

Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение
«Поротниковская средняя общеобразовательная школа»
Объединение «Юный эколог»
Томская область, Бакчарский район, с. Поротниково,
ул. Воинов-Интернационалистов, д.7

**СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УДОБРЕНИЙ,
ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ НИЗИННОГО И ВЕРХОВОГО
ТИПОВ ТОРФА ЛЕСНОГО УЧАСТКА «ЗЕЛЕНАЯ ТАЙГА»**

Выполнил: Щукин Тимофей Васильевич, 8 класс
Руководители: Щукина Любовь Леонидовна,
учитель биологии и экологии
МКОУ «Поротниковская сош», Бакчарский район
Булычева Лиза Владимировна,
к.х.н., преподаватель ОГБПОУ «ТПГК», г. Томск

Поротниково, 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	3
2. Основная часть	8
3. Заключение	16
4. Список используемой литературы	17
5. Приложения	18

1. Введение

Томская область занимает второе место в России по запасам торфа. В Томской области выявлено и учтено 1444 торфяных месторождений, с запасами торфа около 31 млрд. тонн [9]. Торф широко используется в качестве органического удобрения из-за высокого содержания органических веществ и гумуса.

В 2 километрах на запад от села Поротниково, в пойме реки Бакчар, расположено торфяное месторождение верхового и низинного типа. Местные жители его называют «Зеленая тайга». В 80-е годы 20 века торф этого участка использовался колхозом «Сибирь», как удобрение для сельскохозяйственных культур. После банкротства колхоза в 2000 году данный участок больше не использовался. На сегодняшний день это торфяное месторождение доступно для транспорта. Жители села и близлежащих посёлков торф не используют, а покупают в магазине удобрения для разных культурных растений.

Мы хотим исследовать влияние удобрений, полученных на основе низинного и верхового типов торфа на рост и развитие культурных растений, чтобы разработать рекомендации жителям села об использовании данного торфа в качестве удобрения.

Цель исследования: определение эффективности удобрений, полученных на основе низинного и верхового типов торфа, на рост и развитие культурных растений.

Задачи:

1. Отобрать образцы торфа.
2. Определить концентрацию нитритов, нитратов, аммония и оксида фосфора в образцах торфа.
3. Сделать выводы о количественном содержании подвижных форм азота и оксида фосфора в торфе и возможности его использования в качестве удобрения.
4. Проверить торф на фитотоксичность.
5. Сравнить влияние удобрений, полученных на основе низинного и верхового типов торфа на рост и развитие культурных растений;
6. Выявить лучший вариант.
7. Сделать вывод по результатам исследования и разработать рекомендации жителям села об использовании данных типов торфа в качестве удобрений.

Объект исследования - влияние удобрений на рост и развитие культурных растений

(всхожесть, длина корней, побегов редиса, томатов, огурцов, пшеницы)

Предмет исследования: зависимость роста и развития культурных растений от удобрений, полученных из низинного и верхового типов торфа лесного участка «Зеленая тайга» (монофосфат калия, суперфосфат, аммофос)

Гипотеза исследования: предполагаем, что эффективней для роста и развития культурных растений будут удобрения на основе низинного торфа.

На первом этапе исследования, в сентябре – ноябре 2021 года, проводился отбор образцов торфа и опытно-экспериментальная работа по определению количественного содержания подвижных форм азота и оксида фосфора.

На втором этапе по рекомендациям, полученным от руководителя проблемной лаборатории агроэкологии Томского государственного педагогического университета, ведущего специалиста в области комплексного использования торфяных ресурсов Инишевой Л.И. были разработаны формулы удобрений на основе торфа.

На третьем этапе проводилась опытно-экспериментальная работа по сравнению эффективности удобрений, полученных из торфа низинного и верхового типов лесного участка «Зеленая тайга»

На четвертом этапе обрабатывались и систематизировались полученные результаты, составлялись выводы по исследованию.

Торф – горючее полезное ископаемое, образующееся в результате скопления не полностью разложившихся в условиях болот остатков растений [2].

Виды торфа неравноценны по качеству, поэтому и способы его использования в качестве удобрения различны. Все торфяные болота и добываемые торфа делят на верховые, низинные и переходные. В зависимости от степени разложения торфа, определяемого по содержанию гумифицированных веществ, торфа различают:

- слаборазложившийся – степень разложения 5-25%;
- среднеразложившийся – 25-40%;
- сильно разложившийся – более 40%.

Тип торфа определяется расположением болота по элементам рельефа и составом растительности. Верховой тип образуется на возвышенных элементах рельефа из белых сфагновых мхов с небольшими количествами пушицы, багульника, голубики, клюквы и других нетребовательных к элементам питания растений. Сфагновый верховой торф наиболее беден элементами, очень кислый, малогумифицирован (до 20%), малозольный, наиболее влаго- и газоёмкий, содержит до 40% гемицеллюлозу и целлюлозу, он является лучшим подстилочным материалом для животных и компонентом компостов. Низинный тип формируется под влиянием грунтовых вод с высоким содержанием минеральных веществ в понижениях рельефа с осоками, тростниками, вейниками, хвощами, зелеными гипновыми мхами, ольхой, ивой, березой и другими влаголюбивыми и более требовательными к питательным элементам растениями. Низинный торф представляет собой остатки травянистой и древесной растительности, содержит больше питательных веществ, менее кислый, высокозольный, содержит до 50% гуминовых веществ, высокоёмкий, обогащен известью и фосфором. При осушении подходит для возделывания овощных, кормовых и других культур, может применяться как органическое удобрение в открытом и закрытом грунте, для приготовления горшочков и в качестве компонента компостов.

