

Министерство образования и молодежной политики Свердловской области
Управление образования города Нижний Тагил
МАУ ДО «Городская станция юных натуралистов»

Региональный этап Всероссийского конкурса «Юннат»
Направление: агрономия

**Влияние арбускулярной микоризы на состояние растений томатов сорта
«Жженый сахар» в условиях закрытого грунта учебно-опытного участка
Станции юных натуралистов**

Выполнила: Метелкина Алина Анатольевна,
Учащаяся 10 класса МОУ СОШ №75/42,
обучающаяся МАУ ДО ГорСЮН
Руководитель: Зиннатова Э.Р., к.б.н.,
педагог дополнительного образования МАУ ДО ГорСЮН;
Научный консультант: Косачева Л.П,
заведующая биологическим отделом МАУ ДО ГорСЮН

г. Нижний Тагил
2020

Содержание

Аннотация	3
Введение	4
Глава 1. Общая характеристика арбускулярной микоризы	5
1.1. Микориза.....	5
1.2. Этапы прорастания эндомикоризы.....	7
1.3. Роль микоризы в жизни растений.....	7
Глава 2. Общая характеристика томатов.....	12
Глава 3. Анализ арбускулярной микоризы на корнях сорго, влияние АМ инокулюма на состояние корневой системы, урожайность и качество плодов растений томатов сорта «Жженый сахар».....	14
2.1. Методика и схема опыта.....	14
2.2. Результаты исследования.....	15
Выводы.....	22
Список литературы.....	23
Приложения	24

Аннотация

Исследована степень развития арбускулярной микоризы и индекс микотрофности в корнях сорго с целью получения инокулюма. Рассмотрена возможность использования сорго в качестве растения-хозяина для получения АМ инокулюма. В условиях полевых опытов изучено влияние АМ инокулюма на урожайность растений томатов «Жженый сахар»

Введение

Многие садоводы любят выращивать рассаду своими руками. Каждому хочется получить богатый урожай, чтобы вложенные финансы, труд и время не были потрачены впустую. Для этого необходимо обеспечить растения питательными элементами – азотом, фосфором и калием. А микоризные грибы, могут помочь растениям поглощать их в большем количестве из почвы, особенно фосфор. Известно, что чем больше длина корня, тем большую площадь почвы он сможет охватить для питания. Гриб, связываясь с корнем растения, буквально врастает в него своими тонкими нитевидными гифами, становясь его частью (Кормилица микориза для..., 2019). Микориза – это распространенное явление для большинства наземных растений, очень много работ сосредоточено на физиологических и генетических исследованиях культурных и естественных экосистем.

Применение арбускулярной микоризы (АМ) – это один из перспективных приемов, способствующий оптимизации питания сельскохозяйственных растений и повышающий их устойчивость к стрессовым факторам. Влияние АМ на растения многогранно: оно проявляется в улучшении минерального, особенно фосфорного питания и увеличении их продуктивности, повышении интенсивности фотосинтеза и устойчивости растений к почвенным патогенам, тяжелым металлам, токсическим солям и бактериальным заболеваниям (Микроэлементы в окружающей..., 2009; Кормилица микориза для..., 2019). Несмотря на наличие биопрепаратов микоризы на рынке, было интересно самостоятельно получить данный биопрепарат и испытать его действие.

Исходя из выше сказанного **цель моей работы** – изучить влияние арбускулярной микоризы на состояние корневой системы, урожайность и качество плодов растений томатов сорта «Жженный сахар» в условиях закрытого грунта учебно-опытного участка Станции юных натуралистов.

В качестве **объекта** исследования я выбрала томаты сорта «Жженный сахар».

Предмет моего исследования – развитие корневой системы, качество плодов и урожайность томатов сорта «Жженный сахар».

Задачи исследования:

1. Используя литературные источники оценить значение арбускулярной микоризы для растений.
2. Получить АМ инокулюма на корнях сорго.
3. Провести микроскопический анализ развития арбускулярной микоризы на корнях сорго.
4. Оценить возможности использования арбускулярной микоризы в качестве биопрепарата для выращивания томатов сорта «Жженный сахар».

Гипотеза: мы предполагаем, что применение АМ при выращивании томатов сорта «Жженный сахар», может существенно повысить их урожайность.

Глава 1. Общая характеристика арбускулярной микоризы.

1.1. Микориза.

Термин «микориза» предложил еще в 1885 году ученый Альберт Бернхард Франк. О существовании этого явления стало известно еще четырьмя годами ранее. Что такое микориза, объяснил в 1881 году русский ученый Франц Михайлович Каменский. Именно он первый изучил и описал грибокорень.

Микориза – это симбиоз мицелия гриба с корнями высших растений.

Что дает растению союз с грибами:

1. Поглощение воды и минеральных веществ с большей площади.
2. Преобразование недоступных для растений соединений азота и фосфора в доступные.
3. Защита от паразитических грибов и бактериальных инфекций.
4. Защита от агрессивных условий среды.
5. Повышение конкурентоспособности в межвидовой борьбе.

Что получает гриб:

1. Продукты фотосинтеза от растения.

