Государственное учреждение образования

«Крупская районная гимназия»

Научно-инженерный конкурс учащихся

«Belarus Science and Engineering Fair»

Исследовательская работа

**«Использование электрогидравлического**

**эффекта Юткина для активации верхового торфа»**

Авторы работы:

Макаревич Дмитрий, 11 класс

ГУО «Крупская районная гимназия»,

Шинкевич Ольга,11 класс

ГУО «Крупская районная гимназия»

Коваленко Диана, 9 класс

ГУО «Крупская районная гимназия»

Руководители работы:

Поветко Григорий Николаевич,

учитель трудового обучения

ГУО «Крупская районная гимназия»,

Кашинская Татьяна Яковлевна,

старший научный сотрудник ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», кандидат технических наук

г. Крупки

2017

Оглавление

[Введение 3](#_Toc472688703)

[Возможности искровых электрических разрядов в жидкостях,](#_Toc472688704)

[выбор необходимого оборудования 4](#_Toc472688705)

[Конструкция рабочей камеры для электроискровой обработки](#_Toc472688706)

[водно-торфяной пульпы 6](#_Toc472688707)

[Определение ростостимулирующей активности](#_Toc472688708)

[образцов верхового торфа 6](#_Toc472688709)

[Заключение 11](#_Toc472688710)

[Список использованных источников 12](#_Toc472688713)

[Приложение 13](#_Toc472688714)

# Введение

В настоящее время биологизация и экологизация земледелия является одной из актуальных задач сельскохозяйственного производства. Решение этой задачи возможно при использовании биологически активных органических и органоминеральных удобрений на основе торфа, которые также называются гуминовыми препаратами [1, с.1].

В Крупском районе с 1967 года действует торфоперерабатываюший завод «Туршовка». Это предприятие ведет добычу верхового и низинного торфа. Заготовленное сырье используется для приготовления шести видов почвенных смесей. Большая часть верхового торфа упаковывается в 840 килограммовые пакеты и в таком виде экспортируется в Литву, Латвию, Германию, Грецию, Молдавию, Россию.

Известно, что торф в естественных условиях залегания является довольно стабильной горной органогенной породой [2, с.1]. Органическое вещество торфа и входящие в него гуминовые кислоты (далее ГК) в значительной степени определяют плодородие почв, являясь источниками физиологически активных веществ, повышающих процессы жизнедеятельности живых организмов. Однако эти свойства проявляются только после соответствующих процессов разложения органического торфа и перехода ряда его соединений в доступное для усвоения растениями состояние. В природе этот процесс идет крайне медленно, поэтому применение торфа в чистом виде эффективно лишь при очень высоких дозах его внесения в почву, что экономически не выгодно (расходы на добычу, перевозку и внесение очень велики) [1, с.2]. Для улучшения свойств торфосмесей в ОАО «Туршовка» используются различные виды добавок: доломитовая мука, минеральные удобрения и птичий помет. В связи с этим была выдвинута гипотеза о реализации эффективных и экологически безопасных возможностей электрогидравлического эффекта Л.А. Юткина для «активации» природного торфа, то есть перевода содержащейся в нем полезной органики в легкодоступную для растений форму.

Целью исследования является определение параметров электрогидравлической обработки торфа и установление эффективности такой обработки для повышения его биологической активности. Для достижения этой цели мы должны были решить следующие задачи:

изучить возможности искровых электрических разрядов в жидкостях, принцип действия и конструкцию оборудования, необходимого для их получения, получив доступ к использованию такого оборудования;

сконструировать и изготовить рабочую камеру для электроискровой обработки водно-торфяной пульпы;

определить соотношение смеси вода-торф, при котором электроискровой разряд протекает достаточно стабильно;

обработать водо-торфяную смесь определенного состава электрогидравлическим методом в течение различных промежутков времени и установить изменения ростостимулирующей активности образцов верхового торфа в результате такой обработки.

