



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЮУрГГПУ»)

ФАКУЛЬТЕТ ЕСТЕСТВЕННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
КАФЕДРА ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ И ФИЗИОЛОГИИ

**Влияние микроэлементов на рост и урожайность  
свеклы кормовой**

Выпускная квалификационная работа  
по направлению 44.03.05 Педагогическое образование  
Направленность программы бакалавриата  
«Биология. Безопасность жизнедеятельности»

Проверка на объем заимствований:

64,8 % авторского текста

Работа ~~рекомендована~~ к защите  
рекомендована/не рекомендована

« 26 » мая 2017 г.

И.о. зав. кафедрой Общей биологии  
и физиологии

(название кафедры)

Байгужин П.А.

Выполнила:

Студентка группы ОФ-501/066-5-1

Ярушина Татьяна Валерьевна

Татьяна Ярушина  
Научный руководитель:

к.б.н., доцент

Ирина Третьякова  
Третьякова Ирина Анатольевна

Челябинск

2017



## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЭЛЕМЕНТЫ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССАХ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ.....	5
1.1 Макроэлементы в жизни растений.....	5
Азот. Характеристика элемента, значение в жизни растений.....	6
Фосфор. Характеристика элемента, значение в жизни растений.....	9
Калий. Характеристика элемента, значение в жизни растений.....	13
1.2 Микроэлементы в жизни растений.....	15
Медь. Характеристика элемента, значение в жизни растений.....	19
Марганец. Характеристика элемента, значение в жизни растений...	24
Цинк. Характеристика элемента, значение в жизни растений.....	27
ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ СВЕКЛЫ КОРМОВОЙ.....	30
2.1 Объект исследования.....	30
2.2 Схема опыта.....	34
2.3 Методы исследования.....	34
2.4 Результаты экспериментальной работы ...	35
ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕРИАЛА В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	43
ВЫВОДЫ.....	45
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	46
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	49

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие растительного организма невозможно представить без питания, именно оно является ведущим фактором поддержания жизненных процессов на Земле. Питание растений – это процесс обмена веществ между окружающей средой и растительным организмом, а для полноценного питания, растениям необходимы макро- и микро- элементы. Профилактические дозы биологически активных элементов, вносимых независимо от состава почвы, не влияют на общее содержание микро- и макро- элементов в почве, но оказывают благоприятное воздействие на состояние растений. Актуальность выбранной темы исследования обусловлена тем, что главной целью современного земледелия является развитие и внедрение методов и средств, направленных на улучшение продуктивности сельскохозяйственных культур.

Макроэлементы, используемые организмами в больших количествах начиная с сотых долей процентов и заканчивая десятками процентов, жизненно необходимы организмам, участвуют в построении органических и неорганических соединений. Растения получают макроэлементы из окружающей среды, главным образом из почвы.

Микроэлементы – необходимы организмам для поддержания жизненных процессов, используемые в микро количествах, в тысячных и меньших долях процента, в сравнение с основными питательными компонентами, но при этом их биологическая значимость очень велика, что само по себе вызывает интерес к изучению именно этих элементов. Потребность растений в микроэлементах связана с их присутствием в составе множества ферментов, с помощью которых происходит активация жизнеобеспечивающих биологических процессов в организмах [21].

### **Цель исследования.**

Цель работы состояла в определении влияния микроэлементов на рост и урожайность свеклы.

Для реализации поставленной цели, было необходимо решить следующие **задачи исследования:**

1. Выявить влияние микроэлементов, в том числе сульфата марганца, сульфата цинка, сульфата меди, на процессы роста свёклы столовой.
2. Определить влияние микроэлементов на биометрические показатели.
3. Провести анализ урожайности столовой свеклы обработанной микроэлементами по сравнению с контролем

*Объект исследования:* свекла столовая сорта.

*Предмет исследования:* влияние микроэлементов на рост и урожайность свеклы.

*Гипотеза исследования:* предпосевная обработка семян микроэлементами, способствует устойчивости семян к заболеваниям, что важно на начальных этапах развития. Внесение подкормки, в виде микроэлементов, способствует ускорению процессов роста, так как микроэлементы входят в состав множества ферментов, что способствует улучшению качества продукта и увеличению урожайности.

*Практическая значимость.* Места выращивания культурных растений, зачастую непригодны для развития полноценного продукта питания, часто на отведённых участках земли высаживается в два, в три раза больше растений, чем полагается. При уборке урожая, значимая доля микроэлементов выносится из почвы, по этому, внесение микроэлементов является необходимым мероприятием, для каждого садовода [16]. Изучение влияния разных микроэлементов на растения, даёт возможность наглядно определить значимость этих элементов в питании организмов. Такое исследование можно проводить на уроках биологии, чтобы наглядно показать необходимость достаточного поступления микроэлементов в организм для нормального его развития [9].

# ГЛАВА 1. ЭЛЕМЕНТЫ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПРОЦЕССАХ РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ

## 1.1. Макроэлементы в жизни растений

«Жизнь – есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой» - именно такое определение жизни дал Ф.Энгельс [10]. Жизнь на нашей планете неспроста называют белковой, так как неизвестно ни одного живого организма существующего без группы белков. Сами белки состоят из аминокислот, именно в их состав входит большинство макроэлементов. Тогда получается, что жизнь на Земле невозможна без макроэлементов [26].

В окружающей среде эти элементы представлены соединениями, поэтому растениям они не труднодоступными, но содержание этих элементов особенно в плодородном слое земли не всегда находится в нужном количестве для растений. Макроэлементы важны для всех организмов, но в растениях они принимают участие в постройке соединений как органических, так и неорганических. В клетках находятся в виде заряженных частиц – ионов, а так же наибольшая масса сухого вещества клеток и растения в целом, приходится на долю макроэлементам [27].

В различных подкормках, как искусственных, так и натуральных, макроэлементы в чистом виде и виде соединений, играют роль действующих веществ для разных минеральных удобрений и применяются для того, чтоб улучшить состояние почвы в ходе предпосевных работ [3]. Во многих источниках, ученые эволюционисты указывают на незаменимость макроэлементов в условиях зарождения жизни, обусловлена эта необходимость условиями окружающей среды. При зарождении жизни на Земле острова суши были в виде твёрдых пород, атмосфера была богата углекислым газом, особенно метаном и водяным паром, дожди по своему составу резко отличались от дождей нашего времени, осадки содержали в себе большое количество кислот и макроэлементов. Полагается, что на основе макроэлементов, впервые, сформировались органические вещества, и зародилась жизнь, начиная с

самых примитивных форм [28]. Примерно 3,7 миллиардов лет назад зародились первые формы жизни. Однако жизнь на Земле до сих пор поддерживается благодаря обновлению внутренних запасов макроэлементов – магния, азота, серы и других не менее значимых элементов, так как эти элементы являются началом зарождения жизни и до сих пор образуют и поддерживают физическую структуру биологических форм [16].

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур, становится возможным при полноценном и регулярном питании. Растения жизненно необходимы – вода, благоприятные температуры и, конечно же свет, а ещё питательные вещества. Растительный организм состоит из множества химических элементов, существует 16 жизненно необходимых – органических веществ (водород, кислород, углерод, азот), зольные элементы (калий, кальций, магний, фосфор, сера), а так же марганец и железо. В растениях каждый элемент имеет свои функции и поэтому, возможности заменить один элемент другим не имеется [5].

Поступление кислорода, водорода и углерода происходит из атмосферы, эти элементы составляют 94% сухого вещества. Поглощение большей части углерода из воздуха происходит при помощи листьев, но так же поглощается корнями из грунта в виде углекислого газа. При поливе или с помощью осадков, с водой растения получают водород, который необходим для синтеза органических веществ. Следующими наиболее значимыми для растений элементами являются азот, фосфор и калий, нехватка этих элементов пагубна для растений и поэтому есть смысл рассмотреть именно эти элементы подробнее [29].

#### ***Азот. Характеристика элемента, значение в жизни растений***

Среднее содержание этого элемента в сухой массе растения примерно 1–3%. Для нормального развития всех растительных организмов азот жизненно важен. Основные органические вещества, такие как белки, хлорофилл, нуклеиновые кислоты, нуклеопротеиды, фосфатиды, алкалоиды и многие другие вещества в своём составе содержат азот. В белках содержание этого

элемента составляет 16–18% от всей массы [29]. Незаменимая роль в процессе обмена веществ, всех возможных растений, принадлежит нуклеиновым кислотам, но самое главное их свойство заключается в сохранение наследственных свойств всего живого. Благодаря всему вышесказанному невозможно переоценить значение азота, так как у растений он участвует во многих жизненно важных процессах. Кроме всего, азот является составляющей частью хлорофилла, который обеспечивает протекание процессов фотосинтеза, благодаря которым происходит образование основных важных, в питание животных и растительных организмов, органических веществ [9].