На данном рисунке представлены существующие типы микоризы:

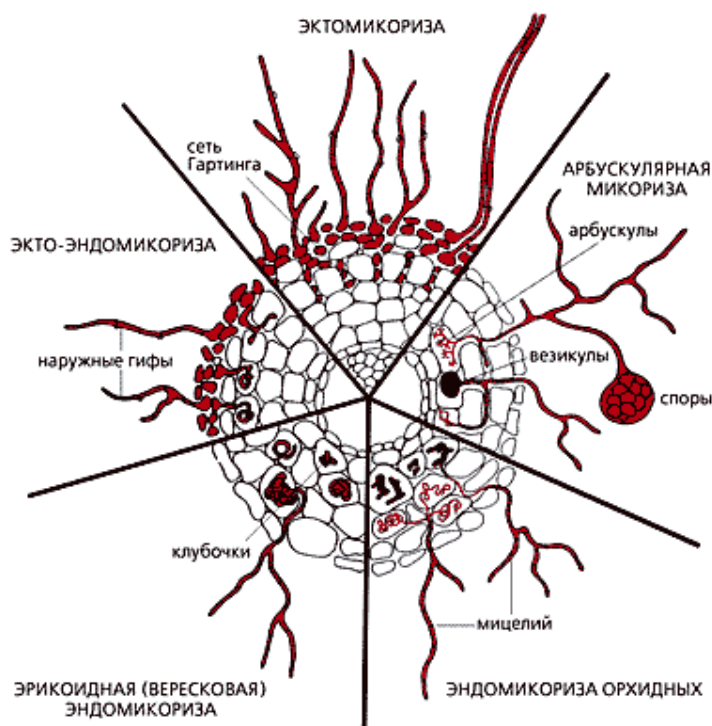


Рисунок 1. Виды микоризы.

Есть два основных типа микоризы: экто- и эндомикориза. В первом случае мицелий образует более или менее уплотненную грибную оболочку на поверхности корня. Ее защитные свойства зависят от вида симбиотического гриба, водоабсорбирующей способности оболочки,

образования пигментов и органических кислот. Грибница проникает между клетками коры корня, формируя так называемую сеть Гартига, которая является местом обмена компонентами между партнерами. Эктомикориза формируется несколькими тысячами видов грибов, более или менее специфичных к видам растений-хозяев (обычно деревьям субтропической зоны). Эти деревья являются облигатными симбионтами. Эндомикориза более разнообразна. Ее типичная особенность – возможность проникать не только в промежутки между клетками, но также и внутрь живых кортикальных клеток, соприкасаясь с плазматической мембраной растительной клетки. Этот тип симбиоза включает орхидную, эрикоидную и арбускулярную микоризу. В первых двух типах мицелий образует завитки в клетках коры. Но в арбускулярной микоризе образуются многократные ветвления мицелия, которые напоминают крону деревьев – так называемые арбускулы и есть везикулы – это шаровидные вздутия гиф, в которых гриб хранит запасные питательные вещества. (Микроэлементы в окружающей..., 2009).

Вклад арбускулярной микоризы в толерантность растений к токсическим элементам недостаточно изучен. Мехарг и Кэрней (1996) предложили три возможных варианта участия микоризных грибов в толерантности растений к потенциально токсичным элементам:

1. Усиление толерантности растений к токсичным элементам. В этом случае толерантность грибов не является обязательной характеристикой адаптации и выживания растений в условиях загрязненных почв. Толерантные грибы могут быть обнаружены и в не загрязненных почвах.
2. Только выполнение своих нормальных функций в ассоциации. В этом случае выгода для растения от симбиоза может включать поглощение фосфора и других необходимых элементов питания и защиту от воздействия биотических и абиотических стрессов. Способность растения произрастать на загрязненных почвах может быть значительно усилена, если имеется микориза.
3. Грибы усиливают толерантность растения к токсическим элементам. Эффективность защиты во многом зависит от совместимости между грибом и растением-хозяином.

Исследование микоризы и растений показало общие механизмы толерантности к потенциально токсичным элементам:

1. Связывание токсичных элементов с клеточной оболочкой.
2. Ограниченное поступление через плазматическую мембрану.
3. Активное выведение токсичных элементов.
4. Накопление токсичных элементов в вакуолях.
5. Связывание в клеточной оболочке и цитоплазме (Микроэлементы в окружающей..., 2009).

Таким образом, анализ литературных источников показал значение микоризного симбиоза для установления жизнеспособного растительного покрова на почвах с потенциально токсичными элементами. Отдельные механизмы микоризных грибов могут способствовать избеганию или снижению токсичности почв.

1.2. Этапы прорастания эндомикоризы

Вначале споры грибов формируют особые крепления к корневой системе растений в виде наростов (присосок), которые называются апрессориями. Постепенно из этих образований внутрь корня начинает проникать гифа (специальный отросток, идущий из грибницы). Гиф способен пробить внешний эпидермис, попадая, таким образом, во внутренние ткани корневой системы, где начинает ветвиться, формируя грибной мицелий. Далее гифы проникают в растительные клетки, где создают арбускулы в виде сложных разветвлений, в которых и производится интенсивный обмен питательными веществами.

Арбускулы могут существовать в течение нескольких суток, а затем растворяются, при этом взамен старых гифы начинают формировать новые арбускулы. Данный процесс запрограммирован, контролируется специальным набором генов, и представляет собой наследственную системную модель, отвечающую за воссоздание микориз.

Заражать спорами гриба-симбиота можно как посевной, посадочный материал, так и корневую систему уже вегетирующих растений.

Есть несколько очень важных моментов, которые нужно учесть на начальном этапе для того, чтобы микоризное партнерство состоялось.

1. Наличие влаги в прикорневой зоне;
2. Температура почвы не ниже 18 °С;
3. Наличие в почве растворимых фосфатов не более 8%;
4. рН почвы не ниже 5,3;
5. Защита грибного препарата или обработанных растений (посадочного материала) от активного ультрафиолетового излучения, т.к. ультрафиолетовые лучи губительно воздействуют на споры.

После того как гриб благодаря выделениям корневой системы активизируется и вступит в контакт с корневой системой он становится практически неуязвимым и единственным условием его развития является наличие активноразвивающейся корневой системы партнера.

Гифы гриба, проникая в мельчайшие частицы почвы, поставляют корню воду с растворенными в ней питательными веществами (Микориза – это интересно..., 2019).

1.3. Роль микоризы в жизни растений

Прикорневая (или же ризосферная) микрофлора сопоставима со специализированным магазином. Ризосфера – это земля, которая окружает корни растения в радиусе не более 3 мм.