Переходный тип является промежуточным между верховым и низинным типами. Причем нижние слои переходных торфов обычно ближе к низинному, верхние – к верховому. Вид торфа определяется малоразложившимися остатками растений – торфообразователей, содержание которых более 20% от массы сухого вещества.

Содержащийся в торфе азот находится в органических соединениях, которые плохо усваиваются растениями. Поэтому применение в чистом виде торфа малоэффективно. Расходы на добычу и применение торфа в чистом виде, часто, не окупаются прибавкой урожая. Содержание питательных веществ уменьшается при переходе от низинного к верховому торфу. В торфах больше всего азота, причем большая часть содержится в органической форме и становится доступной растениям только после минерализации, которая в кислых средах почти не протекает, однако может быть ускорена после нейтрализации и при компостировании с навозом, жижей, птичьим пометом, фекалиями. Содержание фосфора в торфах небольшое, причем 2/3 растворимы в слабых кислотах и доступны растениям.

Торф применяется: для подстилки животным и птицам, в качестве компонента компостов, для приготовления торфоперегнойных горшочков и кубиков, в качестве мульчирующего материала, субстрата для возделывания культур в закрытом грунте, как органическое удобрение. В качестве подстилки применяется прежде всего верховой сфагновый торф со степенью разложения до 25%, зольностью до 10-15%, влажностью 50%, содержанием древесных частиц размером до 6 см до 10%. Гипновый, осоковый и тростниковый виды торфа для этих целей применяют редко и только в слаборазложившемся (до 20%) состоянии. Как непосредственное удобрение применяют низинные, богатые известью или фосфором торфа преимущественно на легких почвах, с рН выше 5,5, зольностью более 10%, в том числе СаО более 4% и степенью разложения более 40-50%. Дозы чистого торфа 50-100 т/га можно уменьшить при совместном его внесении с навозной жижей (5-10 т/га), полужидкого навоза, фекалии, птичьего помета. Дозы торфотуфов определяют по содержанию СаО, вивианитовых торфов – по содержанию Р₂О₅. В качестве мульчирующего материала используют поверхностно проветренные низинные и переходные торфа слоем до 5 см в междурядьях посадок ягодных, плодовых и овощных культур. Мульчирование способствует улучшению в верхнем слое почвы водного, воздушного, теплового и питательного режимов, подавляет рост и развитие сорной растительности и образование почвенной корки [10].

Нитраты и нитриты являются естественными компонентами растительного организма. Азот – один из главных элементов, необходимых для растений. В растения он поступает из почвы, главным образом в виде солей азотной кислоты (нитраты) и аммония (аммиачные соединения), которые имеют равноценное значение в питании. Поступившие в растение минеральные соединения азота проходят сложный цикл превращений, конечным этапом которых является включение их в состав аминокислот и белковых молекул. Минеральные и органические соединения, содержащие азот в почве, в процессе

нитрификации превращаются в нитраты – основной источник азотного питания растений. В самом же растении разные соединения азота выполняют различные роли. Нитраты являются транспортной формой азота и их больше содержится в проводящих органах (в стебле, черешках и жилках), меньше – в пластинке листа, плодах, семенах. Образование нитритов обусловлено высокой активностью нитратредуктазы, являющейся основным фактором регуляции восстановления нитратов. Восстановление нитратов в нитриты происходит постоянно в обычных условиях. Сначала значительная часть нитратов в быстром темпе превращается в нитриты в результате активного функционирования нитратредуктазы. В дальнейшем, начинается постепенное инактивирование фермента и скорость процесса восстановления замедляется. Однако в результате микробиологического восстановления нитратов содержание нитритов в фитомассе в течение длительного времени (48-60 часов) остается на постоянном уровне [11].

Фосфор – один из наиболее значимых элементов в питании растений. Он входит в состав как минеральных (5-15%), так и органических (85-90%) соединений, находящихся в растениях. Наиболее биологически важные фосфорсодержащие соединения – это нуклеиновые кислоты (ДНК и РНК), макроэргические соединения (АТФ), нуклеотиды, нуклеопротеиды, фосфолипиды, ферменты, витамины, фитин и пр. Фосфор участвует в большинстве обменных процессов растений. Энергия солнечного света и полученная в результате расщепления ранее созданных органических соединений аккумулируются в растениях в виде энергии фосфатных связей (в АТФ), а затем используются культурами для поглощения питательных элементов, роста, развития, синтеза новых органических веществ и их транспортирования. Оксид фосфора (P_2O_5) легкоусваиваемый растениями вещество.

Торфяное месторождение «Поротниковское» Бакчарского района расположено в пойме реки Бакчар, в 2 км на запад от с. Поротниково. Участок I-ой очереди имеет площадь 48 га, участок II-ой очереди – 91 га. Низинные торфа средней степени разложения травяной, травяно-моховой и древесно-моховой групп подстилаются суглинками и глинами. Торфяной слой снят полностью. Темно-серая глина идет с глубины 15-50 см, подстилая дерновый слой. Поверхность болота начинает зарастать кустами ивы и березы пушистой. В некоторых точках (2 и 3) проективное покрытие кустарникового яруса может достигать 50%. В увлажненных местах среди травянистых растений доминирует осока вздутая (*Carex stokes*). Проективное покрытие травянистыми растениями в таких фитоценозах колеблется в пределах 40-50 %. При развитом кустарничковом ярусе травяной покров изреживается и проективное покрытие едва достигает 20%. Растительность болотно-луговая, преобладают следующие виды: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd) Bess.), чина луговая (*Lathyrus pratensis* L.) и вейник незамечаемый (*Calamagrostis neglecta* (Ehrh) Gaertn, Mey et Scherb.). На открытых полянках большую долю в строении растительного покрова

имеют злаки (вейник незамечаемый, мятлик болотный и луговой) и осоки (осока вздутая). Участки лугового разнотравья невелики и покрыты тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium*), подмаренником топяным (*Galium uliginosum*), звездчаткой злачной (*Stellaria graminea*) [5].