Наличие азота отмечается в составе органических соединений – белков, аминокислот, в ферментах-катализаторах, выполняющих жизненно важные процессы в растительных организмах [9]. Содержание азота в растениях всегда разное, в зависимости от того, сколько лет растению, к какому виду оно относится, а так же на содержании будут влиять условия окружающей среды, в которых окажется та или иная культура. Пример: в злаковых культурах обычно фиксируется содержание азота 6–10 %, а у бобовых культур 4–5%. Большее содержание азота у молодых растений отмечается в стеблях, листьях и корнях. По мере их старения азотистые вещества передвигаются во вновь появившиеся листья и побеги. При этом в первой половине вегетации, когда формируется надземная масса, в вегетативных органах синтезируются азотсодержащие органические вещества, идет процесс новообразования белков и рост растений. В дальнейшем у пшеницы, например, после цветения происходят более интенсивный гидролиз азотсодержащих органических веществ в вегетативных частях растений и передвижение продуктов гидролиза в репродуктивные органы, где они расходуются на образование белков зерна [14].

Между содержанием азота, в определенные фазы роста, в вегетативных частях растений и в урожае установлена коррелятивная зависимость. Это позволяет прогнозировать количество и качество урожая по химическому составу вегетативных органов. Особенно высокая положительная связь между



содержанием азота в листьях в конце цветения и урожаем растений установлена на почвах, недостаточно обеспеченных азотом [13].

Обогащение почвы азотом, происходит при выпадении осадков в виде дождя и снега, в основном это аммиак и нитраты, происхождение таких соединений в природе появляются под действием электрических атмосферных разрядов. Данные многих источников свидетельствуют о том, что в виде дождя и снега в среднем на гектар земли за год поступает от 2 до 11 кг азота, но это некоторая доля азота, которая при уборке урожая, выносится из грунта. Для улучшения состояния почвы и увеличения её плодородия, существует необходимость внесения азота в грунт [8].

Недостаток азота в питании растений, можно определить при его осмотре, при этом заметно ограничивается рост урожая. Д.Н. Прянишникова, говорил о том, что усвояемые формы азота в почве, если не поддерживать его оптимальное содержания искусственным путём, в природе является фактором лимитирующим жизнь [3]. Существует немало путей, ведущих к сильнейшему уменьшению содержания этого вещества в грунте, основные пути: 1) поглощение азота микроорганизмами; 2) выщелачивание нитратных форм азота в грунтовые воды; 3) испарение аммиака в атмосферу; 4) необменное поглощение аммония и его закрепление в почве. Микроорганизмы, находящиеся в земле, активно поглощают азот при обогащении почвы органическими веществами с большим соотношением углерода и азота. Запашка растительных остатков в почву: корней, стеблей, содержащих немного азота, не больше 1,0%, приводит к усиленному развитию в ней микроорганизмов. Поэтому внесение растительных остатков в грунт, уменьшает содержание азота в почве. Азот используется в построения плазмы микроорганизмов при достаточном энергетическом материале, а вместе с ним и органических вещества, что ухудшает азотное питание культур [4].

Нитраты вымываются дренажными водами, а так же при обильном поливе, так как они редко входят в состав малорастворимых соединений, их поглощение отрицательно заряженными почвенными коллоидами невозможно.

Большая часть азота вымывается из почв с низким содержанием органических веществ, при высокой увлажнённости грунта [3]. Применение удобрений, должно осуществляться с учетом почвенно-климатических условий, так можно исключить потери нитратов. Например, на легких почвах, особенно при повышенном увлажнении, необходимо дробно вносить азотные удобрения во время вегетации, в фазы наибольшего потребления азота; при орошении снижения потерь нитратного азота можно добиться своевременным внесением удобрений и регулированием поливного режима [2].

### ***Фосфор. Характеристики элемента, значение в жизни растений***

Воздействие фосфора на растения разностороннее, если в питании растений присутствует норма фосфора, урожайность повышается, улучшается развитие растений. У овощных и плодовых культур, в корнеплодах возрастает содержание сахара, а так же повышается содержание крахмала в клубнях картофеля, у конопли повышается качество, волокно становится длиннее и прочнее, а у льна волокно становится более тонким, со здоровым жирным блеском [28].

Зимостойкость растений, ускорение их развития и созревания так же зависит от фосфора. Например, созревание зерновых культур ускоряется на 5–6 дней, что особенно важно для районов, где они не вызревают до наступления низких температур. Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений – она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, что особенно важно для засушливых условий. Без фосфора, как и без азота, жизнь невозможна. Он входит в состав различных органоидов и ядра клеток [11]. В растениях фосфор находится в нуклеопротеидах, нуклеиновых кислотах, которые наряду с белками играют важную роль в самом проявлении сущности жизни – синтезе белка, росте и размножении, передаче наследственных свойств. В растениях содержание нуклеиновых кислот составляет от 0,1 до 1%. Фосфор содержится также в фосфатидах, сахарофос-

фатах, фитине, липоидах и в минеральных соединениях, входит в состав ферментов и витаминов [28].

Фосфопротеиды – соединения белковых веществ с фосфорной кислотой, которые катализируют течение биохимических реакций. Фосфатиды (или фосфолипиды) – сложные эфиры глицерина, высокомолекулярных жирных кислот и фосфорной кислоты. Они образуют белково-липидные мембраны, которые регулируют проницаемость клеточных органелл и плазмолеммы для различных веществ. Следовательно, они играют очень важную биологическую роль в жизни растений [3].

Фитин – производное циклического соединения шестиатомного спирта инозита и является кальциево-магниевой солью инозитфосфорной кислоты, это запасное вещество. Фосфор фитина используется при прорастании развивающимся зародышем. Сахарофосфаты – фосфорные эфиры сахаров, они играют важную роль в процессах фотосинтеза, дыхания, биосинтеза сложных углеводов. Благодаря фосфорной кислоте сахарофосфаты обладают высокой лабильностью и большой реакционной способностью. Благодаря формированию макроэргических связей фосфорная кислота выступает в роли носителя энергии, основной носитель которой аденозинтрифосфорная кислота (АТФ). Именно АТФ принимает участие в процессах фотосинтеза, дыхания и в биосинтезе многих других соединений [13].

Главная функция фотосинтеза, образование первичных органических веществ и запас энергии, процессы дыхания и синтез сложных азотсодержащих органических веществ, без которых невозможно представить какую-либо жизнедеятельность растений [25].

В процессе фотосинтеза, при участии фосфорной кислоты, образуются запасные органические вещества, вторичного происхождения. Такие фосфаты находятся в различных частях растений: листьях, стеблях и корнях их больше, чем в семенах, а вообще распределение фосфора в растительном организме сходно с азотом. Большая доля фосфорной кислоты представлена у растений минеральным фосфором, он и становится запасным веществом, для

синтеза фосфорсодержащих органических соединений; он повышает реакцию клеточного сока, на изменение его химического состава, стабилизирует внутреннее давление клеток [31].

В сравнение с азотом, пополнение фосфора в окружающей среде само по себе невозможно, поэтому часто возникает его дисбаланс в почве. Некоторые растения способны усваивать фосфорную кислоту из несложных фосфорорганических соединений. Корни ряда растений выделяют фермент фосфатазу, который и отщепляет фосфорную кислоту от органических соединений. Внеклеточной фосфатазной активностью обладают горох, кукуруза, бобы и другие культуры [20].

Повышение фосфатазной активности наблюдается у растений, страдающих фосфорным голоданием, что, видимо, связано с приспособительной способностью растительных организмов. Обсуждать усвоение растениями фосфорорганических соединений, без предварительного отщепления минеральных фосфатов ферментами микроорганизмов и корневых систем пока нет основания из-за отсутствия экспериментов, выполненных в строго контролируемых условиях. Главный источник фосфорного питания растений - минеральные соединения фосфора в почве [32]. Растения могут питаться даже солями: ортофосфорной и метафосфорной. Соли одновалентных катионов фосфорной кислоты, легко растворимые в воде, быстро усваиваются растениями, что нельзя сказать о соли двухвалентных катионов. Соли метафосфорной кислоты плохо растворимы в воде, но растворяются в слабых кислотах, это позволяет растениям их усваивать. Слабые кислоты выходят через корни, так происходит подкисление грунта и его прикорневой зоны [3]

Трехзамещенные фосфаты многими растениями не усваиваются, могут использоваться в виде удобрения в кислых почвах, но свежесаживаемые трехзамещенные фосфаты кальция часто усваиваются. С годами фосфаты кристаллизуются, что затрудняет усвоение растительными организмами. Если соль фосфорной кислоты переходит в двузамещенную и даже однозамещенную, т.е. в формы фосфатов, то становится вполне доступной для пита-

ния растений. Повышения растворимости и усвояемости трехкальциевых фосфатов растениями можно добиться при совместном их внесении с физиологически кислыми азотными удобрениями [33].