Малое пространство и наличие узкоспециальных ферментов ограничивают возможности ризосферной микрофлоры. Грибы же, в отличие от нее, являются настоящими гигантами подземного мира. Основных причин этому две:

1. Грибы огромны, а их грибница (или, по-научному, гифы) способна распространяться на сотни метров в округе. Стоит внимания и то, что ее масса порой достигает нескольких тонн. Так, ученые выяснили, что протяженность микоризы в 1 кубическом сантиметре составляет не менее 20 метров, а порой достигает и 40 метров.

2. Грибы имеют внушительный ферментативный аппарат, вырабатывающий огромное множество особенных ферментов – белков, которые выполняют функции природных катализаторов. Грибные гифы гораздо тоньше, чем корневые волоски, поэтому они отлично проникают даже в самые микроскопические поры минералов, которые в том или ином объеме содержатся даже в малейшей песчинке. Грибница способна разрушить огромное множество веществ – от растительных остатков до гуминов из запаса питательных веществ. Гумус как раз составляют соли гуминовых кислот, то есть соединения с органической структурой с неорганическими элементами в составе (калием и фосфором) и с азотистыми соединениями.

Таким образом, гумус – это настоящая кладовая, в которой содержатся все необходимые для здорового роста растений вещества. Однако их корневой системе доступен только «подвижный гумус», который быстро растворяется и так же быстро разрушается и расходуется.

Его запасы истощаются практически моментально, ведь доступны они не только растениям, но и микроскопическим организмам. Как только «подвижный гумус» истощается, растения начинают голодать. Несмотря на то, что запасы гумуса в почве довольно обширны, растительные корни не способны его переварить, т.к. не имеют необходимых ферментов.

Гумус в земле имеется, но он не доступен корневой системе растений. Для его добычи необходимы микоризные грибы. Если их нет, то растению ничего не остается, кроме как голодать. Но если подобное случается в пустыне, где в округе нет ни одного человека, никто не поможет, и растение либо приспособится, либо погибнет.

Люди, как и в примере с пустыней, высаживают растения в горшки или переселяют их на грядки, клумбы и огороды, где те растут изолированно от грибов-симбионтов. В изоляции растения развиваются медленно, регулярно голодают и имеют довольно слабый, чахлый вид. Многие хозяева значительно усугубляют ситуацию, используя химические удобрения, считая, что существенно помогают растениям. Немного лучше на состояние садово-огородных культур влияет земляная вытяжка, либо настой коровняка. Но даже в этом случае растения не получают достаточной доли необходимых веществ.

Помочь в этой ситуации могут только лишь ризосферные микроорганизмы. Но предложить растениям они могут только азот. Удобрять растения таким способом, человек улучшает скорость их роста. Но такие культуры обычно не плодоносят. Азотистое питание довольно однобоко, ведь ризобии содержат малое количество калия и фосфора. И подобное будет происходить каждый раз, когда мы будем буквально заваливать почву удобрениями и перегноем, считая, что это сможет «досыта» накормить растения. Но в любом случае фосфор и калий останутся для них вне досягаемости.

Многие считают единственным выходом поход в магазин за удобрениями. Но растениям не нужны разработанные химическим путем в лабораториях фосфор и калий. Все, что им необходимо, есть в почве, но, по уверению ученых, попросту недоступно им.

Таким образом, мы плавно подошли к роли микоризы в жизни растений. Микориза – и возможности создающих ее грибов превосходят все удобрения, которые когда-либо ее создавали. Это действительно мощное средство, которое способно питать растения, способствовать их здоровому росту и развитию, а также обильному урожаю. Микориза обеспечивает растения необходимыми питательными веществами и нормализует их поступление в корни.

Но многие даже не слышали о микоризе. А если когда и слышали, то давно уже забыли. Ведь это слово нигде не звучит и не повторяется, а все, что не востребовано, мы привыкли забывать. Термин «микориза» используют лесоводы, продвинутые садо- и цветоводы. Ведь есть определенные виды растений, которым без микоризных грибов просто не выжить.

Научно доказано, что 98% растений из класса высших неспособны полноценно развиваться без симбиоза с микоризными грибами. Адаптационные способности помогают им выжить в неестественных условиях и приспособиться, но это не жизнь, а именно существование. Только отдельные виды способны сегодня жить без микоризы. К ним относятся растения из разряда капустных, амарантовых и маревых. Но до сих пор исследователи бьются над вопросом о том, зачем это нужно, ведь микориза значительно преумножает поглотительную способность корневой системы (Кормилица микориза для..., 2019; Микориза или о чем..., 2019).

Растения – живые организмы. Они чувствуют, что могут погибнуть, поэтому они стремятся как можно скорее выполнить заложенную в них природой программу продолжения рода, т.е. принести урожай любыми возможными способами, расходуя весь запас питательных веществ, который скопился в их организме.

Так, растение находится на грани гибели, а садоводы, которые сами и создали такие условия, искренне радуются урожаю. Они возвращают садово-огородным или домашним культурам прежние условия для существования, но, как показывает практика, те все равно гибнут через пару лет, потому как

отдали слишком много собственных запасов. Чтобы растения не умирали, необходимо своевременно им помогать.

Заядлые садоводы даже ввели такой термин, как «сорта-убийцы». Такие растения обычно не сбрасывают урожай, а стремятся вырастить его полностью. Это полностью их истощает, после чего они погибают. К таким относятся, например, высокоурожайные виды персиков.

Выше было сказано, что микоризу создают около 98% всех высших растений. Однако далеко не все грибы участвуют в этом процессе (образование микоризы), а лишь довольно небольшая их часть. Во многом это связано со способом, которым грибы питаются. Грибы так же, как и мы, не могут жить без углеводов. И если такие грибы, как вешенки и опята (то есть, дереворазрушающие виды), способны самостоятельно добывать себе углеводы, разлагая лигнин и целлюлозу, то остальные разновидности сделать это не в состоянии. В этом их природа, поэтому этих симбионтов и привлекает способность растений выделять сахара. Растения, выделяющие сахара в ризосферу, очень привлекательны для грибов.