2. Основная часть

Отбор образцов торфа для исследования проводился 26 сентября 2021 года и 4 октября 2022 года при ясной погоде, без осадков. Торф отбирался глубиной 20 см. Каждая проба отбиралась на расстоянии 10 метров от другой пробы. До проведения исследования торф хранился в вакуумной упаковке при температуре +4°C в темном месте.

Методики проведения исследований.

Метод определения подвижных форм фосфора ГОСТ 27894.5-88 [12].

Метод основан на извлечении подвижных форм фосфора из торфа и торфяной продукции раствором соляной кислоты молярной концентрации 0,2 моль/дм³ и последующем определении в вытяжке фосфора в виде синего фосфорно-молибденового комплекса на фотоэлектроколориметре. В качестве восстановителя фосфорно-молибденового комплекса использовали аскорбиновую кислоту.



Рисунок 1 – Определения подвижных форм фосфора

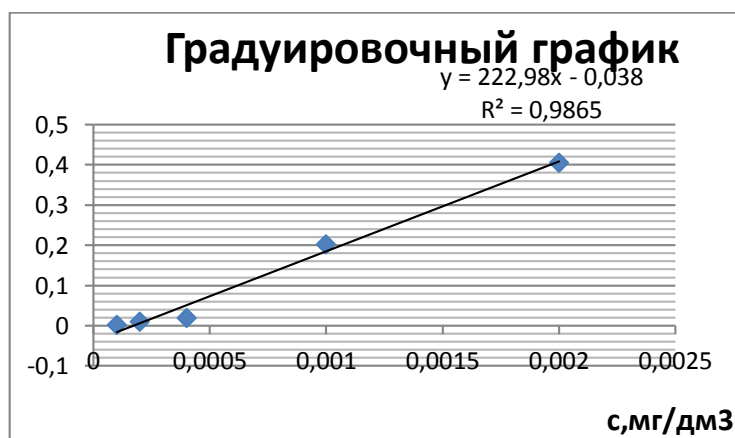


Рисунок 2 – Градуированный график

Массу фосфора $P_2O_5(X)$ в пересчете на в миллиграммах на 100 г торфяной продукции при натуральной влаге вычисляется по формуле (1):

$$X = \frac{m \cdot 250 \cdot K^t \cdot 100}{V \cdot m_1}, \quad (1)$$

где m – масса фосфора, соответствующая на градуировочном графике отсчету на фотоэлектроколориметре, мг;

250 – объем раствора соляной кислоты концентрации 0,2 моль/дм³ (0,2 н), приливаемой к навеске исследуемого материала, см³;

K^t – поправка на разбавление фильтрата;

V – объем фильтрата, взятый на определение, см³;

m_1 – масса навески торфяной продукции, г.

Приложение 2,4

Результаты исследования по % содержанию

Проба №1 – 0,006%.

Проба №2 – 0,035%.

Проба №3 – 0,012%.

Проба №4 – 0,01%.

Проба №5 – 0,018%.

Малозольные и нормальнозольные торфа, как правило, содержат небольшое количество соединений фосфора: от 0,02 % в верховом до 0,6 % в низинном. Фосфор в торфе находится в сравнительно доступной форме [3]. По результатам нашего исследования можно сделать вывод, что оксид фосфора распределен по торфяному месторождению неравномерно: минимальное значение – 0,006%, максимальное – 0,035%. Это свидетельствует о низком содержании оксида фосфора в исследуемых образцах торфа.

Методика определения нитритов

Для определения нитритов в торфе использовался реактив Грисса и стандартный раствор $NaNO_2$. Были взяты два колOMETрических цилиндра, в один из которых наливалось 100 мл профильтрованного раствора торф – 2,5 гр. торфа/ 100 мл. дистиллированной воды. В другой цилиндр наливался 1 мл раствора нитрита натрия и доливалось до 100 мл. дистиллированной водой. В оба цилиндра добавлялось 5 мл. реактива Грисса. Через 10 минут просматривались цилиндры сверху на белом фоне, отливая из цилиндра с более густой окраской воду в колбу до одинаковой интенсивности окраски в обоих цилиндрах. Содержание нитритов вычисляли по формуле (2):

$$CNO_2 = Ch_2/Ch_1, \quad (2)$$

где CNO_2 – содержание нитритов, мг/л;

C – концентрация NO_2 в стандартном растворе, мг/л;

h_1 и h_2 – высоты столбов растворов в цилиндрах после сравнения окраски, см.



Рисунок 3 – Определения нитритов

Результаты исследования по % содержанию NO_2

Проба №1 – 0,58%.

Проба №2 – 0,01%.

Проба №3 – 0,42%.

Проба №4 – 0,48%.

Проба №5 – 0,62%.

Ценность торфа в значительной степени определяется содержанием азота, который служит потенциальным источником питания растений. Среднее содержание азота колеблется в верховом торфе от 0,8 до 2,3, переходном – от 1,35 до 2,4; низинном – от 1,9 до 3,2 % в а.с.в. Чем больше содержание азота, тем выше удобрительная ценность торфа [3].