# Возможности искровых электрических разрядов в жидкостях,

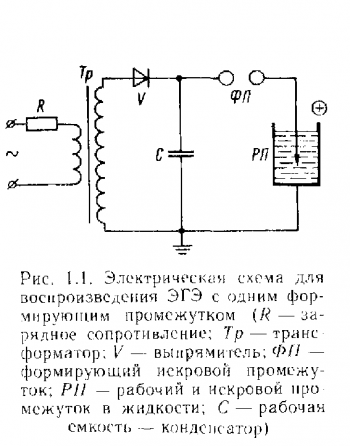
# выбор необходимого оборудования

Основу процесса «активации» торфа, как правило, составляет процесс разрушения целлюлозной и лигнинной оболочки органической клетки, которая содержит в себе необходимые полезные вещества. Однако технологически этого добиться не так уж и просто. В последнее время интенсивно исследуются механохимические процессы, связанные с деструкцией, активацией химических реакций, синтезом и другими видами превращений, инициируемых механическим диспергированием, вальцеванием, трением, ударными волнами, сверхвысокими давлениями, ультразвуковым облучением и прочими разновидностями механических нагружений [2, c.4]. По простоте исполнения, дешевизне и эффективности особо отличается электрогидравлическая технология обработки торфа, в настоящее время незаслуженно забытая и практически не используемая   
[1, с.2]. Начиная с 1933 года, учеными исследовались явления, возникающие в зоне высоковольтного искрового разряда в жидкой среде. В начальной стадии эти исследования подтвердили существующие данные о том, что такой разряд легко возникает только в диэлектрических жидкостях, а в жидкостях с ионной проводимостью происходит лишь в случаях очень малой длины искрового промежутка и всегда сопровождается обильным газо- и парообразованием. Было установлено, что электрогидравлический разряд возникает при приложении к жидкости импульсного напряжения, достаточной амплитуды и длительности, в результате чего развивается электрический пробой.

При этом механическое воздействие жидкости на объекты, помещенные вблизи канала разряда, получаемого по традиционной схеме с прямым подключением конденсатора на разрядный промежуток, практически ничтожно для жидкостей с ионной проводимостью и сравнительно ощутимо лишь в среде жидких диэлектриков. Оно определяется весьма незначительными давлениями внутри парогазового пузыря, возникающего вокруг зоны разряда. Создающиеся в жидкости гидравлические импульсы имеют пологий фронт и значительную длительность протекания, при этом обладают небольшой мощностью. В связи с этим необходимо было найти условия, в которых действие гидравлических импульсов могло бы быть резко усилено.

Крутой передний фронт напряжения, прикладываемого к разрядному промежутку в жидкости, является отличительной чертой и непременным условием эффекта Юткина. Если фронт нарастания напряжения на разрядном промежутке в жидкости пологий, то возникающий импульс тока не приводит к желаемому эффекту. Чем меньше будет длительность переднего фронта импульса, тем больше будет импульсный ток и пиковая мощность импульса.

Для формирования импульса с коротким передним фронтом напряжения, прикладываемого к разрядному промежутку в жидкости, Юткин использовал разрядный промежуток в газе − газовый разрядник, а для формирования определенной энергии импульса − накопительный электрический конденсатор (рис.1).

[](http://www.worldview.net.ua/images/stories/XXIvek/ENERGO/utkin__1.png)Работа электрогидроимпульсной установки предполагает относительно медленный заряд накопительного конденсатора от источника питания высокого напряжения, затем при достижении напряжения пробоя разрядника происходит быстрый разряд конденсатора на разрядный промежуток в жидкости.

Для заряда накопительного конденсатора в зависимости от требуемых условий обработки используется напряжение до   
100 кВ.

Л. А. Юткин предложил разграничение трех режимов работы электрогидравлических установок в зависимости от напряжения и емкости накопительного конденсатора:

Рис 1

* мягкий – напряжение меньше 20кВ, емкость больше 1 мкф;
* средний – напряжение больше 20кВ, емкость меньше 1 мкф;
* жесткий – напряжение больше 50кВ, емкость меньше 0,1 мкф.