К группе растений, хорошо поглощающих фосфор из трехзамещенных труднорастворимых фосфорнокислых солей, относятся: люпин, гречиха, горчица, несколько в меньшей мере обладают способностью усваивать фосфор из фосфоритов эспарцет, донник, горох и конопля. Это объясняется следующими причинами. Корневые выделения у этих растений отличаются повышенной кислотностью (например, pH раствора, окружающего корневые волоски люпина, составляет 4–5, клевера – 7–8). Растения этой группы обладают повышенной способностью усваивать кальций. Кальций, интенсивно поглощенный растениями, переводит фосфор в раствор и делает его доступным для растений [34]. Выделяя фермент фосфатазу, которая обладает заметной активностью при гидролизе органических фосфорсодержащих соединений, через корни, растения усваивают фосфор. Без предварительного отщепления минеральных фосфатов ферментами микроорганизмов или корневых систем фосфор из высокомолекулярных органических соединений растениями части не усваивается [34].

Нормальное фосфорное питание растений происходит только через корни. Подкормка растений раствором солей фосфора через листья, затрудняет его движение в другие органы и происходит медленно, в небольших количествах. В природе не существует естественных источников пополнения запасов фосфора в почве, как, например, азота, поэтому единственно возможный путь повышения его содержания в почве – применение фосфорных удобрений. Вследствие слабой подвижности фосфора в почве практически отсутствуют естественные пути потерь фосфорных соединений, при этом стоит отметить, что все почвы России фосфором обеспечены хуже, чем азотом и калием [19].

Около 95% фосфатов в земной коре представлено фторапатитом, 5% – фосфатами полуторных окислов и другими соединениями. В результате жизнедеятельности высших растений и микроорганизмов в почвах накапливаются

ся также органические фосфорные соединения. Среднее содержание фосфорной кислоты в почве от 0,05 до 0,20% от её массы (зависит от наличия гумуса, гранулометрического состава, внесения удобрений) [34]. Основная доля фосфорной кислоты почвы находится в форме соединений, малодоступных для растений. Поэтому валовое содержание фосфорной кислоты в почве не может быть показателем обеспеченности растений фосфором, но оно характеризует потенциальное ее плодородие. Содержание пентаоксида фосфора в почвенном растворе достигает 1–2 мг/л. фосфор из раствора поглощается растениями, микроорганизмами, а также почвой вследствие вторичного образования малорастворимых соединений пентаоксида фосфора с кальцием, магнием и полуторными окислами. Чрезмерно высокая концентрация пентаоксида фосфора в растворах почвы также нежелательна. Так, в водной культуре проростки выделяли наружу ранее поступивший фосфор, если содержание его в растворе почвы превышало 5 мг/л [8].

Фосфор входит в состав органического вещества почвы, а также в пожнивные остатки и навоз. При их разложении в почве, высвобождающийся фосфор может использоваться растениями. При минерализации в почве органических веществ, бедных фосфатами, содержание в ней легкорастворимых солей не только не повышается, но даже уменьшается [9]. Регулирование цикла фосфора в биологическом круговороте путем применения фосфорсодержащих удобрений весьма важно, так как естественное пополнение его запасов в экосистемах отсутствуют [13].

#### ***Калий. Характеристики элемента, значение в жизни растений***

Физиологические функции калия разнообразны, больше его в молодых растущих частях растений. Калий играет существенную роль в жизни растений, воздействуя на физико-химические свойства биокolloидов, находящихся в протоплазме и стенках растительных клеток. Катион калия в отличие от катиона кальция и магния способствует набуханию биокolloидов, переводу их в устойчивое состояние золь, т.е. калий, повышает степень дисперсности биокolloидов и усиливает их гидратацию, в то время как кальций, наоборот,

коагулирует и обезвоживает коллоиды. Поэтому калий увеличивает гидрофильность коллоидов протоплазмы, что поддерживает организм в активном состоянии [10].

Старение коллоидов протоплазмы клеток связано с уменьшением содержания в них воды, с переходом коллоидов из золя в гель. Поэтому при достаточном обеспечении калием растения лучше удерживают воду, легче переносят кратковременные засухи. Физико-химический процесс старения обуславливается уменьшением количества калия и увеличением количества кальция в клетках растений. Поэтому в молодых тканях больше калия, а в стареющих – кальция [20]. Калий усиливает устойчивость биокolloидов клетки и улучшает весь ход обмена веществ, повышает жизненность организма. Ускоряет поступление воды в клетки, повышает внутриклеточное давление, минимизирует испарения, растения становятся засухоустойчивыми. Калий участвует в углеводном и белковом обмене, усиливая образование сахаров в листьях их передвижение их в стебли и корни. На урожае овощных культур, клубнеплодов и корнеплодов, плодовых и ягодных культур, которые при оптимальном калийном питании накапливают больше углеводов, это особенно заметно [10].

Калийные удобрения повышают качество волокна льна, конопли и других прядильных культур, а также усиливают устойчивость культур к легким заморозкам. Это происходит вследствие повышения осмотического давления клеточного сока, понижения температуры его замерзания. Достаточное поступление калия повышает иммунитет, многие однолетние культуры и многолетние бобовые т лучше перезимовывают. Благодаря калию повышается интенсивность окислительных процессов, увеличивается содержание органических кислот в тканях, что влияет на усиление образование белков [33].

Задержки синтез белка и скопление небелкового азот происходит при калийном голодании, усиливается распад белка, что приводит к появлению в тканях различных патогенных грибов и бактерий. Роль калия усиливается при аммиачном питании растений. В этом случае лучше усваивается азот,

больше образуется белков. Калий позволяет лучше усваивать железо при синтезе хлорофилла. Наблюдается это при недостатке усвояемого железа в питательной среде [20]. Калий стимулирует процесс фотосинтеза, усиливает отток углеводов из пластинки листа в другие органы. Он активизирует работу многих ферментов, с участием которых синтезируются некоторые пептидные связи, что повышает биосинтез белков из аминокислот, и другие процессы в растительном организме [1].

В растении калий, по-видимому, находится в ионной форме. Во всяком случае, не известны органические соединения, синтезируемые в организмах, составной частью которых являлся бы катион калия. Не менее 80% его находится в клеточном соке растений и извлекается водой. Меньшая часть калия адсорбирована коллоидами и около 1% поглощается митохондриями в протоплазме. Содержится он главным образом в протоплазме и вакуолях. В ядре и пластидах калия нет. Калий улучшает качество сельскохозяйственной продукции: повышается накопление Сахаров в сахарной свекле и крахмала в клубнях картофеля. В последнем случае более эффективен сернокислый калий [34].

При калийном голодании снижается устойчивость картофеля, овощей и сахарной свеклы к грибным заболеваниям как в период роста, так и во время хранения в свежем виде [8]. При недостатке калия у злаковых культур соломина становится менее прочной, хлеба полегают, а это приводит к снижению урожая, ухудшает выполненность зерна. Внесение калийных удобрений повышает содержание водорастворимых форм калия в почве, подавляет развитие корневой гнили и снижает инфекционный потенциал почвы [32].

## **1.2. Микроэлементы и их классификация**

Микроэлементы являются основой жизни организмов. Питательные элементы входят в состав структур клетки, принимают участие в биохимических процессах, определяют расположение органических молекул и проницаемость мембран, влияют на работу сигнальной системы живых организмов [14].



Задолго до современного земледелия, чтобы повысить урожай культурных растений использовались минеральные добавки: зола и различные известковые материалы. Участие в биохимических процессах элементов тесно связано с их распространенностью и доступностью в земной коре [8]. Степень распространенности большинства химических элементов в земной коре является, как известно, функцией их атомного номера. Закономерности распространения химических элементов в растениях аналогичны, за некоторыми исключениями, таковым в земной коре, что свидетельствует о «земном» генезисе элементов в растительных тканях и тесной связи между распространенностью элементов в растениях и земной коре с атомным номером элемента [8].

