и инновации-2023», будет опубликована в сборнике статей РЭУ им. Г.В. Плеханова «Экономика и инновации-2023» в 2024 году:
<https://disk.yandex.ru/i/DIXhpJUV5aG8lw>
2. Презентация «Фотоотчет исследовательской работы»:
<https://disk.yandex.ru/d/LXHPFd11sB1t0Q>
3. Видеоролик : https://disk.yandex.ru/i/7E_GkEGmhCRZZA
4. Бизнес-план «Формика»: <https://disk.yandex.ru/i/mR2Z1udcSdDYHA>
5. Финансовая модель: <https://disk.yandex.ru/i/0JiOpYSEDoVrqw>