Микоризообразующие грибы умеют реагировать на выделения сахаров в ризосферу. Обнаружив благоприятную среду, они подбираются к корню гифами и оплетают его, в частных случаях довольно глубоко проникая в корень. Смысл этого в том, чтобы создать как можно более тесное соприкосновение корня и гифа. Это позволит грибу получать все, что нужно для развития.

Влага для растений – это источник жизни. Только самый мощный природный «насос» способен накормить и напоить растение – это микориза и сеть грибниц. Микориза подает воду из самых глубинных слоев почвы и кормит корневую систему растений, доставляя все необходимые для нее вещества из толщи почвы и гумуса. Микориза – это продолжение корня. Она увеличивает питание растений в 15 раз. Так, доказано, что если бы не микоризные грибы, тропические леса не устояли бы перед климатическими стрессами.

Кроме воды, растение при помощи микоризы получает витамины, ферменты, минералы, гормоны и биостимуляторы, в том числе и фосфор и калий. Все эти элементы влияют на плодоношение. Поэтому, не получая подобного питания, растение просто перестает приносить плоды и даже просто закладывает цветковые почки. Химическими удобрениями накормить растения невозможно, и лучше грибов этого не сделает никто.

Микоризные грибы обладают еще одним уникальным качеством – способностью образовывать коммуникационные сети. Переплетаясь под землей, гифы создают микоризу с несколькими растениями одновременно. Таким образом, они становятся своеобразным мостом, проводником между ними и путем для обмена питательными веществами.

Благодаря этому растения могут, даже находясь на расстоянии, кормить друг друга, что особенно актуально для сосуществования молодых и взрослых деревьев, а также их разных видов. Это заметно по тому, как

растения-сеянцы, выросшие от самосева, развиваются: делают они это гораздо быстрее, чем изолированные саженцы. Ведь микориза — это, своего рода, «грибная пуповина», которая соединяет материнское растение с сеянцем и обеспечивает их связь. Гифы создают единый организм, состоящий из неисчислимого количества нитей.

Микориза способна выделять огромное множество антибиотиков в ризосферу и окружающую среду вообще. Таким образом, она уничтожает вредоносные организмы и создает защитный барьер вокруг растений, оздоравливая его и препятствуя возникновению бактериальных и грибковых заболеваний (Микориза или о чем..., 2019).

В результате анализа литературных данных можно делать следующие **выводы:**

1. За счет выходящих из корней гиф гриба всасывающая поверхность, соответственно и площадь питания корня, увеличивается в 10-50 раз.

2. Кроме фосфора, гриб переводит другие нерастворимые и труднорастворимые питательные элементы в доступную для растения форму.

3. Вместе с питательными элементами из почвы растения используют также биологически активные вещества, продуцируемые грибом. Значительно увеличивается концентрация фитогормонов, что приводит к активизации роста растений.

4. Микоризированные корни обладают устойчивостью к воздействию почвенных патогенов.

5. Микоризация способствует созданию дополнительных микоризных сообществ с клубеньковыми и другими почвенными бактериями, другими грибами-симбионтами и другими, растущими в зоне действия системы, растениями. Эта система получила название «единая микоризная сеть». Единая микоризная сеть распределяет углерод внутри экосистемы, осуществляет питание и перераспределение азота, фосфора и воды между растениями-партнерами, усиливает транспирацию и повышает резистентность к засухе

6. Микоризированные растения становятся более устойчивыми к засухе, т.к. грибы адаптированы к более низким значениям свободной влаги в среде, чем растения и за счет развитой грибницы способны извлекать влагу из более глубоких слоев почвы, а также из микрочастиц, в которые корневая система не способна сама проникнуть.

7. Микоризированные растения более устойчивы к повышенному уровню тяжелых металлов в почве, поэтому микоризация показывает очень хорошие результаты на загрязненных территориях.

8. АМ-грибы улучшают агрегатное состояние почвы.

Глава 2. Общая характеристика томатов

Томат, или помидор (лат. *Solanum lycopersicum*) – однолетнее или многолетнее травянистое растение, вид рода Паслён (*Solanum*) семейства Паслёновые (*Solanaceae*). Возделывается как овощная культура.

Томат имеет сильно развитую корневую систему стержневого типа. Корни разветвлённые, растут и формируются быстро. Уходят в землю на большую глубину (при безрассадной культуре до 1 м и более), распространяясь в диаметре на 1,5 – 2,5 м. При наличии влаги и питания дополнительные корни могут образовываться на любой части стебля, поэтому томат можно размножать не только семенами, но также черенками и боковыми побегами (пасынками). Поставленные в воду, они через несколько суток образуют корни.

Стебель у томата прямостоячий или лежащий, ветвящийся, высотой от 30 см до 2 м и более. Листья непарноперистые, рассечённые на крупные доли, иногда картофельного типа. Цветки мелкие, невзрачные, жёлтые различных оттенков, собраны в кисть. Томат – факультативный самоопылитель: в одном цветке имеются мужские и женские органы.

Плоды – сочные многогнёздные ягоды различной формы (от плоско-округлой до цилиндрической; могут быть мелкими (масса до 50 г), средними (51–100 г) и крупными (свыше 100 г, иногда до 800 г и более). Окраска плодов от бледно-розовой до ярко-красной и малиновой, от белой, светло-зелёной, светло-жёлтой до золотисто-жёлтой (<https://ru.wikipedia.org>; Кизима, 2007).

Томаты требовательны к освещенности, теплу, умеренной влажности почвы и сухому воздуху.