Энергия, запасенная в электрическом конденсаторе, прямо пропорциональна емкости этого конденсатора и прямо пропорциональна квадрату напряжения на конденсаторе:  
Eкон = С\*U2/2 (1) [5].

Для решения поставленных задач мы использовали установку ЗЕВС–Профи, выпускаемую российской компанией ООО «ЗЕВС-ТРУБОПРОВОД» (фото 1). Это устройство спроектировано для выполнения работ по очистке трубопроводов, теплообменников, котлов, водяных скважин и имеет следующие технические характеристики:

Фото 1

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Арт. | Название | Производи-тельность, м/мин | Внутр. диаметр очищ./труб | Вес, кг | Габариты одного блока, мм | Мощн. не более, кВт |
| Профи | ЗЕВС-Профи | 1 - 10 | 10 - 150(400\*) | 65+60 | 650х500х650 | 4.5 |

# Конструкция рабочей камеры для электроискровой обработки

# водно-торфяной пульпы

****В комплект поставки ЗЕВС–Профи входит рабочий кабель, центральный электрод которого является положительным, а к оболочке – оплетке подводится отрицательный заряд. Промежуток между центральным электродом и оплеткой в 2-3 см на конце кабеля определяет величину искрового разряда при очистке труб (фото 2).

Фото 2

****Для электрогидравлического воздействия на водно-торфяную смесь специалисты ООО «Электрогидравлика» по нашей просьбе изготовили рабочую камеру циклического действия емкостью 8 литров (фото 3).

Рабочий кабель проходит через отверстие в крышке предварительно заполненной цилиндрической емкости. Первые испытания показали недостаточную эффективность конструкции из-за того, что при длине дуги электрических разрядов в 2-3 см в камере образовывалось много «теневых» зон. Этот недостаток был устранен путем изменения схемы подключения кабеля: его оплетка соединена с металлическим корпусом, а центральный электрод расположен на 5-7 см выше днища камеры, диаметр которого равен 16 см.

Фото 3

В таком устройстве были обработаны три образца верхового торфа, добываемого в ОАО «Туршовка». Перед обработкой сухой торф был смешан с водой в соотношении по весу 1:3. Обработка длилась соответственно 5; 7,5 и 10 минут при среднем режиме, так как напряжение разрядов было установлено 30-35 кВ, а емкость конденсаторов − 1 мкф. При этом частота разрядов составила 3 Гц.

Определение ростостимулирующей активности

образцов верхового торфа

Объектами нашего исследования являются гуминовые вещества, концентрация которых в водном растворе, согласно гипотезе, значительно увеличивается при электрогидравлической обработке торфо-водяной пульпы. ГК, входящие в состав торфа, в естественном состоянии малоактивны и практически полностью находятся в нерастворимой в воде форме. Физиологически активными являются лишь соли, образуемые ГК со щелочными металлами – натрием, калием (гуматы). Гуматы − это группа естественных высокомолекулярных веществ, которые благодаря особенностям строения и физико-химическим свойствам характеризуются высокой физиологической активностью [6, с.2].

Механизм действия гуминовых веществ заключается в стимулировании всех биохимических процессов в организме растения не только на начальном этапе прорастания семян и образования корневой системы, но и дальнейшего роста и развития растения. Они изменяют проницаемость клеточных мембран, повышают активность ферментов, содержание хлорофилла и продуктивность фотосинтеза. Как следствие, ускоряется деление клеток, а значит, происходит улучшение общего роста растения. В результате присутствия гуматов активно развивается корневая система, усиливается корневое питание растений, а также всасывание влаги. Увеличение биомассы растения и активизация обмена веществ ведёт к усилению фотосинтеза и накоплению растениями углеводов.