По результатам нашего исследования также можно сделать вывод, что нитриты распределены по торфяному месторождению неравномерно: минимальное значение – 0,01%, максимальное – 0,62%.

Все пять образцов торфа сильно отличаются по содержанию нитритов и оксида фосфора. Например, в пробе торфа №1 концентрация оксида фосфора самая низкая, а нитритов одна из самых высоких. И прямо противоположные концентрации находятся в пробе №2. Это свидетельствует о том, что исследуемые органические вещества в торфе распределены на лесном участке «Зеленая тайга» неравномерно. Для разработки рекомендаций жителям села об использовании данного торфа в качестве удобрения, особенно для комнатных растений, необходимо учитывать с какого участка был взят торф.

Методика определения нитратов с использованием ионоселективного электрода цифровой лаборатории «Унитех».

Для измерения пробы замачивали 2,5 грамма торфа в 100 мл дистиллированной воды на 18-20 часов, фильтровали, на анализ брали 50 мл. Исследование проводилось по методике [9].

Результаты исследования по % содержанию нитратов
 Проба №1 – 0,480%.
 Проба №2 – 0,483%.
 Проба №3 – 0,720%.
 Проба №4 – 0,439%.
 Проба №5 – 0,465%.

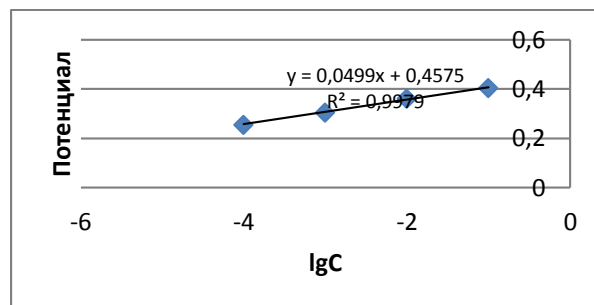


Рисунок 4 – Содержание нитритов

По результатам нашего исследования также можно сделать вывод, что нитраты распределены по торфяному месторождению неравномерно: минимальное значение – 0,4%, максимальное – 0,7%.

Методика определения аммония с использованием ионоселективного электрода цифровой лаборатории «Унитех».

Для измерения пробы замачивали 2,5 грамма торфа в 100 мл дистиллированной воды на 18-20 часов, фильтровали, на анализ брали 50 мл. Исследование проводилось по методике [9].

Результаты исследования по % содержанию аммония

Проба №1 – 0,270%.
 Проба №2 – 0,198%.
 Проба №3 – 0,29%.
 Проба №4 – 0,206%.
 Проба №5 – 0,195%.

По результатам нашего исследования также можно сделать вывод, что содержание аммония на торфяном месторождении в среднем равно 0,2%.

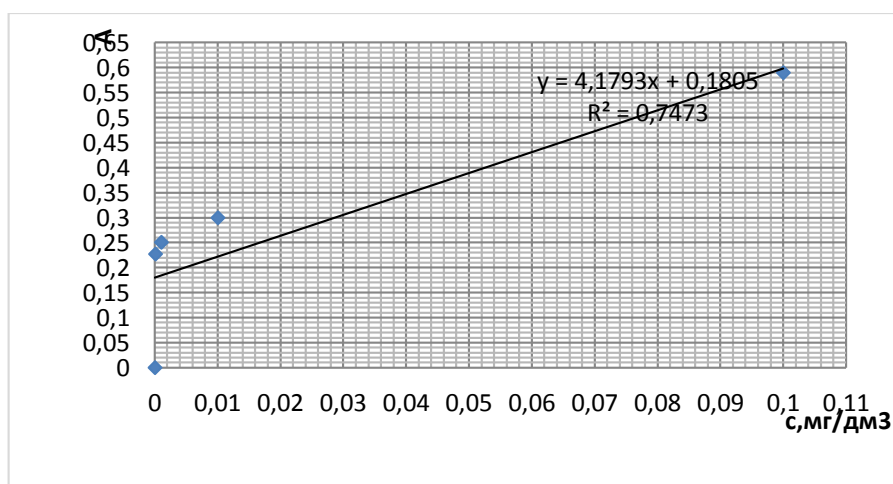


Рисунок 5 – Содержание аммония на торфяном месторождении

Определение суммарной фитотоксичности торфа проводилось по методике Е.Х. Ремпе и Л.П. Ворониной [6].

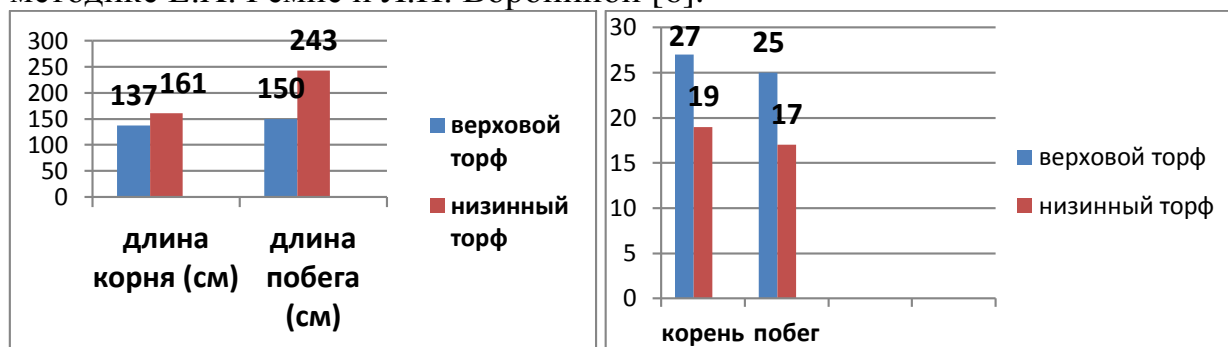


Рисунок 6 – Суммарная фитотоксичности торфа

По результатам исследования можно сделать вывод, что верховой торф умеренно токсичен, низинный торф малотоксичен.