Томатам нужны: умеренно плодородная почва (агронорма N+P+K=58), рыхлая, воздухо- и влагопроницаемая, с нейтральной или слабокислой реакцией (рН 5-6), солнце. Однако они могут расти при пониженной освещенности, например, в облачную погоду или пасмурную погоду. Томаты любят сухой воздух, сквозняк, равномерный и при этом умеренный полив, тепло (от 18 до 28 °С). Но они легко переносят кратковременные снижения температуры до 1-12 °С и даже не большие заморозки до 12 °С, а в теплицах и парниках на утепленном грунте при дополнительном двойном укрытии томаты переносят утренние весенние заморозки до -6 °С.

Томаты фосфоролюбы (соотношение между азотом, фосфором и калием у них 36:19:45). Для нормального роста и развития им требуются повышенные дозы фосфора и дополнительно калий, а вот азот им следует давать умеренно (Кизима, 2007).

В качестве объекта исследования нами был выбран сорт томатов «Жженный сахар». Это сорт с ранними сроками вызревания урожая, предназначенный для культивирования под пленочным укрытием. Высадка на незащищенный грунт возможна.

Преимущества выбранного сорта:

- средний размер помидоров (до 180 гр.)
- они пригодны для цельноплодной консервации;
- необычный коричневый цвет кожицы;
- плоды подходят для употребления в свежем виде и для всех видов переработки;
- хорошая всхожесть семенного материала;
- отличные вкусовые качества;
- длительная сохранность собранного урожая, легкая перевозка на большие расстояния.

Глава 3. Анализ арбускулярной микоризы на корнях сорго, влияние АМ инокулюма на состояние корневой системы, урожайность и качество плодов растений томатов сорта «Жженный сахар».

2.1. Методика и схема опыта.

Исследование развития структур микоризы в корнях сорго.

В качестве субстрата для выращивания растений сорго мы использовали универсальный грунт. Растения сорго выращивали в глиняных горшках объемом 6 литров.

Опыт проведен в 8-кратной повторности и длился в течение 3,5 месяцев.

Анализ развития арбускулярной микоризы состоит из трёх этапов: мацерирование, окрашивание и микроскопия.

Для мацерирования (размягчения) с каждого образца я отбирала корешки, помещала в биопсийные кассеты кипятила на водяной бане 5–6 минут в 15% КОН. После мацерации в течение 15 минут кассеты промывала проточной водой для удаления щёлочи (Phillips, Nauman, 1970).

Для окрашивания корней кассеты на сутки помещали в смесь, содержащую краситель анилиновый синий. В результате окрашивания грибные компоненты приобретают интенсивно синий цвет, в то время как ткани корня остаются неокрашенными, что позволяет провести количественную оценку развития микоризы.

Для изготовления давленных препаратов и микроскопирования корешки из каждой кассеты разрезали на сегменты длиной 1 см и укладывают в ряд на предметное стекло, смазанное глицерином. Подготовленные препараты просматривали под микроскопом Микромед – 3 (x160), фотографии делали с помощью цифровой камеры Levenhuk D2L 0,3 Мпикс.

В каждом поле зрения мы оценивали наличие или отсутствие в поле зрения грибных компонентов (гифы, везикулы, арбускулы), оценивали степень занятости тканей корня грибными компонентами. Для этого использовали глазомерную шкалу, предложенную И.А. Селивановым (Селиванов, 1981). На основании выставленных баллов по шкале Селиванова мы рассчитывали индекс микотрофности. Эта балльная величина, которая характеризует обилие микоризных грибов в корне растения (приложение 1).

Получение биопрепарата АМ.

После завершения развития структур АМ и достижения высокой частоты встречаемости в корнях сорго у растений срезали наземную часть, корни очищали от земли, промывали. Затем высушенные корни измельчали в кофемолке. Таким образом, мы получили биопрепарат.

Получение рассады томатов.

На рассаду семена высеяли 11 марта в марте на глубину 2-3 см. Пикировку произвели в фазе 1-2 настоящих листьев. В конце мая рассаду из маленьких контейнеров пересадили в ведра объемом 10 л. Пять ведер с

растениями были контрольным вариантом остальные пять – опытным вариантом. В теплицу рассаду перенесли в июне, после окончания весенних заморозков. На всем протяжении опыта своевременно убирались пасынки и нижние листья. Вершкование произвели после образования 3-х кистей.

Подкормка томатов микоризой.

Подкормку микоризой производили уже высаженных растений. В объеме 2 чайные ложки на саженец АМ разводили в воде, делали углубления в почве вблизи корня, вносили в углубления препарат и засыпали почвой.

Оценка растений томатов.

Оценивался внешний вид растения, высота растения, количество завязей, наличие заболеваний. У плодов оценивался внешний вид, наличие загнивших или пораженных болезнями плодов, вес. У корневой системы растений оценивали длину и вес.

2.2. Результаты исследования.

С каждого растения было проанализировано от 30 до 60 полей зрения. В работе приведены фотографии, полученные цифровой видеокамерой.

В лабораторных опытах детально изучили этапы развития структур АМ в корнях сорго. Анализ результатов исследований свидетельствует о том, что в корнях молодых растений сорго (четвертая неделя культивирования) не выявлено развития структур АМ. Мицелий обнаружен в корнях сорго только после шести недель культивирования растений. Частота встречаемости АМ в корнях в это время составляла 1,1 (табл. 1).

Таблица 1.

Индекс микотрофности (D) корнях сорго в условиях вегетационных опытов

Срок культивирования	Развитие структур	D
четвертая неделя	не выявлено	-
шестая неделя	молодой мицелий	1,1
девятая неделя	развитый мицелий, арбускулы, молодые везикулы	2,3
двенадцатая неделя	хорошо развитый мицелий, арбускулы, везикулы	2,5
шестнадцатая неделя	хорошо развитый мицелий, арбускулы, везикулы	2,8

В конце девятой недели культивирования растений в клетках корней сорго выявлены развитые мицелий, арбускулы и молодые везикулы, индекс микотрофности в клетках корня составляет 2,3 (рис. 2).