К группе микроэлементов относят, например, марганец, цинк, медь, бор, молибден; их концентрация в растениях обычно не превышает нескольких единиц микромоль на 1 грамм сухой массы. Для большинства микроэлементов в нормальных условиях произрастания растений значения этого показателя составляют лишь десятые доли микромоль на 1 грамм сухого вещества [16]. Однако деление на макро- и микроэлементы по массе элемента в организме довольно условно. Растения отдельных видов и генотипов специфически аккумулируют микроэлементы в масштабах, сравнимых с накоплением в тканях макроэлементов. В частности, избыточным концентрированием хлора, а также брома и натрия характеризуются растения-галофиты [8]. Металлофиты хорошо аккумулируют медь, никель, цинк, свинец, кадмий, получая их из почвы. В высоких концентрациях все микроэлементы (а из них многие по величине атомной массы относятся к тяжелым металлам) сильно токсичны для организмов. Химические элементы играют разную роль в жизни растений. Значение отдельных химических элементов в эволюции жизненных форм растений на Земле в некоторой степени помогает понять классификация, основанная на распространенности элементов в растениях и земной коре [3].

Химические элементы объединены в три группы. В состав группы I входят элементы, большей частью необходимые для жизни хотя бы некоторых организмов. Группа II включает в себя элементы, токсичные даже в низ-

ких концентрациях. Однако некоторые из этих элементов, например молибден или йод, все же требуются растениям. Группа III объединяет элементы, играющие пассивную роль в эволюции и не включенные в биохимические процессы организмов. Типичными представителями этой группы выступают металлы платиновой группы и актиноиды. Их высокая токсичность является, по-видимому, одной из причин низкого содержания этих элементов в растительных тканях [7]. Химические элементы подразделяют на элементы необходимые и те, в которых растения не испытывают сильной потребности, но тем не менее, полезны для растений. Термин «необходимый питательный элемент» предложен Д. Арноном и У. Стаутом, так обозначали элементы, удовлетворяющие следующие требования: 1) без элемента жизненный цикл конкретного растения не может завершиться; 2) физиологические функции, выполняемые с участием элемента, не могут осуществляться при его замене другим элементом; 3) элемент должен непосредственно вовлекаться в метаболизм растения, например, как компонент его важной структуры или участник стадии метаболизма [9].

Деление химических элементов периодической системы по степени необходимости для растений представлено ниже. Однако термин «необходимый питательный элемент» условен. Сложности с его использованием возникают, в частности, при сравнении высших и низших организмов, а также растений и животных. Так, до сих пор не доказана необходимость кальция и бора для многих видов грибов. Животным также не нужен бор [11].

Дискутируется необходимость никеля и кобальта для осуществления физиологических процессов растения. В то же время обнаружено положительное влияние на физиологические функции малых количеств таких элементов как кадмий и свинец, которые ранее рассматривались с позиций токсичности. Обладая определенной избирательностью, высшие растения на этапе поглощения, не в состоянии обеспечить абсолютную селективность по отношению к необходимым для них минеральным элементам [10].

До недавнего времени к бесспорно необходимым микроэлементам относили железо, марганец, цинк, медь, молибден, бор и хлор. Список необходимых для растений микроэлементов, составленный Х. Маршнером, в последнее время, пополнился никелем. Полезными называют такие питательные элементы, которые могут стимулировать рост и развитие растений, но в полной мере не соответствуют требованиям, предъявляемым к необходимым элементам. К полезным также относят элементы, которые необходимы только в определенных условиях или для некоторых видов растений. В настоящее время полезными для растений элементами считают натрий, кремний, кобальт, селен, алюминий [13].

Развитие представлений о физиологической необходимости минеральных элементов тесно связано с научно-техническим прогрессом, особенно в области молекулярной биологии, аналитической химии и физики. Чрезвычайно сложно измерить следовое количество химических элементов и доказать их роль в том или ином физиологическом процессе. Поэтому отдельные элементы, не обнаруженные с помощью лабораторных методов, могут содержаться в виде примесей в питательных средах или в воздухе в количестве, достаточном для предотвращения проявления у организма симптомов дефицита [14].

Деление микроэлементов на необходимые и полезные особенно затруднено, если элементы содержатся в организме в следовых количествах. Подтверждением тому служит недавний «перевод» никеля в список необходимых микроэлементов из числа полезных. В будущем, с разработкой новых методов, список необходимых элементов, возможно, будет расширен. По физиологическим функциям в организме выделяют три группы основных необходимых химических элементов: структурные, образующие потенциал и выполняющие каталитические функции [12].

К структурным относят элементы, задействованные в конструкции молекул (белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот) или придающие им механическую прочность и адекватное расположение, из микроэлементов такую функцию могут в определенной степени выполнять *бор, медь и особен-*

но, *цинк*. Например, цинк не только участвует в каталитических реакциях, но и играет роль в интеграции мембран и влияет на конформацию ДНК растений. Потенциал образующие элементы ( $K^+$ ,  $Na^+$  и др.) необходимы для поддержания специфических электрохимических потенциалов и осмотических функций клетки. Из группы микроэлементов выполнение такой функции найдено только для хлора, главным образом в тех органах или компартментах клеток растений, где он может накапливаться в повышенном количестве (вакуоль, замыкающие клетки устьиц). Однако подавляющее большинство микроэлементов относится к группе элементов с каталитическими функциями. Их главная роль – участие в ферментативных реакциях организма [7].

#### ***Медь. Характеристика элемента, значение в жизни растений***

В периодической системе медь принадлежит побочной подгруппе, первой группы периодической системы, атомный номер 29, атомная масса  $63,546 \pm 3$ . Этот элемент обладает способностью образовывать комплексы. Для растений наиболее доступны водорастворимые почвой соединения [6].

Источниками для получения медьсодержащих удобрений являются медные руды, извлекают медь пирометаллургическим или гидрометаллургическим способом. Основные медьсодержащие удобрения серноокислая медь, суперфосфат с медью [13].

Серноокислая медь – медный купорос, кристаллическая соль голубовато-синего цвета, содержит меди 25–35 %, в зависимости от степени гидратированности, хорошо растворима в воде. Получают растворением гранул или порошка металлической меди в серной кислоте, для предпосевной обработки семян и некорневых подкормок растений [7].

Изучение роли меди в биохимии живой клетки началось после того, как выяснилось, что медь входит в состав гемоцианина – пигмента крови головоногих моллюсков, выполняющего функцию переносчика кислорода. Чтобы установить роль меди для растений, понадобилось более 50 лет, после этого открытия. Для растений медь является необходимым элементом и давно нашла

практическое применение в растениеводстве [8]. Содержание меди в растениях варьирует от 1 до 20 мг/кг сухой массы, большое содержание меди, в растительном организме, отмечается в листьях. Чаще всего нахождение меди в организме связано с митохондриями. На животном материале показано, что медь является составной частью всех выделенных митохондриальных фракций. Она найдена в белках межмембранного пространства, в матриксе, в структурных белках и в белках, растворимых в детергентах. Все это указывает на важную роль меди в процессах, протекающих в митохондриях [11].

Активное участие в обмене меди принимают медь содержащие белки растворимой митохондриальной фракции. Роль меди в митохондриях не ограничивается только ее участием в ферментах, так как суммарное количество меди в митохондриях значительно выше, чем это необходимо для моноаминоксидазы, цитохромоксидазы, аскорбинатоксидазы, уратоксидазы и других входящих в них ферментов [10].

Участие меди в метаболических процессах определяется ее специфическими и физико-химическими свойствами. Во-первых, ионы меди реагируют, с аминокислотами, белками и другими биополимерами, образуя стабильные комплексы в большей степени, чем остальные металлы. Во-вторых, ионы меди имеют каталитические свойства, которые усиливаются при связывании иона с белковой молекулой. В-третьих, ион меди легко освобождает или принимает один электрон, что обуславливает поведение меди то как донора, то как акцептора электронов [18].

Известнейший медьсодержащий фермент – цитохромоксидаза. Наличие меди в цитохромоксидазе было открыто Д. Кейлином и О. Варбургом. Важная роль цитохромоксидазы и ее свойства обсуждались во многих работах (работы экологов и ботаников М. Бейнерта и Т. Пальмера) [10]. Цитохромоксидазе уделяется огромное внимание в связи с ее большой ролью в дыхательном процессе и в фотосинтезе. Усыхание кончиков листьев, часто вызывается недостатком меди, концентрирования меди в фрагментах дыхательной

цепи. По современным представлениям, «единица» цитохромоксидазы состоит из цитохромов «а» и «а<sub>3</sub>», каждый из которых связан с одним атомом меди. Имеются сведения, что атом меди занимает положение промежуточного переносчика электронов между цитохромами «а» и «а<sub>3</sub>» [3].

Со временем достигнуты большие успехи в изучении аминоксидаз, широко представленных в тканях растений, животных и микроорганизмов. Аминоксидазы осуществляют окислительное дезаминирование моно- и диаминов. Найден два фермента этой группы: моно- и диамин-оксидаза. Но предполагается, что существует даже несколько типов митохондриальных моноаминоксидаз. По исследованиям ботаника Роберта Пири, аминоксидаза из растений является медьсодержащим ферментом [10]. Медь в моноаминоксидазе существует в двух- и одновалентном состоянии. Моноаминоксидаза локализуется во внешних митохондриальных мембранах. К новым медьсодержащим ферментам, участвующим в окислении кислородом воздуха самых разнообразных субстратов [11].