Определение эффективности удобрений, полученных из торфа низинного и верхового типов лесного участка «Зеленая тайга»

Для исследования использовались сорта: томат «Макс», огурец «Голубчик F1», редис «Жара», пшеница для проращивания фирмы ООО «Амальгама».

В 1 кг торфа (низинного и верхового типа) добавлялось рассчитанное по итогам первого этапа исследования необходимое количество удобрения: аммофос 0,15 г, монофосфат калия 0,17 г, суперфосфат 0,5 г. Семена исследуемых растений в количестве 50 штук высаживались в контейнеры с торфом, в трех повторностях. Полив проводился дистиллированной водой по мере необходимости. Наблюдение проводилось в течение двух недель после появления всходов. В конце наблюдения производился подсчет всхожести растений и измерение длины побегов и корня.

Результаты исследования

Удобрение с добавлением аммофоса

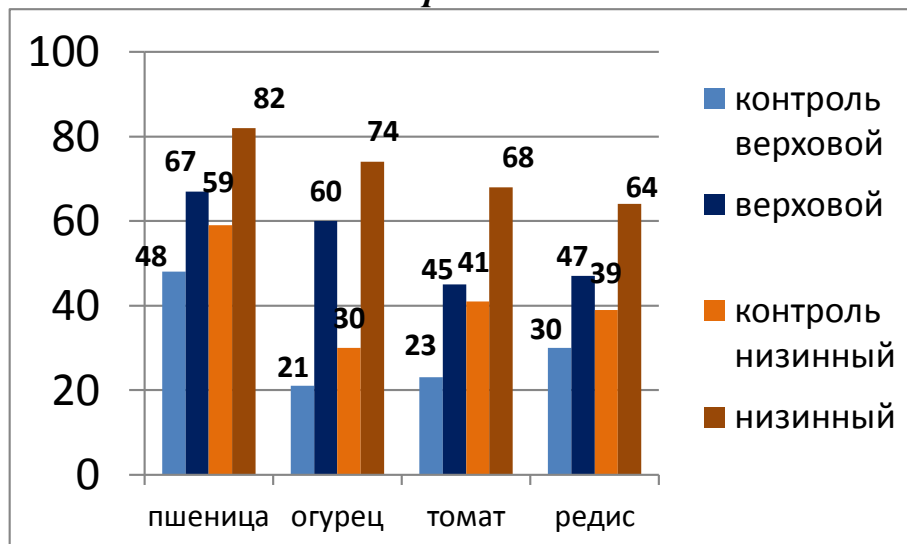


Рисунок 7 – Всхожесть, %

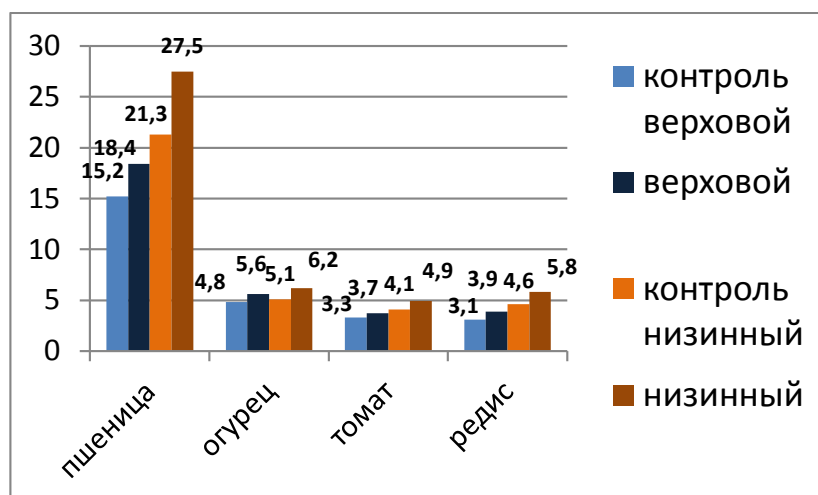


Рисунок 8 – Длина побега, см

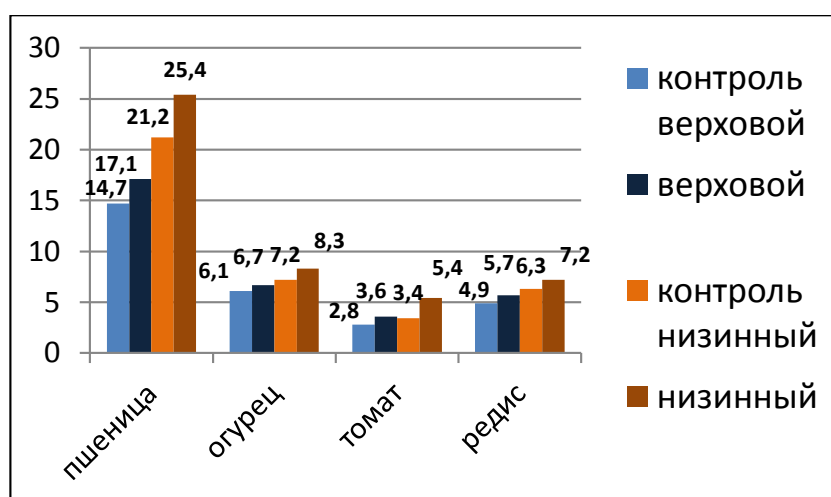


Рисунок 9 – Длина корня, см

Удобрение с добавлением суперфосфата.