Спецификой гуминовых веществ является их вероятностный характер, обусловленный особенностями образования в результате естественного отбора устойчивых структур. Как следствие, к фундаментальным свойствам гуминовых веществ относятся нестехиометричность состава, нерегулярность строения, гетерогенность структурных элементов и полидисперсность. В связи с этим понятие молекулы для гуминовых веществ трансформируется в молекулярный ансамбль, поэтому к ним не применимы традиционные способы описания строения органических соединений, характеризующие количество атомов в молекуле, число и типы связей между ними [6, с.3]. Наряду с этим гуматы не токсичны, не канцерогенны и не обладают мутагенным действием, что в свою очередь создает предпосылки получения экологически чистой продукции.

Для определения биологической активности гуминовых препаратов в Российской Федерации разработан метод, закрепленный стандартом   
ГОСТ Р 54221-2010. Сущность метода заключается в определении увеличения всхожести сельскохозяйственных культур (семян огурцов), длины стеблей и корней, а также массы растений под действием гуминовых препаратов по сравнению с контрольным образцом. Увеличение указанных показателей отражает биологическую активность гуминовых препаратов.

В соответствии с рекомендациями Кашинской Т. Я., для наших исследований были взяты три образца торфа, подвергнутые электрогидравлической обработке, а также один образец с исходным торфом, которые мы смешали с дистиллированной водой в соотношении 1:25 и 4 часа прогревали при температуре 100 градусов. Затем полученные растворы были слиты с осадка и профильтрованы. Для определения массовой концентрации мы их взвесили с точностью до 0,01 грамма и выпарили воду, поместив чашки Петри на батарею отопления. Концентрация растворов четырех образцов составила от 0,14 до 0,16%. В связи с тем, что для данного метода стандартом определена концентрация гуминовых препаратов 0,01 или 0,005%, мы рассчитали вес растворов, в которые необходимо добавить по 10 мл дистиллированной воды с целью получения концентрации 0,005% (Приложение 2).

В чашки Петри поместили двойной слой фильтровальной бумаги, предварительно обработанный растворами четырех образцов в концентрации 0,005% в количестве по 10 мл, и высеяли по 7 семян огурцов сорта «Беларускі карнішон», обработанных слабым раствором перманганата калия в течение 30 минут. Параллельно был заложен контрольный образец, где вместо гуминового препарата использовалась дистиллированная вода.

Для проведения опыта была использована теплица комнатная школьная ТШК-1 «Флора» (фото 4). В нее мы поместили чашки Петри с семенами и выдерживали в течение трех суток при температуре около +30°С, а затем еще трое суток на свету при комнатной температуре. Опыт проводили с трех- и двукратной повторностью. Подсчет нормально проросших семян проводился дважды: через трое суток проращивания в комнатной теплице (фото 5) и на шестые сутки после проращивания на свету при комнатной температуре.

Фото 4

Наибольшую всхожесть семян обеспечили образцы ГК-3 и ГК-4, увеличение всхожести по сравнению с фоном произошло соответственно на 42,8 и 50%. Длина стеблей увеличилась более чем в 5 раз, а длина корней в 3 раза (Таблица 1). Результаты эксперимента говорят о высокой биологической активности гуминовых веществ, содержащихся во всех четырех исследуемых образцах верхового торфа.

Фото 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Показатели** | **Фон** | **ГП-1** | **Гп-2** | **ГП-3** | **ГП-4** |
| Всхожесть семян, % | 28,6 | 28,6 | 33,3 | 71,4 | 78,6 |
| Биологическая активность ГП по увеличению длины стеблей, мм | 12,8 | 30,5 | 33,3 | 71,4 | 78,6 |
| Биологическая активность ГП по увеличению длины корней, мм | 15,2 | 41,8 | 29,3 | 49,4 | 26,7 |