В агрохимии отмечается положительное влияние ряда микроэлементов, особенно меди, на процесс зеленения, на уменьшение разрушения хлорофилла в темноте, и при старении листьев, и на увеличение прочности хлорофилл-белкового комплекса. Под действием меди синтеза хлорофилла в тканях, утративших эту способность, происходит главным образом за счет активирования дыхательных цепей с участием медьсодержащих оксидаз. В физиологии растений отмечается, что железо и активируемые им ферментные системы служат энергетической и материальной основой биосинтеза хлорофилла. При подавлении биосинтеза зеленых пигментов, вызванного недостатком железа, роль основного металла – активатора каталитических систем – выполняет медь (медипротеиды и сопряженные с ними энзиматические системы), но дыхание в этих условиях малоэффективно. Энергия запасается в ходе субстратного фосфорилирования при окислении фосфотриоз,

пирувата и  $\alpha$ -кетоглутарата. В этих условиях большое значение в энергетическом обмене приобретают ацетилфосфат и неорганические полифосфаты. Способность аккумулировать энергию света сохраняется при этом за счет фосфорилирования циклического типа, при котором транспорт электронов возможен через пластоцианин в обход цитохрома [31].

В последние пятидесятилетие проводятся весьма интересные исследования белков – компонентов цепи переноса электронов при фотосинтезе, в частности веществ, участвующих в фотовосстановлении  $\text{NADP}^+$  хлоропластов. Известна роль ферредоксина, содержащего негеминовое железо, – белка с низким окислительно-восстановительным потенциалом, от которого зависит восстановление  $\text{NADP}^+$  препаратами целых хлоропластов. теперь установлено, кроме ферредоксина, для фотообразования  $2\text{NADPH}_2$  необходим еще белок флавиновой природы, а именно ферредоксин- $\text{NADP}^+$ -редуктаза, катализирующая перенос электрона от восстановленного ферредоксина к  $\text{NADP}^+$  [34].

Из высших растений и водорослей был выделен новый участник  $\text{NADP}^+$ -восстанавливающей системы – пластоцианин. Он представляет собой медьсодержащий белок с кислыми свойствами, прочно связан со структурой хлоропластов. Характер спектра пластоцианина свидетельствует об относительно высоком содержании в его молекуле тирозина и фенилаланина и об отсутствии или очень малом содержании триптофана [8].

В листьях некоторых растений почти половина всей меди находится в виде этого медьсодержащего белка. Пластоцианин окрашен в синий цвет, обусловлен тем, что  $\text{Cu}^{2+}$  связан с его белковой молекулой четырьмя координационными связями. Пластоцианин участвует в окислительно-восстановительных реакциях, но в отличие от настоящих оксидоредуктаз не способен к автооксидации и в восстановленной форме не реагирует с молекулярным кислородом. Пластоцианин участвует в выделении кислорода в

реакции образования сильного фотовосстановителя, являясь, существенным компонентом электронно-транспортной цепи пигментной системы I (один) в хлоропластах, реакции восстановления  $\text{NADP}^+$  от пластоцианина, говорят о том, что пластоцианин – облигатный переносчик в системе транспорта электронов при фотосинтезе [24].

Участие пластоцианина незаменимо в адаптации  $\text{NADP}^{+ -}$  восстанавливающей системы хлоропластов к условиям освещения. Пластоцианин, имеет одинаковый потенциал с цитохромом f и включается в цепь транспорта электронов между фотохимическими системами I и II, он участвует в образовании сильного восстановителя, являясь компонентом электронотранспортного механизма фотохимической системы I. Цитохром f является непосредственным донором для пигментной системы I [24].

В литературе приводится пример: недостаточные в отношении меди растения, подвергавшиеся воздействию пониженных температур ( $+5^\circ\text{C}$ ) в течение 16 часов, при перенесении их в нормальные условия температуры ( $+21^\circ\text{C}$ ) отличались сниженной на 21% интенсивностью фотосинтеза по сравнению с растениями, не подвергавшимися предварительному воздействию пониженных температур. Получившие же медь растения, подвергавшиеся такому же температурному воздействию, не только не снизили интенсивность фотосинтеза, но даже повысили ее на 19%. Такое же явление получалась в отношении действия меди на дыхание при предварительном воздействии пониженными температурами [8].

Тесная взаимосвязь фотосинтеза и дыхания в едином процессе жизнедеятельности растений позволяет предположить, что функция, которую выполняют медьсодержащие ферменты в дыхании, может иметь определенное значение и для фотосинтеза. Указанные факты о значении меди в реакциях фотосинтеза делают в настоящее время понятным ранее полученные данные о повышении интенсивности фотосинтеза под влиянием меди у ряда растений [14]. При-



ведённые данные указывают на то, что физиологическая роль меди в растениях – это участие меди в качестве компонента для ряда ферментов, связанных с окислительно-восстановительными процессами, наряду с марганцем, медь входит в состав пластоцианина, играет значительную роль в фотосинтезе, когда фотосинтез является основным источником биологической энергии [8].

### ***Марганец. Характеристика элемента, значение в жизни растений***

В 1788 году стал известен марганец, он был обнаружен – в золе древесных растений. Атомный номер элемента 25, принадлежит побочной подгруппе, атомная масса  $54,9380 \pm 1$ . При изучении этого элемента, обнаружилось, что марганец содержится во всех растениях, но содержание его в разных растениях не одинаково. В клетках растений место локализации данного элемента – цитоплазма, но среди клеточных органелл большее содержание марганца отмечается в хлоропластах [18].

В почвах находится в виде оксидов, солей, гидроксидов. Этот элемент необходим для существования растений, он контролирует поведение других микроэлементов. Так как марганец имеет способность быстро окисляться и восстанавливаться, в ходе изменчивости природных условий, влияющих на изменчивость почвы, процессы окисления зачастую уменьшают доступность марганца. При снижении марганца в клетках растений, доступность питательных веществ падает, которые связаны с марганцем, а так же ухудшаются процессы фотосинтеза, поэтому существует необходимость искусственного применения этого микроэлемента [9]. Основой изготовления удобрений, служат оксидные марганцевые руды осадочного происхождения. Такое удобрение будет плохо растворяться в кислотах, поэтому основой этих удобрений является марганцевые руды, которые прошли восстановительный обжиг [8].

*Сернокислый марганец* выглядит как кристаллический порошок, хорошо растворяется в воде, на 20 % состоит из марганца. Для некорневой подкормки и обработки семян используют водные растворы сульфата марганца в концентрации 0,01–0,5 % [8]. *Хлористый марганец* имеет вид белого порошка, который так же хорошо растворяется в воде, содержит около 17 %

марганца. Применяется как сульфат марганца [12]. *Марганизированный суперфосфат*. Удобрение в виде гранул, содержит всего 1–2 % марганца и 18–19 % пятиоксида фосфора. От 70 до 80 % марганца в продукте содержится в форме растворимой в воде. Изготавливают благодаря механическому смешиванию концентрата марганца с суперфосфатом на стадии грануляции [13].

Число истинных марганецсодержащих ферментов у растений ограничено. Марганец играет огромную роль в каталитических реакциях и выступает в качестве активатора. Ферменты, активируемые марганцем, катализируют реакцию окисления и восстановления, гидролиза, декарбоксилирования [11]. С помощью марганца активируются ферменты, катализирующие превращение шикимовой кислоты, биосинтез аминокислот, таких как – тирозин и некоторых вторичных продуктов, например пероксидазу, участвующую в синтезе лигнина. В биосинтезе каротиноидов и стеролов марганец-зависимые ферменты так же принимают участие. На структуру и функции хроматина оказывают влияние ионы марганца, под действием марганца, содержание негистоновых белков и RNK в диффузной фракции хроматина увеличивается [35]. Марганец связан с обменом белка, через регулирование DNK- и RNK-полимераз, необходим для репликации и функционирования этих полимераз, а так же связан с ауксиновым обменом. Марганец стимулирует передвижение ассимилянтов в растении, что наблюдается под воздействием не только марганца, а так же цинка, меди, молибдена и бора [11].

Недостаток марганца сказывается на уменьшении выработка фотосинтетического кислорода, меняется ультраструктура мембран тилакоидов, при большом дефиците марганца уменьшается содержание хлорофилла в листьях, а в хлоропластах отмечается пониженное содержание липидов. В общем, при недостатке марганца, нарушается процесс фотосинтеза, синтез органических веществ нарушается, растения заболевают хлорозом, сопровождающийся снижением содержания углеводов в растениях, что приводит к ухудшению процессов роста корня [2].