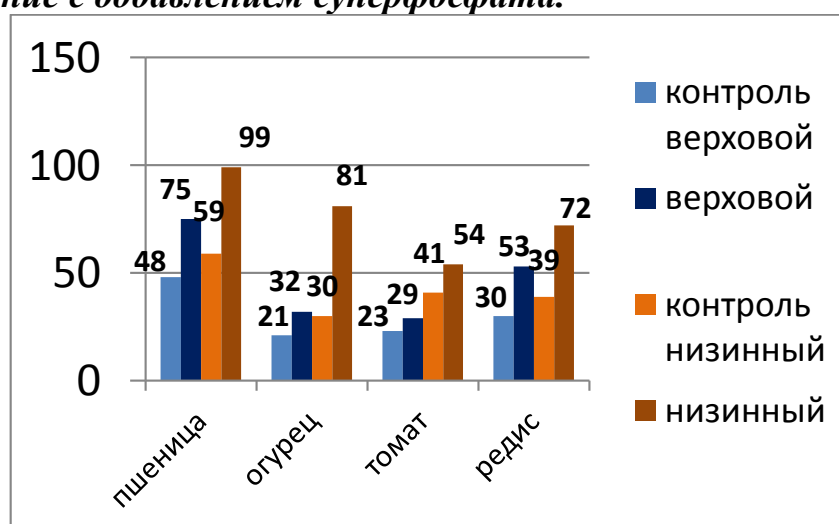


Рисунок 10 – Всхожесть, %

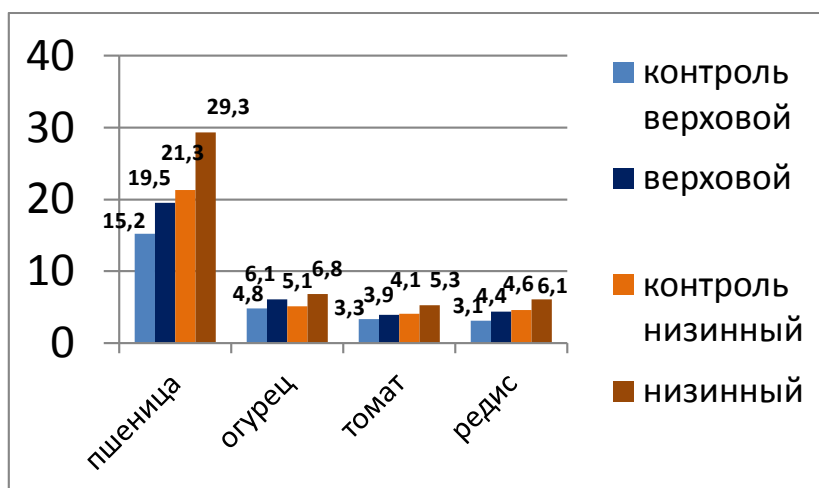


Рисунок 11 – Длина побега, см

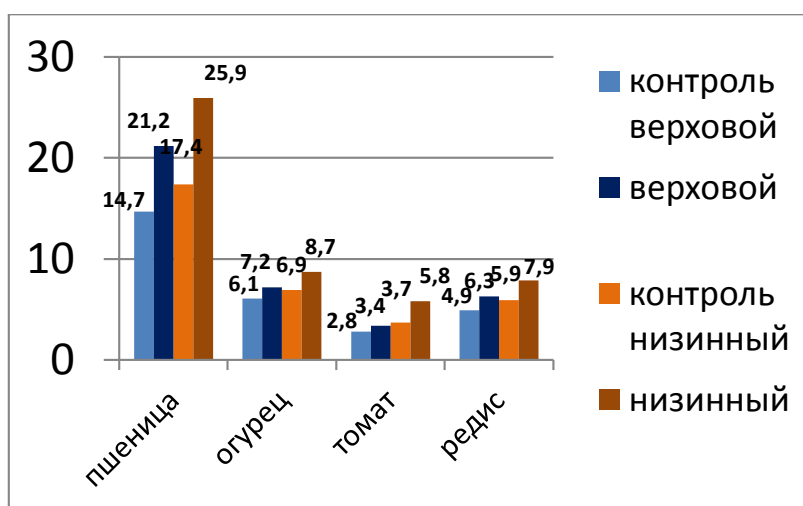


Рисунок 12 – Длина корня, см

Удобрение с добавлением монофосфата калия.