Таблица 1. Результаты вегетативного опыта с семенами огурцов

В связи с тем, что различия в действии среди четырех образцов растворов нам установить не удалось, ростостимулирующую активность ГК оценивали проведением вегетационного опыта, в котором в качестве тесткультуры использовалась кукуруза. Исследовалось действие ГК при концентрации 0,001% на растение в начальной стадии его развития. Для проведения опыта также была использована теплица ТШК-1 «Флора», в качестве сосудов применили стандартные стеклянные банки емкостью 0,5 литра и «двойные» капроновые крышки к ним. Изучив литературу о проведении вегетационных опытов с водной культурой, сосуды мы обернули черной пленкой для создания благоприятных условий развития корней, а затем-белой бумагой для предохранения сосудов от перегрева, так как в теплице ТШК-1 для освещения и обогрева применяется один источник-люминосцентные лампы общей мощностью 155 Вт [6] (фото 6).

Фото 6

Для того чтобы определить степень точности и достоверность результатов для каждого из пяти вариантов опыта, были взяты по два параллельных сосуда. Все десять сосудов были заполнены питательной смесью Прянишникова (Приложение 1) [8]. В капроновых крышках мы просверлили по семь отверстий диаметром 8 мм и столько же диаметром 3 мм. В большие отверстия мы поместили семена кукурузы, которые до этого прорастили во влажном песке в течениечетырех суток.

Проращивание семян и дальнейшее выращивание растений проводили по рекомендациям специалистов государственной инспекции по семеноводству, карантину и защите растений по Крупскому району. В соответствии с требованиями стандарта в ночное время поддерживалась температура +20, а днем − +28-30 градусов. Для этого ежедневно с 7 до 19 часов включались лампы теплицы, которые обеспечивали не только тепловой режим, но и дополнительное освещение растений (фото 7). С учетом концентрации гуминовых веществ рассчитано количество фильтрата, добавленного в сосуды в соответствии со схемой опыта (Приложение 2). В ходе опыта, продолжавшегося 14 суток, велись наблюдения за ростом растений и осуществлялся контроль уровня раствора в сосудах, в случае необходимости доливалась дистиллированная вода (фото 8, 9).

Фото 7

На заключительном этапе опыта мы измерили высоту растений, определили вес их стеблей и корней. Эти результатыи их математическая обработка представлены в таблице (Приложение 3,4,5).

Как видно из этих данных и построенных на их основе диаграмм, при выращивании проростков кукурузы на питательной смеси Прянишникова с добавлением растворов гуминовых кислот во всех сосудах получен прирост веса корней, который относительно варианта 1 (без добавления растворов) составил от 32 до 58% (Приложение 6). С учетом ошибки разницы между вариантами опыта прироствеса корней во всех трех вариантах с раствором из активированного торфа относительно варианта 2 с раствором из исходного (не активированного) торфа не может быть признан достоверным.

Фото 8

Анализ цифровых значений, диаграмм изменения высоты растений и веса их стеблей показал, что образцы, активированные в течение 7,5 и 10 минут, обеспечили увеличение высоты растений относительно варианта 1 (без добавления растворов) на 18,9 и 18,8% и прирост зеленой массы на 34,7 и 27,6%, а относительно варианта 2 − соответственно на 17,5 и 17,3% и 40,3 и 32,9% (Приложения 7,8).

Фото 9

# Заключение

Для достижения поставленной цели и получения достоверных результатов мы ознакомились с технологическим процессом на  
ООО «Туршовка» Крупского района, использовали материальную базу и помощь специалистов ООО «Электрогидравлика», расположенного в городе Речица Гомельской области. При работе с семенами сельскохозяйственных культур, приготовлении растворов из торфа и выборе методики проведения вегетационного опыта с кукурузой мы руководствовались рекомендациями специалистов государственной инспекции по семеноводству, карантину и защите растений по Крупскому району и указаниями Кашинской Т. Я., старшего научного сотрудника ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси», кандидата технических наук.