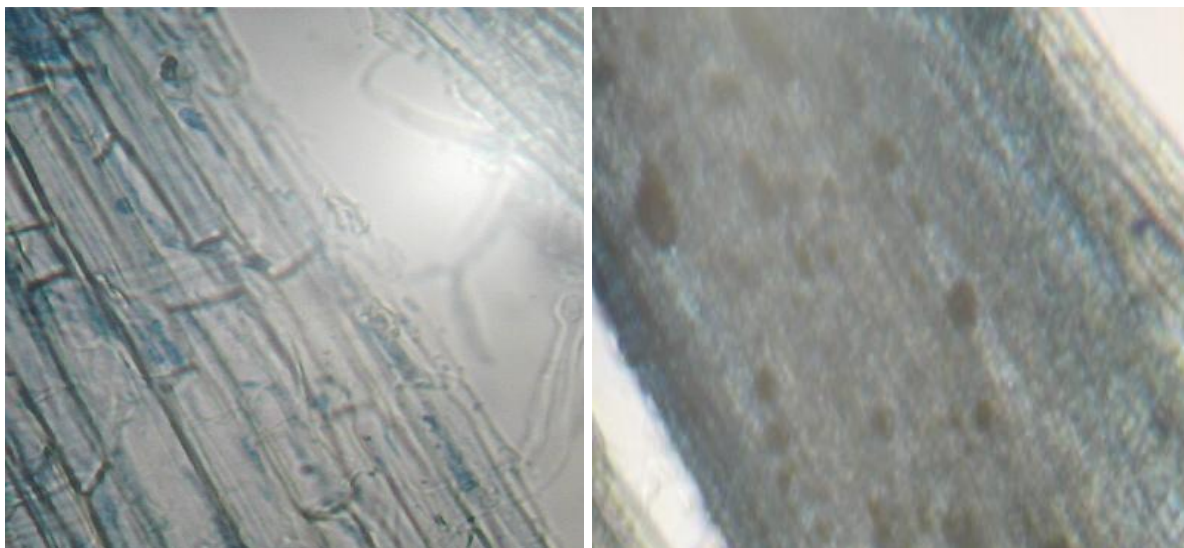


Рисунок 1. Развитие АМ корнях сорго: начало образования везикул.

По истечению двенадцатой недели выращивания сорго насыщенность структур АМ в корнях достигает 2,5, на шестнадцатую неделю – 2,8. В корнях обнаружены хорошо развитые мицелий, арбускулы и сформированные везикулы (рис. 3).

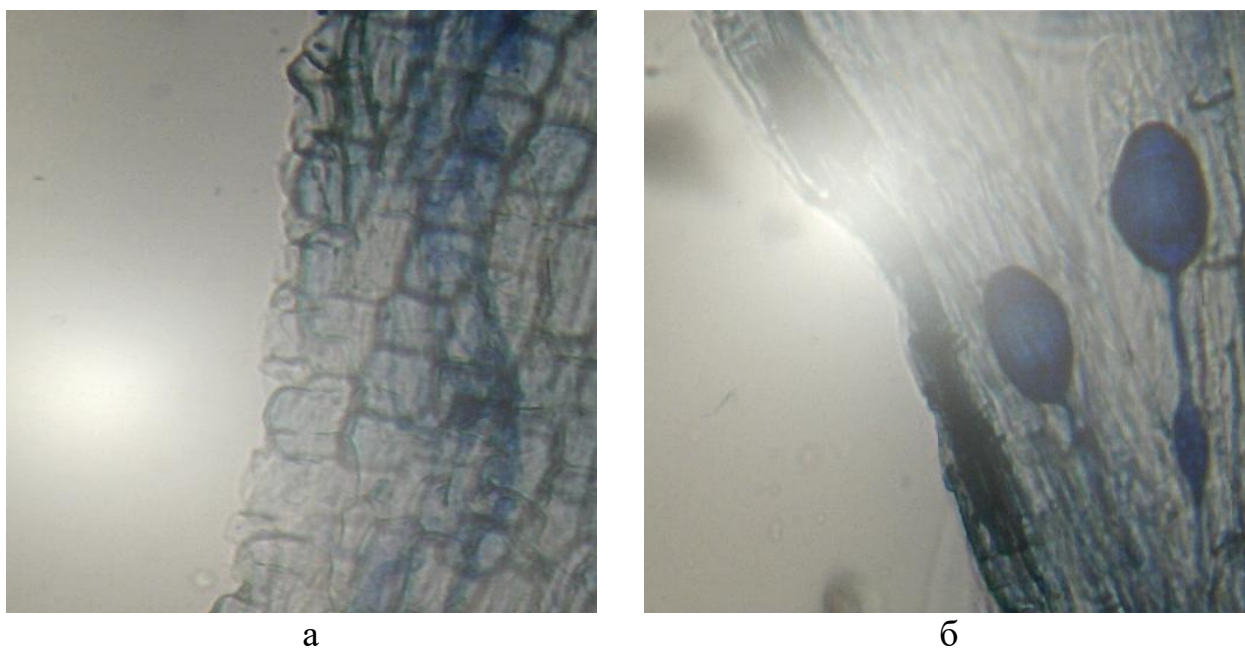


Рисунок 3. Развитие АМ в корнях сорго: арбускулы (а), везикулы (б).

Внесение полученного нами биопрепарата АМ показали следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2.

Длина надземной части растений томатов и количество завязей (на 8.07.19).