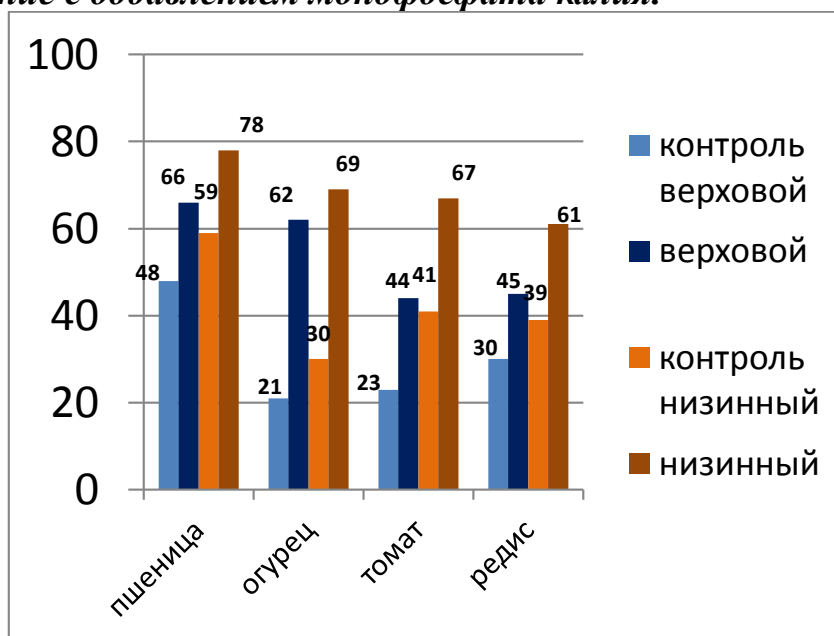


Рисунок 13 – Всхожесть, %

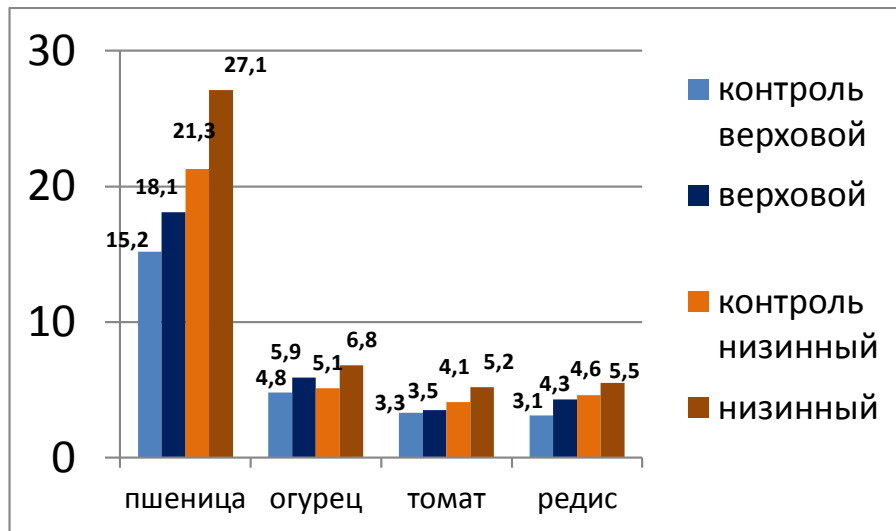


Рисунок 14 – Длина побега, см

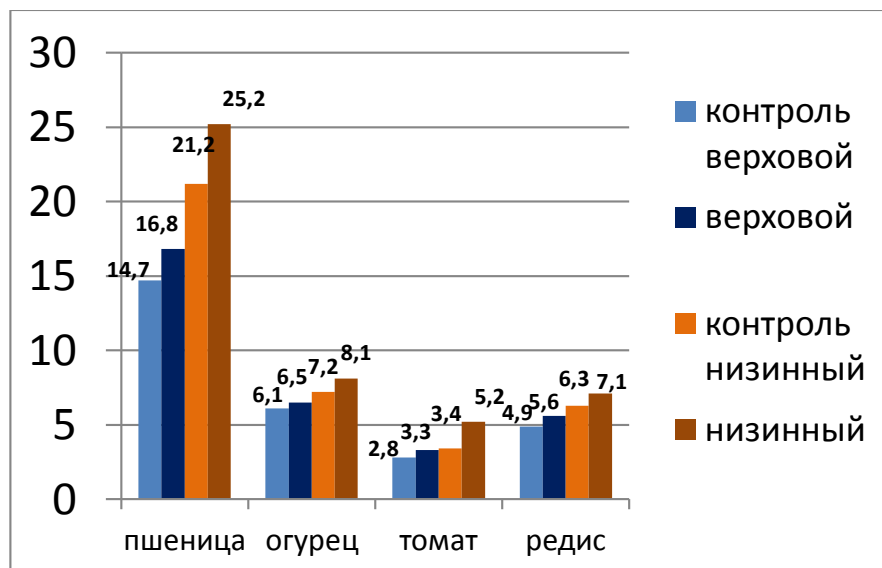


Рисунок 15 – Длина корня, см

3. Заключение

В ходе проведенного исследования, нами была изучена литература о влиянии нитритов, нитратов, аммония и оксида фосфора на рост и развитие растений, изучена и освоена методика по определению нитритов, нитратов, аммония и оксида фосфора в торфе, определена концентрация подвижных форм азота и оксида фосфора в образцах торфа, проведено сравнение эффективности удобрений полученных из торфа низинного и верхового типа лесного участка «Зеленая тайга».

Торф лесного участка «Зеленая тайга» по сравнению со средними данными для верхового и низинного торфа содержит значительно ниже количества азота и оксида фосфора [3].

Наша гипотеза о том, что эффективней для роста и развития культурных растений будут удобрения на основе низинного типа торфа, подтвердилась. Если сравнивать удобрения, то самым эффективным можно считать удобрение на основе низинного типаторфа с добавлением суперфосфата.

Чтобы жители села могли использовать торф лесного участка «Зеленая тайга» в качестве удобрения для разных культур растений мы рекомендуем брать низинный тип торфа с добавлением в него 0,9 грамм суперфосфата на 1 кг. торфа.