Симптомы марганцевой недостаточности у растений проявляются чаще всего на карбонатных, торфянистых и других почвах с высоким содержанием органического вещества. Если оценивать растения визуально, недостаток марганца проявляется в виде межжилкового хлороза, а так же появление серых или коричневых пятен на пластине листа, а так же лист становится бледно-зелёный или даже частями зелёный с бордовым оттенком в случае со свёклой, пораженные участки листа отмирают, визуально отмечается замедление процессов роста [8].

Наиболее чувствительными культурами к недостатку марганца являются свекла сахарная, кормовая и столовая, овес, картофель, яблоня, черешня и малина. У плодовых культур наряду с хлорозным заболеванием листьев отмечается слабая облиственность стебля, более раннее, чем обычно опадание листьев, а при сильном марганцевом голодании – засыхание и отмирание верхушек веток [23].

При недостатке марганца в первую очередь страдают молодые, растущие органы, пожелтение или обеление листьев происходит у растений с нижних листьев, часто верхушка листа начинает отмирать, а края подворачиваются. Поступление марганца в растения снижается при низкой температуре и высокой влажности почвы, что чаще всего наблюдается ранней весной, именно в этот период растениям необходимо дополнительное питание [17].

### ***Цинк. Характеристика элемента, значение в жизни растений***

Цинк в периодической системе относится к побочной подгруппе, второй группы, атомный номер 30, а атомная масса  $65,39 \pm 2$ . Обладает свойствами металлов, этот элемент хорошо распространён в природе, в почвах, которые не подвергались каким-либо воздействиям человека [11].

Природный источник цинка – это атмосферные осадки в виде дождя, а также территория, которая подвергалась естественному затоплению. Таким образом, под действием природных факторов, содержание цинка зависит от природных условий, в котором находится плодородный слой земли. Содержание цинка повышено вблизи автомагистралей и промышленных центров [6].

Накапливаясь в почве, цинк представлен гидроксидами, карбонатами, сульфидами и комплексами органических веществ. Чем кислее среда, тем выше способность цинка растворяться, в связи с этим, из почвы он вымывается. Так содержание цинка в растениях минимизируется, но не стоит забывать о том, что цинк имеет способность накапливаться в растительных клетках, органические вещества, связываясь с цинком, образуют устойчивые формы, таким образом цинк и накапливается в растениях [4].

Большее содержание цинка отмечается в корнях, а оттуда перемещается к стеблю и листьям и накапливается в верхних частях растений. Так же цинк накапливается в семенах растений, а затем концентрируется в зародыше. В 1965 году В.И. Фурсов в своих опытах обнаружил цинк в клетках женского гаметофита, большее количество цинка отмечается в протоплазме яйцеклетки и синергид. В опытах с горохом, ботаник Майн Рид, выращивал горох при дефиците цинка, в следствии чего у растение наблюдалось полное отсутствие семян, недостаточность этого элемента угнетало образование семян. Эти факты свидетельствуют о том, что цинк необходим для формирования генеративных органов и плодоношения, тем самым имеет общебиологическое значение [3].

В окислительно-восстановительных процессах цинк не участвует, так как степень окисления не изменяется. В растениях этот элемент находится только в двух валентной форме, в клетках, большая часть цинка связана в комплексы, это связано с его метаболическими функциями, которые позволяют элементу формировать комплексы с N- O- и S- лигандами, из-за чего происходит снижение активности цинка в вакуоли. В состав многих ферментов так же входит цинк, играет роль интегрального компонента, выполняющего каталитическую или структурную функцию [13].

Цинк входит в состав 800 ферментов (фосфатазы, карбоангидраза, алкогольдегидрагиназа и т.п.), которые необходимы для протекания процессов фотосинтеза, оказывает влияние на углеводный, белковый, и фосфорный обмены растений. Так же активизирует многие ферменты (протеаза, енолаза, альдолаза,

гексокиназа и др.), без которых невозможны процессы дыхания и фотосинтеза. В ферментах, где цинк выполняет ускоряющую функцию, элемент координируется четырьмя лигандами, три из них представлены аминокислотными остатками, а четвёртый с молекулами воды. Фермент карбоангидраза играет важную роль в фотосинтезе, регулирует в клетке концентрацию углекислого газа, атак же тесно связанные с работой РДФ и ФЕП-карбоксилаз [5]. Супероксиддисмутаза – это изофермент, содержащий по одному атому цинка и меди, которые соединены общим атомом азота гистидина. В этом случае цинк будет выполнять структурную функцию, а медь каталитическую [1].

Образование фитогормона ауксина невозможно без действия цинка, так как этот элемент увеличивает активность триптофансинтетазы, фермента, ускоряющего конечный этап биосинтеза триптофана, предшественника ауксина. Подкормка цинком повышает содержание ауксинов, стимулятора роста растений [8]. Для получения минеральных удобрений, используют соединение цинка, получаемого при переработки полиметаллических сульфидных руд [20].

Существует несколько основных цинковых удобрений. *Сернокислый цинк*, имеет вид белого порошка, содержание цинка не превосходит 25% элемента, хорошо растворяется в воде. Основное его применение - предпосевная обработка семян. Получают благодаря растворению в серной кислоте цинка. *Суперфосфат цинка*. Получают с помощью смешивания суперфосфата с соединениями цинка, при этом содержание цинка, в таких удобрениях всего 0,5–0,8%, а формы растворимые в воде 80–85% цинка [9]. *Цинковые полимикродобрения*, имеют вид тёмно-серого порошка, содержание цинка в таких удобрениях не превышает 25%, кроме цинка содержат небольшое количество алюминия, магния, меди, марганца, железа и других элементов. Применяются для обработки семян перед посевом. Цинковые удобрения повышают засухо-, жаро- и холодо- устойчивость растений. Недостаток цинка у растений часто встречается на песчаных и карбонатных почвах, и на торфяниках [32]. Недостаток цинка больше сказывается на образовании семян, чем

на развитии вегетативных органов. Симптомы цинковой недостаточности широко встречаются у плодовых культур (яблоня, черешня, японская слива, орех, пекан, абрикос, лимон, виноград) [6].

При цинковой недостаточности у растений появляются хлоротичные пятна на листьях, которые становятся бледно-зелеными, а у некоторых растений почти белыми. Так же при цинковом голодании плодовых почек закладывается мало. Из полевых культур цинковая недостаточность чаще всего проявляется на кукурузе в виде образования белого ростка или побеление верхушки [24]. Показателем цинкового голодания, проявляется в виде наличие хлороза на листьях. Недостаток цинка для растений чаще всего наблюдается на песчаных и супесчаных почвах с низким его содержанием, а также на карбонатных и старопахотных почвах. Применение цинковых удобрений повышает урожай всех полевых, овощных и плодовых культур. При этом отмечается снижение поражения растений грибковыми заболеваниями, повышается сахаристость плодовых и ягодных культур [8].

## ГЛАВА 2. ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ СВЕКЛЫ КОРМОВОЙ

### 2.1. Объект исследования

В качестве объекта исследования была выбрана свёкла столовая сорта «Цилиндра», наиболее районированная для Челябинской области.

#### *Характеристики изучаемого объекта*

В процессе прорастания семян свёклы в первую очередь расти начинают корешок и подсемядольное колено. Две семядоли при выходе на поверхность зеленеют и выполняют функции листьев. Данную фазу называют фазой «вилочки». При появлении вилочки, свёкле нужен особый уход, так как повреждение вилочки их повреждении приведёт к ущербу всего предстоящего урожая. После всходов через 6–8 дней формируется первая пара настоящих листьев, вслед за которой появляется вторая, третья, четвертая и пятая пары. После чего листья свёклы разворачиваются уже по одному. Вначале они появляются через каждые 2–3 дня, а в середине вегетации – через 1–2 дня. На конечных стадиях вегетации появление листьев замедляется [38]. Развитие корнеплода свёклы начинается с главного корня и зародышевого стебелька. При средней температуре воздуха 23°C на 11–14 день жизни проростка корень преобразуется в корнеплод.

После того, как произошло формирование камбия, первичное строение корнеплода переходит во вторичное, а вторичное сразу же переходит в третичное, таким образом растение становится поликамбиальным, происходит это за счёт деления клеток перицикла и протофлоэмы [25]. Стоит отметить, что формирование камбия регулирует ауксин, гормон – регулятор активности камбия – ауксин. Активность ауксина зависит от содержания в растениях микроэлементов, особое влияние на активность ауксин оказывает цинк, так же цинк влияет на содержание ауксинов в растении. После того, как корнеплод переходит во вторичное и третичное строение, каждый камбиальный слой может откладывать кольцо паренхимы от центра цилиндра, большинство меристематических клеток продолжают делиться, вследствие чего и

увеличивается диаметр корнеплода. Максимальное число камбиальных колец обычно не превышает восьми колец. Камбиальные слои имеют светлоокрашенную паренхиму [4].