В результате исследований получены следующие результаты:

1. Для изучения возможностей электрогидравлической обработки была выбрана установка ЗЕВС–Профи, позволившая воздействовать на торфо-водяную пульпу в среднем режиме.
2. В сотрудничестве со специалистами ООО «Электрогидравлика» сконструирована, изготовлена и испытана рабочая камера для электроискровой обработки водных растворов, получены образцы активированного торфа при соотношении в них смеси вода-торф 3:1.
3. Биологическая активность образцов верхового торфа, подвергнутых электрогидравлической обработке, подтверждена увеличением всхожести семян огурцов до 50%. При этом длина стеблей увеличилась более чем в 5, а корней - в 3 раза. Увеличение высоты стеблей кукурузы относительно варианта с раствором из не активированного торфа составило 17,5% и прирост зеленой массы − 40,3%.
4. Добавление к питательной смеси Прянишникова растворов гуминовых кислот, полученных из не активированного и активированоого верхового торфа, привело к приросту веса корней кукурузы от 32 до 58 %. Однако достоверного прироста веса корней в вариантах с растворами из активированного торфа при использовании имеющегося учебного оборудования нам установить не удалось.
5. Приведенные выше результаты и приобретенный опыт позволили нам приступить к опытам с целью получения таких почвосмесей, в состав которых не входят минеральные удобрения, но их свойства не уступают продукции, выпускаемой ОАО «Туршовка». При этом мы рассчитываем на дальнейшее сотрудничество с институтом природопользования НАН Беларуси, в планах работы которого на 2017 год обозначена тема: «Создание теории и методов модификации торфа и сапропелей с целью повышения конкурентоспособных свойств конечной продукции».

**Список использованных источников**

1. Денисюк, Е. А. Особенности электрогидравлической обработки   
торфа / Е. А. Денисюк, Р. А. Митрофанов, И. А. Носова // Вестник НГИЭИ. Серия Технические науки. – 2013. – № 6.

2. Гаврильчик, А. П. Трансформация свойств торфа при антропогенном воздействии / А. П. Гаврильчик, Т. Я. Кашинская; под ред. И. И. Лиштвана. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 305 с.

3. Юткин, Л. А. Новое в электрофизической и электро-химической обработке материалов / Л. А. Юткин. Ленинград : Машиностроение, 1966.   
112 с.

4. Юткин, Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л. А. Юткин. − Ленинград : Машиностроение, Ленингр. отделение, 1986. − 253 с.

5. http://ej.kubagro.ru/2015/06/pdf/77.pdf

6. Журбицкий, З. И. Теория и практика вегетационного опыта / З. И. Журбицкий. − М : Наука, 1968. − 266 с.

7. helpiks.org – Хелпикс. Орг – 2014−2017.– Режим доступа: http://helpiks.org/7-73726.html . – Дата доступа: 14.12.2016

# Приложение 1

Расчет количества компонентов смеси

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование компонента, его химическая формула | Вес на 1 л раствора, гр. | Вес на 5 л раствора, гр. |
| Нитрат аммония (аммиачная селитра) NH4NO3 | 0,24 | 1,20 |
| Гидрофосфат кальция CaHPO4 | 0,172 | 0,88 |
| Хлорид железа 6-водный FeCl3\*6H2O | 0,025 | 0,13 |
| Сульфат кальция безводный CaSO4 | 0,272 | 1,36 |
| Сульфат магния Mg SO4 | 0,06 | 0,30 |
| Хлорид калияKCl | 0,16, | 0,80 |