Растение	Длина надземной части, см.	Количество завязей	Примечание
Контроль			
1	104	-	наличие на нижних листьях пятен оливкового цвета
2	104	4	
3	95	10	
4	86	4	наличие на нижних листьях пятен оливкового цвета
5	106	4	
Опыт			
1	104	13	1 плод
2	112	15	2 плода
3	112	13	2 плода
4	106	11	2 плода
5	98	6	1 плод

Из таблицы видно, что размер надземной части опытных растений на 8% выше, чем у контрольных. Количество завязей у опытных вариантов в разы превышает контрольные, кроме того у опытных растений имеются плоды (рис. 4).



Рисунок 4. Завязи и плоды на растениях опытной группы.

Желто-зеленые пятна у растений контрольной группы индифицировали как признак заболевания кладоспориоз (рис. 5).

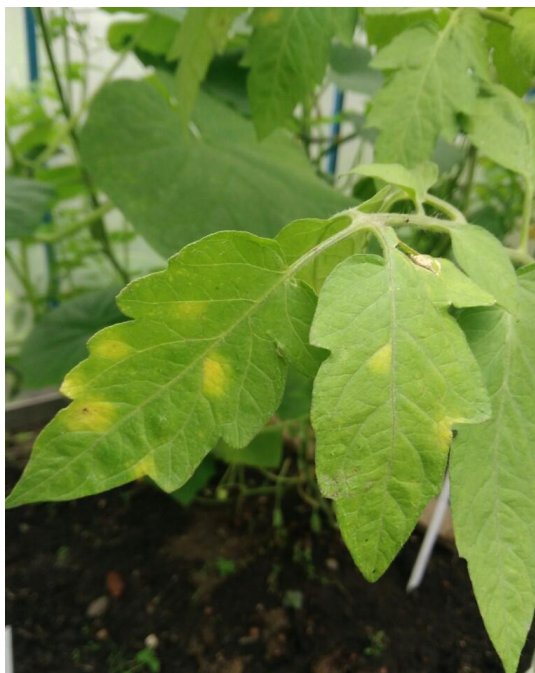


Рисунок 5. Поражение нижних листьев растений контрольной группы кладоспориозом.

Пораженные заболеванием листья были удалены.

Отсутствие таковых пятен у опытных растений томатов говорит об их большей сопротивляемости заболеванию.

Из таблицы 3 видно, что на 29 июля у контрольных растений появились плоды, размер надземной части увеличился, но все равно ниже, чем у контрольных (табл. 3).

Таблица 3.

Длина надземной части растений томатов, количество завязей и плодов.

Растение	Длина надземной части, см.	Количество завязей	Примечание
Контроль			
1			растение погибло
2	110	9	3 плода
3	104	13	8 плодов
4	108	10	2 плода, наличие на нижних листьях пятен оливкового цвета
5	112	3	4 плода, наличие на нижних листьях пятен оливкового цвета

Опыт			
1	108	18	4 плода
2	116	16	4 плода
3	122	13	6 плодов
4	110	6	8 плодов
5	100	6	4 плода наличие на нижних листьях пятен оливкового цвета

Одно растение контрольной группы погибло, два растения контрольной группы и одно растение опытной группы поражены кладоспориозом.

Погибшее растение и пораженные заболеванием листья были удалены.

Оценка корневой системы показало следующее (табл. 4).

Таблица 4.

Длина и вес корневой системы растений томатов.

Растение	Длина корневой системы, см.	Вес корневой системы, гр.
Контроль		
1	-	-
2	32	13,3
3	30	3,2
4	45	12
5	30	10
Опыт		
1	40	30,5
2	45	21
3	40	12
4	38	17
5	42	26,3

Ниже приведен ряд фотографий, наглядно показывающий разницу в размерах и весе корневой системы томатов сорта «Женный сахар» (рис. 6).



Рисунок 6. Длина и вес корневой системы растений томатов: а) контроль; б) опыт.

По внешнему виду плоды растений обеих групп целые, чистые, здоровые, плотные, без видимых дефектов и признаков заболеваний. Из-за неблагоприятных погодных условий (температурный фактор) и из-за боязни заражения плодов той же фитофторой помидоры мы сняли зеленого цвета, несколько плодов растений опытной группы имели желтоватый цвет.

Средний вес плодов растений опытного варианта на 72% превышает средний вес плодов растений контрольной группы (табл. 5).

Таблица 5.

Средний вес плодов растений томатов сорта «Жженый сахар».

Растение	Средний вес плодов, гр.
Контроль	
1	-
2	83,7
3	52,0
4	56,2
5	79,3
Опыт	
1	105
2	102
3	141
4	125,2
5	118

На рисунке 7 – взвешивание плодов растений томатов сорта «Жженый сахар».



а)



б)

Рисунок 7. Масса плодов растений томатов: а) контроль; б) опыт.

Результаты наших исследований подтверждаются работами других авторов (Курсакова, Золотухина, 2018; Чайковская, 2015).

Проделанная работа позволила сделать нам следующие **выводы**:

1. Анализ литературных источников показал значение микоризного симбиоза для повышения жизнеспособности растений, активизации их роста и повышения устойчивости к воздействию патогенов различной природы.

2. Микроскопический анализ показал наибольшее развитие арбускулярной микоризы в корнях сорго после шестнадцати недель – выявлены хорошо развитые структуры АМ: мицелий, арбускулы и везикулы. Полученные результаты говорят о возможности применения сорго в качестве растения-хозяина с целью получения АМ инокулюма.

3. Использование полученного биопрепарата в условиях полевых опытов показало, что микоризация растений томатов «Жжженный сахар» стимулирует развитие корневой системы и увеличивает ее поглощающую способность, позволяет повысить урожайную продуктивность и устойчивость растений к грибковым заболеваниям при выращивании в условиях закрытого грунта учебно-опытного участка Станции юных натуралистов.