У свеклы выделяют следующие восемь фаз роста и развития растения первого года жизни:

- прорастание семян;
- «вилочка»;
- 1-я пара листьев;
- 2–3-я пара листьев;
- 4–5-я пара листьев;
- смыкание листьев в рядках;
- смыкание листьев в междурядьях;
- наступление технической спелости.

В первый год жизни с одного корнеплода можно собрать от 10 до 18 листьев. Они остаются деятельными в течение 60–70 дней. При этом очень продуктивными являются листья среднего яруса. Продолжительность активной деятельности каждого листа около 25 дней. Ко времени уборки продуктивность листьев падает, масса их уменьшается.

Продолжительность вегетация кормовой свеклы в первый год жизни равна 125–150 дням. Благодаря ускоренному развитию, при длинном световом дне, культура кормовой свеклы продвинулась достаточно далеко на север.

*Воздействие температуры.* Семена кормовой свеклы способны прорасти при температуре 2–5°C. Жизнеспособные всходы появляются при температуре 6–7°C. Однако более дружные всходы бывают при температуре 12–15°C, лучшая температура от всходов до начала корнеобразования 15–18°C, а в период формирования корнеплодов 20–25°C. Всходы могут переносить весенние заморозки до 4–5 °C. Лучше всего перед высадкой свёклы, замачивать семена дома, тогда, в течение 72 часов, крайний срок всхожести, семена можно высаживать в грунт, ждать всхожести больше 72 часов не сто-



ит, так как даже если семена взойдут, полноценного плода ждать от них не стоит. Из семян взошедших после 72 часов, здоровое и полноценное растение может сформироваться, но если только температура воздуха достигнет 4–5°C растение погибнет [25].

В отношении холодостойкости свекла уступает корнеплодам из семейства крестоцветных, всходы ее повреждаются заморозками при температуре минус 2–3°C. При длительном весеннем и летнем похолодании, как правило, усиливается цветение двулетнего растения уже в первый год.

Температурные условия выращивания оказывают большое влияние не только на рост, но и на развитие растений. Под влиянием неблагоприятных температур нередко нарушается двулетний цикл развития, что проявляется в появлении в первый год жизни цветухи – растений с цветоносными стеблями, а на второй год упрямцев – растений, не образующих цветоносов. Как то, так и другое явление наносит большой ущерб овощному производству [4].

Растения, давшие цветуху, или вовсе не образуют, или формируют недоразвитые, грубые, малопригодные к потреблению корнеплоды. Упрямцы, наоборот, на второй год после высадки в грунт не плодоносят, что ведет к недобору урожая семя [24]. Цветению в первый год способствует длительное воздействие на растения пониженных температур. Поэтому при раннем и особенно подзимнем посеве и затяжной холодной весне цветущность проявляется сильнее, чем при позднем посеве и теплой весне. Продвижение более южных сортов в северные районы также вызывает усиление цветущности растений [30]. Наоборот, упрямцы появляются под действием высоких температур, особенно в период хранения семенников или после их высадки в грунт. Для снижения процента, так называемых упрямцев, необходима температура хранения 5–8°C в течение 120–130 дней. Оптимальная же температура хранения семенных корнеплодов свеклы в зимний период +1 +3°C. В этих условиях яровизация проходит замедленно, но ко времени высадки семенников в грунт она завершается, а корнеплоды хорошо сохраняются.

Реакция свёклы на свет. Столовая свекла положительно отзывается на удлинение дня. В этой связи важен подбор соответствующих длине дня сортов и гибридов [24]. *Эдафические условия.* Кормовая свекла требовательна к плодородию почвы. Она хорошо растет на почвах с глубоким пахотным горизонтом, достаточно обеспеченных питательными веществами и влагой. Не пригодны для возделывания кислые почвы, на них урожайность резко снижается. Лучше растет при оптимальном уровне кислотности рН 6–7 и более. Кормовая свекла переносит некоторое умеренное засоление почвы. Лучшие почвы для свеклы – богатые органическим веществом суглинистые, супесчаные. Растения свёклы устойчивы к повышенной концентрации солей в почвенном растворе, но очень чувствительны к реакции среды и не выносят как кислых (с рН меньше 5,5), так и щелочных (с рН больше 8) почв [21]. На таких почвах свекла вскоре после появления всходов прекращает рост. Растения имеют карликовый, угнетенный вид, красновато-фиолетовые мелкие листья, стандартных корнеплодов не образуется. Наиболее благоприятная реакция среды при рН 6–7 [24].

*Воздействие влаги на свёклу.* В отличие от различных культур, таких как капуста, морковь и другие культуры, свёкла является более засухоустойчивой. Не смотря на стойкость к засухе, для получения хорошего и полноценного урожая, свёкла требовательна к влаге, но в период нарастания листьев, вполне может перенести засуху, что незначительно скажется на урожае. Наибольшая потребность во влаге – во время набухания семян, прорастания их, укоренения всходов и образования листьев. При длительной засухе, мякоть корнеплода грубеет, становится невкусной, иногда даже наблюдается увеличение диаметра свёклы до 13–16 сантиметров, но середина корнеплода при этом оказывается пустой, а корнеплод непригодным к хранению и употреблению. В районах или в годы с недостаточным увлажнением она отзывчива на полив. При норме за один полив около 800 м<sup>3</sup>/га урожайность корнеплодов повышается в 2 раза, так указывается в источнике «Овощеводство открытого грунта». *Удобрение.* Органические удобрения в виде полуперепрев-

шего навоза до 40 т на гектар рекомендуется вносить под предшествующую культуру, так как при непосредственном внесении под корнеплоды повышается ветвистость и в результате снижается товарность [5].

## 2.2 Схема опыта

В процессе исследования семена свеклы, в марлевом мешочке погружались в процеженный раствор и выдерживались 24 часа. Далее семена подсушивались на брезенте в течение 4–6 ч. Продолжительность вымачивания не превышала 24 часов, поскольку это могло привести к снижению полевой всхожести из-за отравления семян продуктами распада при дефиците кислорода. После вымачивания семян в растворе, семена выкладывались на брезент для просушки, а затем вымачивались без раствора на марле и наблюдались в течение 72 часов при средней температуре воздуха 18°C. Далее все семена высаживались в закрытый грунт и находились под наблюдением 72 часа, после чего были высажены в открытый грунт и так же обрабатывались микроэлементами при поливах.

Для проведения исследования была разработана схема опыта:

- 1 вариант - контроль;
- 2 вариант – раствор сульфата меди – 0,03 г/л;
- 3 вариант – раствор сульфата марганца – 0,03 г/л;
- 4 вариант – раствор сульфата цинка – 0,03 г/л;

## 2.3 Методы исследования

Подготовка семян описана в схеме опыта.

Подготовка грядки и посева семян. При пикировании расстояние в ряду, между корнеплодами составило 1–2 см. Длина одной грядки составляла 50 см, ширина грядки 30 см. Площадь одной грядки 150 см<sup>2</sup>, всего участков 4, с одинаковой площадью.

S – площадь одной грядки, по формуле площади

$$S^2 = a * b$$

$$S^2 = 50 \times 30 = 150 \text{ см}^2$$

Вычислялась общая площадь участков « $S^2_{\text{общая}}$ »

$S^2_{\text{общая}} = S^2 \cdot n$ , где  $n$  общее количество грядок

$$150 \text{ см}^2 \times 4 = 600 \text{ см}^2$$

$$600 \text{ см}^2 = 6 \text{ м}^2$$

Далее рассчитывалась масса всех корнеплодов, способом суммирования.

Расчёта урожайности  $\text{г/м}^2$

$M$  – общая масса

$S^2_{\text{общая}}$  – площадь всех участков, для каждого варианта опыта.

$Y$  – урожайность

$$Y = \frac{M}{S^2_{\text{общая}}}$$

Сбор корнеплодов проводился вручную. Пробы взвешивания осуществлялись на сверхточных цифровых, лабораторных, портативных весах, чувствительностью: 0,001 грамма, 1 класс точности, согласно ГОСТ 24104.

Измерение длины и диаметра проводилось с помощью сантиметровой ленты, лента конвейерная, резинотканевая с каркасом из металла, ГОСТ 2085.

Проведение взвешивания. Корнеплоды очищались от земляной массы и взвешивались сухие. Из пробы отделялась зелёная масса (зелёные листья, стебель укороченный).