# Приложение 2

Определение концентрации и количества растворов из образцов торфа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Измеренные и рассчитанные величины | Номера образцов | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Вес раствора после фильтрования, гр | 95,24 | 89,72 | 89,87 | 88,25 |
| Вес чистой чашки до заполнения ее раствором, гр. | 141,85 | 142,25 | 142,94 | 112,18 |
| Вес чашки после испарения раствора, гр. | 141,98 | 142,39 | 143,07 | 112,31 |
| Вес солей, находившихся в растворе, гр. | 0,13 | 0,14 | 0,13 | 0,13 |
| Массовая концентрация раствора, % | 0,14 | 0,16 | 0,14 | 0,15 |
| Количество раствора, необходимого для 7 растений на сосуд 500 гр. | 25,00 | 21,86 | 25,00 | 23,33 |
| Вес раствора, необходимого для добавления к 10 мл воды с целью получения концентрации 0,005%, гр. | 0,38 | 0,36 | 0,38 | 0,37 |

# Приложение 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Схема опыта | | Высота растений | | | | | | | | | | |
| Прирост высоты растений (относительно №1) | | | | | | | Прирост высоты растений(относительно №2) | | | |
| высота,  см | отклон. от средн ν, см | V2 | M | Md | %M | %Md | M | Md | %M | %Md |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Фон 1 (среда Пряничникова)  сосуд 1 | 26,4 | -3,25 | 10,56 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Сосуд 2 | 32,9 | 3,25 | 10,56 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | M (среднее арифм.) | 29,65 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | δ (основное откл.) | 4,59 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Квадр.ошибка,гр | 3,25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Квадр.ошибка, % от среднего | 10,96 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Фон 2 + ГК 1 (без актив.) сосуд 1 | 28,4 | -1,6 | 2,56 | 0,35 | 3,62 | 1,18 | 12,22 |  |  |  |  |
| 8 | Сосуд 2 | 31,6 | 1,6 | 2,56 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | M (среднее арифм.) | 30 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | δ | 2,26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | m | 1,6 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | %m от M | 5,33 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | Фон 3 + ГК2 (образец №1) сосуд 1 | 25,9 | -3,65 | 13,32 | -0,10 | 4,89 | -0,34 | 16,48 | -0,45 | 4,29 | -1,50 | 14,31 |
| 14 | Сосуд 2 | 33,2 | 3,65 | 13,32 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | M | 29,55 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | δ | 5,16 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | m | 3,65 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | %m от M | 12,35 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 | Фон 4 (образец №2) сосуд 1 | 34,6 | -0,65 | 0,42 | 5,60 | 3,31 | 18,89 | 11,18 | 5,25 | 1,73 | 17,50 | 5,77 |
| 20 | Сосуд 2 | 35,9 | 0,65 | 0,42 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 | M | 35,25 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | δ | 0,91 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 23 | m | 0,65 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 | %m от M | 1,84 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 | Фон 5 (образец №3)  сосуд 1 | 34,4 | -0,8 | 0,64 | 5,55 | 3,35 | 18,72 | 11,29 | 5,20 | 1,79 | 17,33 | 5,97 |
| 26 | Сосуд 2 | 36 | 0,8 | 0,64 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 27 | M | 35,2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 28 | δ | 1,13 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 29 | m | 0,8 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30 | %m от M | 2,27 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# Приложение 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Схема опыта | | Урожай зелёной массы | | | | | | | | | | |
| Прирост зелёной массы(относительно №1) | | | | | | | Прирост зелёной массы(относительно№2) | | | |
| урожай, гр | ν,гр | ν2 | M | Md | %M | %Md | M | Md | %M | %Md |
| 1 | 2 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 1 | Фон 1 (среда Пряничникова)  сосуд 1 | 6,4 | -1,75 | 3,06 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Сосуд 2 | 9,9 | 1,75 | 3,06 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | M (среднее арифм.) | 8,15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | δ (основное откл.) | 2,47 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Квадр.ошибка,гр | 1,75 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Квадр.ошибка, % от среднего | 21,47 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Фон 2 + ГК 1 (без актив.) сосуд 1 | 7,1 | -0,73 | 0,53 | -0,33 | 1,89 | -3,99 | 23,24 |  |  |  |  |
| 8 | Сосуд 2 | 8,55 | 0,73 | 0,53 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | M (среднее арифм.) | 7,82 | -0,33 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | δ | 1,02 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | m | 0,72 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | %m от M | 9,26 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | Фон 3 + ГК2 (образец №1) сосуд 1 | 7,95 | -0,52 | 0,28 | 0,32 | 1,83 | 3,99 | 22,42 | 0,65 | 1,15 | 8,31 | 14,72 |
| 14 | Сосуд 2 | 9 | 0,53 | 0,28 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | M | 8,47 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | δ | 0,74 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | m | 0,52 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | %m от M | 6,19 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 | Фон 4 (образец №2) сосуд 1 | 11,5 | 0,53 | 0,28 | 2,83 | 1,83 | 34,66 | 22,42 | 3,15 | 0,90 | 40,26 | 11,50 |
| 20 | Сосуд 2 | 10,45 | -0,53 | 0,28 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 | M | 10,97 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | δ | 0,74 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 23 | m | 0,52 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 | %m от M | 4,783 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 | Фон 5 (образец №3)  сосуд 1 | 9,85 | -0,55 | 0,30 | 2,25 | 1,83 | 27,61 | 22,51 | 2,58 | 0,91 | 32,91 | 11,63 |
| 26 | Сосуд 2 | 10,95 | 0,55 | 0,30 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 27 | M | 10,4 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 28 | δ | 0,777 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 29 | m | 0,55 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30 | %m от M | 5,288 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# Приложение 5