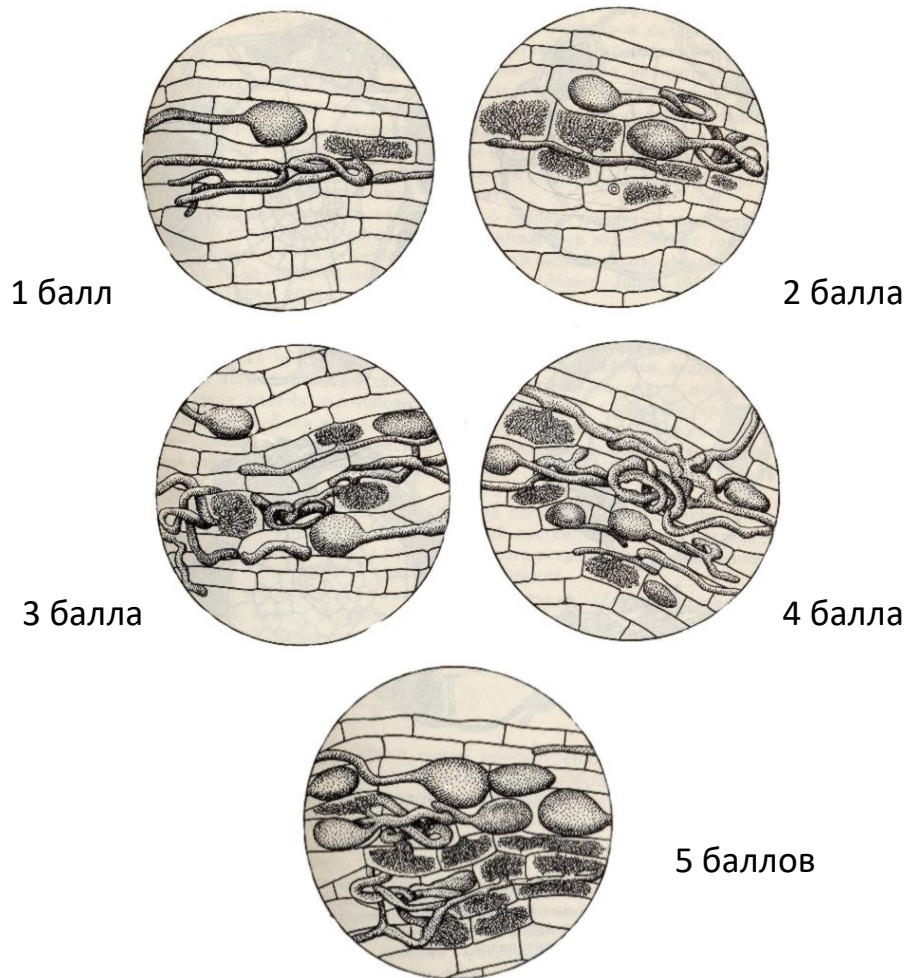
Задачей практической части нашей последующей работы является количественная оценка фосфора в почве растений с микоризой относительно контроля – без микоризы.

Список литературы.

1. Кизима Г.А. Самая полная энциклопедия умного огородника. М.: АСТ, СПб.: Сова, 2007. 478 с.
2. Кормилица микориза для корней – польза для рассады // Газета «Моя грядка изобилия», № 3, 2019. С. 9–10.
3. Курсакова В.С., Золотухина Ю.А. Изучение влияния препаратов корневых diaзотрофов и микоризы на урожайность и качество картофеля в степной зоне Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета, № 11 (169), 2018. С. 14–18.
4. Микология сегодня / под ред. Ю.Т. Дьяков, Ю.В. Сергеева. Том 1. М.: Национальная академия микологии, 2007. 376 с.
5. Микориза – это интересно и перспективно [Электронный ресурс] <https://www.agronom.co.ua/mikoriza-eto-interesno-i-perspektivno/> (Дата обращения: 05.04.2019).
6. Микориза или о чем замалчивают ученые [Электронный ресурс] <https://ps-market.ru/stati/udobreniya-grunty-preparaty-dlya-sada/mikoriza-ili-o-chem-zamalchivayut-uchenye/> (Дата обращения: 05.04.2019).
7. Микроэлементы в окружающей среде: биогеохимия, биотехнология и биоремедиация / под. ред. М.Н.В. Прасада, К.С. Саджвана, Р. Найду. Перевод с англ. К.б.н. Д.И. Башмаков и д.б.н. А.С. Лукаткин. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 816 с.
8. Селиванов И.А. Микосимбиотрофизм как форма консортивных связей в растительном покрове Советского Союза. М.: Наука, 1981. 231 с.
9. Чайковская Л.А. Развитие арбускулярной микоризы (GLOMUS FASCICULATUM) в корнях сорго (SORGHUM SUDANENSE) // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XXVI междунар. науч.-практ. конф. № 1(25). Новосибирск: СИБАК, 2015. С. 133–138.
10. Phillips J.M., Hayman D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment if infection // Trans. Br. mycol. Soc., 1970, V. 55, №1. P. 158–161.

Приложение 1.

Глазомерная шкала оценки развития микоризы (по Селиванову, 1981).



5 баллов – все ткани корня заняты грибами в виде гиф, везикул, арбускул;

4 балла – грибы занимают не менее $\frac{3}{4}$ количества клеток тканей корня;

3 балла – доля корня, занятого грибами, составляет не менее $\frac{1}{2}$ от общего объёма;

2 балла – примерно $\frac{1}{4}$ пространства тканей корня заполнено микоризными грибами;

1 балл – грибы встречается в отдельных клетках;

0 баллов – грибов в тканях корня не обнаружено.

На основании выставленных оценок рассчитывают индекс микотрофности (D). Эта балльная величина, которая характеризует обилие микоризных грибов в корне растения. Математически представляет собой отношение суммы баллов (S), выставленных за каждое просмотренное поле зрения, ко всему числу просмотренных полей зрения (N): $D = \frac{S}{N}$.