Результаты исследования мы предоставим лаборатории агроэкологии Томского государственного педагогического университета для анализа полученных результатов и выявления дальнейших перспектив использования данного торфа в практическом применении. А также мы предоставим результаты исследования компании АО «Сибagro», которая в 2022 году распахла поля в нашем районе для засева их в 2023 году пшеницей. Как мы видим, из результатов исследования, всхожесть пшеницы с удобрением на основе низинного типа торфа с добавлением суперфосфата была 99%. Думаем, что наши рекомендации окажутся полезными для АО «Сибagro».

4. Список используемой литературы

1. Агрохимия. Учебник/В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. — М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017 – 854 с.
2. Глоссарий по экологии, экологической безопасности техносферы, природопользованию, и охране окружающей среды: справочное пособие / Авт.-сост. А.М. Адам, О.Д. Лукашевич. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2008 – 368 с. – ISBN 978-5-93057-279-7..
3. Голубина, О. А. Физикохимия и биология торфа: Использование торфа в сельском хозяйстве: учебно-методическое пособие / О. А. Голубина. – Томск: Томский ЦНТИ, 2011.
4. Инишева, Л. И. Элементный состав основных видов торфов Западной Сибири / Л. И. Инишева, В. С. Архипов, Т. Н. Цыбукова // Торф и сельское хозяйство сборник научных трудов: / под ред. А. Г. Дюкарева. – Томск : Изд-во СО РАСХН , 1994 . – С. 39-47 . – Библиогр.: 7 назв..
5. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование / Л. И. Инишева, В. Е. Аристархова, Е. В. Порохина, А. Ф. Боровкова ; Федер. агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Томский гос. пед. ун-т». – Томск : ТГПУ, 2007. - 224 с.: ил.
6. Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп./Под ред. Академика РАСХН В.Г. Минеева-М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с. –ISBN 5-211-04265-4
7. Технологии приготовления комплексных гранулированных удобрений (КГУ), рассадных грунтов и кубиков на основе торфа. – Томск, 2006
8. Торф в сельском хозяйстве Нечерноземной зоны : Справочник / [В.Н. Ефимов и др.]; Сост. В.Н. Ефимов. - Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. - 302, [1] с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 299-300. - Предм. указ.: с. 301-303
9. Официальный интернет-портал Администрации Томской области. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL.: <https://www.tomsk.gov.ru/news/front/view/id/77635>, свободный (дата обращения 15.11.2023 г.)
10. Агрономия, земледелие, сельское хозяйство. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL.: <https://universityagro.ru/агрохимия/торф/> свободный (дата обращения 11.11.2022 г.)
11. Нитраты и нитриты в продуктах растениеводства. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL.: <https://cyberleninka.ru/article/n/nitraty-i-nitrity-v-produktsii-rastenievodstva/viewer> свободный (дата обращения 05.11.2022 г.)
12. ГОСТ 27894.5-88. [Электронный ресурс]: Режим доступа: URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200024265> свободный (дата обращения 05.11.2022 г.)

5. Приложения

Приложение 1. Лесной участок «Зеленая тайга»



Место отбора проб

Рисунок 16 – Карта-схема «Место отбора проб»

Приложение 2. Расчеты по определению содержания оксида фосфора

Показатель	Расчет по формуле
спектрофотометра	
Проба №1 – 0,1235	= 0,0073 мг/дм ³
Проба №2 – 0,4475	= 0,0022 мг/дм ³
Проба №3 – 0,3045	= 0,0015 мг/дм ³
Проба №4 – 0,2505	= 0,01300 мг/дм ³
Проба №5 – 0,4445	= 0,0022 мг/дм ³

Приложение 3. Расчеты по определению содержания нитритов.

$$\text{Проба №1 } \frac{55200 \cdot 1,7}{1,6} = 58650 \text{ мг/л}$$

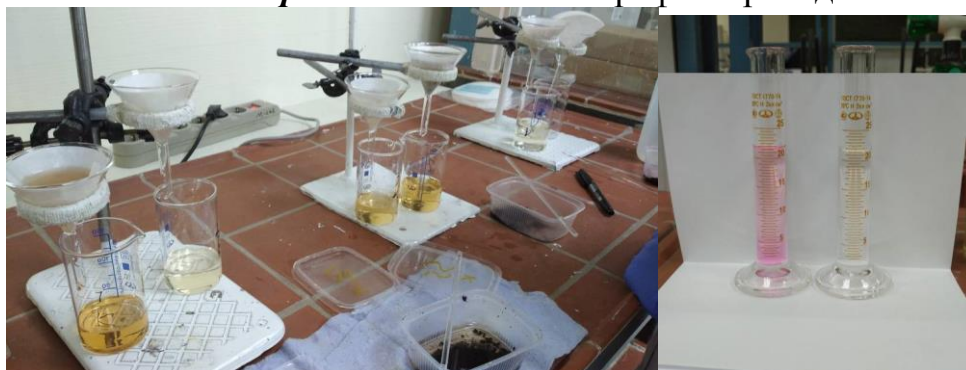
$$\text{Проба №2 } \frac{55200 \cdot 0,5}{2,8} = 9857,1 \text{ мг/л}$$

$$\text{Проба №3 } \frac{55200 \cdot 1,3}{1,7} = 42211,7 \text{ мг/л}$$

$$\text{Проба №4 } \frac{55200 \cdot 1,5}{1,7} = 48705,8 \text{ мг/л}$$

$$\text{Проба №5 } \frac{55200 \cdot 1,7}{1,5} = 62560 \text{ мг/л}$$

Приложение 4. Фотографии проведения исследования





Приложение 5. Результаты исследования, %