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | Вес корней | | | | | | | | | | |
| Прирост веса корней(относительно№1) | | | | | | | Прирост веса корней(относительно№2) | | | |
| вес,гр | ν | ν2 | M | Md | %M | %Md | M | Md | %M | %Md |
|  |  | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 1 | Фон 1 (среда Пряничникова)  сосуд 1 | 6,6 | -1,83 | 3,33 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Сосуд 2 | 10,25 | 1,83 | 3,33 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | M (среднее арифм.) | 8,425 | 10,2 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | δ (основное откл.) | 2,580 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Квадр.ошибка,гр | 1,825 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Квадр.ошибка, % от среднего | 21,66 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Фон 2 + ГК 1 (без актив.) сосуд 1 | 11,1 | -0,83 | 0,68 | 3,50 | 2,00 | 41,54 | 23,77 |  |  |  |  |
| 8 | Сосуд 2 | 12,75 | 0,82 | 0,68 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 9 | M (среднее арифм.) | 11,92 | 3,50 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 | δ | 1,166 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 11 | m | 0,825 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 12 | %m от M | 6,918 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 13 | Фон 3 + ГК2 (образец №1) сосуд 1 | 9,1 | -2,05 | 4,20 | 2,73 | 2,74 | 32,34 | 32,58 | -0,78 | 2,36 | -6,50 | 19,78 |
| 14 | Сосуд 2 | 13,2 | 2,05 | 4,20 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 15 | M | 11,15 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 16 | δ | 2,899 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 17 | m | 2,05 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 18 | %m от M | 18,38 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 19 | Фон 4 (образец №2) сосуд 1 | 13,05 | 0,96 | 0,91 | 3,67 | 2,06 | 43,56 | 24,45 | 0,17 | 1,51 | 1,43 | 12,64 |
| 20 | Сосуд 2 | 11,14 | -0,96 | 0,91 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 21 | M | 12,09 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 22 | δ | 1,350 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 23 | m | 0,955 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 24 | %m от M | 7,895 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 25 | Фон 5 (образец №3)  сосуд 1 | 13,7 | 0,38 | 0,14 | 4,90 | 1,86 | 58,16 | 22,11 | 1,40 | 1,23 | 11,74 | 10,28 |
| 26 | Сосуд 2 | 12,95 | -0,38 | 0,14 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 27 | M | 13,32 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 28 | δ | 0,530 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 29 | m | 0,375 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 30 | %m от M | 2,814 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# Приложение 6

# Приложение 7

# Приложение 8