## 2.4 Результаты экспериментальной работы

Развитие растительного организма невозможно представить без света, воды, тепла, но для полноценного развития, любому организму необходимо питаться, а для полноценного питания, необходимы микроэлементы. Значение предпосевной подготовки семян играет огромную роль, особенно при получении ранних всходов, их прорастание затруднено из-за отрицательного влияния неблагоприятных погодных условий, а так же из-за истощённости почвы. Задачи предпосевной подготовки семян разнообразны, в том числе повышение

скорости и дружности прорастания, полевой всхожести, на характер роста и развития растений, на их скороспелость и урожайность. Прорастание – переход семян растений от покоя к активной жизнедеятельности, начальный этап онтогенеза растений. Всхожесть – прорастание семени, переход семени от состояния покоя, к вегетативному росту зародыша, образование проростка, проходило в несколько этапов, при средней температуре воздуха 10°C:

1-й этап – набухание семян, в это время идет быстрое поглощение воды семенами, зрительно было видно, как семена увеличиваются в объёме, в среднем на 1–2 мм;

2-й этап – стимуляция биохимических процессов под влиянием воды; на этом этапе белки-ферменты активизируются, за 24 часа у вымоченных семян начинает проглядываться корешок, начинается образование элементов, которые определяют завершающий этап прорастания;

3-й этап – рост зародыша, как только начинают виднеться кончики настоящих листьев свёклы, растение можно перемещать в грунт.

Обработка семян микроэлементами повышает и ускоряет прорастание, переход семени из состояния покоя, к росту зародыша (таблица 1).

Таблица 1

**Влияние микроэлементов на прорастание семян свеклы столовой сорта  
«Цилиндра»**

Микро-элемент	Время наблюдения							
	84ч	96ч	108ч	120ч	132ч	144 ч	156ч	168ч
Контроль	0	0	12	34	37	40	40	40
MnSO <sub>4</sub>	0	12	38	46	68	68	68	68
CuSO <sub>4</sub>	0	0	36	46	53	60	60	60
ZnSO <sub>4</sub>	0	33	46	54	56	60	60	60

Семена прорастали лучше и быстрее во всех вариантах по сравнению с контролем. При обработке семян раствором сульфата марганца и цинка, а также при обработке раствором сульфата меди, наблюдалось большее количество проросших семян. При этом за 36 часов, после замачивания семян,

был зафиксирован процесс прорастания, при обработке раствором сульфата марганца и сульфатом цинка.

За 42 часа после замачивания, процесс прорастания отмечался в контрольном варианте и при обработке раствором сульфата меди, однако при обработке раствором сульфата меди, за 42 часа проросло на 19 семян больше по сравнению с контролем. Наиболее положительное влияние на прорастание оказал раствор сульфата марганца, по сравнению со всеми вариантами опыта, при обработке семян этим раствором, не только ускорился процесс прорастания, но и увеличилось количество проросших семян.

После 72 часов наблюдений, семена были высажены в грунт 2 мая, фиксированная средняя температура воздуха за день 11°C. Семена свеклы высевали в один день на глубину 4–5 см. В результате полевых опытов выявлено, что в результате применения микроудобрений посеvy столовой свеклы появились раньше по отношению к контролю. Обработка семян микроэлементами так же повлияла на процесс всхожести семян, при посадке в закрытый грунт, а так же сказалась на количестве всходов (таблица 2).

Таблица 2.

**Влияние микроэлементов на всхожесть семян свеклы столовой сорта «Цилиндра»**

Микро-элемент	Время наблюдения							
	84ч	96ч	108ч	120ч	132ч	144 ч	156ч	168ч
Контроль	0	0	12	34	36	36	40	40
MnSO <sub>4</sub>	0	16	38	46	52	60	60	60
CuSO <sub>4</sub>	0	0	36	46	60	60	60	60
ZnSO <sub>4</sub>	0	32	46	54	56	56	56	56

Более быстрая всхожесть семян наблюдалась при обработке сульфатом марганца и цинка, всходы отмечались уже на 84 часе наблюдения. За 108 часов, процесс всхожести отмечался в контрольном варианте и при обработке раствором сульфата меди, однако при обработке раствором сульфата меди, в отличие от контрольного варианта, за 108 часа взошло на 24 растения

больше. Обработка выбранными растворами микроэлементов, оказала положительный эффект и улучшила процесс всхожести.

Растения высаживались на расстоянии 10 см, при этом отбирались самые сильные и хорошо развившиеся сеянцы. В ходе роста растения осуществлялась их подкормка сульфатами марганца, меди и цинка, что повлияло на изменение продолжительности фаз развития свёклы.

Таблица 3.

**Влияние микроэлементов на изменение продолжительности фаз развития свеклы столовой сорта «Цилиндра»**

Фазы Развития	Контроль	Сульфат марганца	Сульфат меди	Сульфат Цинка
Посев	2 мая	2 мая	2 мая	2 мая
Всходы	11 мая	10 мая	10 мая	11 мая
1 пара листьев	20 мая	17 мая	18 мая	19 мая
2–3 пара листьев	24 мая	21 мая	22 мая	23 мая
4–5 пара листьев	29 мая	25 мая	25 мая	27 мая
Смыкание листьев в рядки	30 июня	26 июня	27 июня	28 июня
Смыкание листьев в междурядьях	25 июля	20 июля	23 июля	24 июля
Наступление технической спелости	Начало сентября	3 декада августа	3 декада августа	3 декада Августа

Первые всходы при обработке растворами сульфата марганца и сульфатом меди, наблюдались уже десятого мая, это раньше на один день, по сравнению с контролем. Развитие растений, обработанных растворами, шло гораздо быстрее, в среднем фазы развития сократились на 2–3 дня, по сравнению с контролем, что позволило приступить к сбору урожая уже в конце августа.

При внесении в почву подкормок изменились биометрические показатели корнеплодов. Увеличились показатели диаметра по сравнению с контролем, в среднем, при обработке сульфатом марганца на 2,4 см, сульфатом цинка на 1 см, при обработке сульфатом меди на 1,9 см (рис. 1).

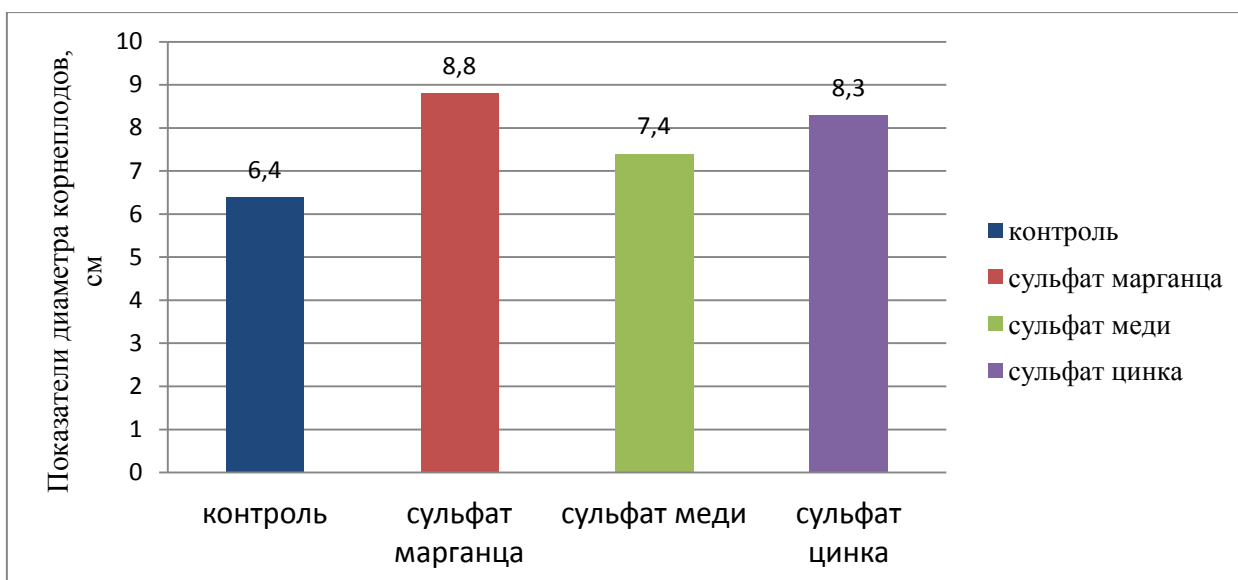


Рис. 1. Влияние микроэлементов на диаметр корнеплодов свеклы сорта «Цилиндра».

Обработка растений растворами, повлияла на изменение длины корнеплодов, по сравнению с контролем, в среднем, при обработке сульфатом марганца на 2,4 см, сульфатом магния на 1,4 см, а при обработке цинком на 1,9 см. Подкормка растений микроэлементами, привела к ускорению обменных процессов, происходящих в растительных организмах, так улучшился процесс роста, что привело к изменению биометрических показателей (рис.2).

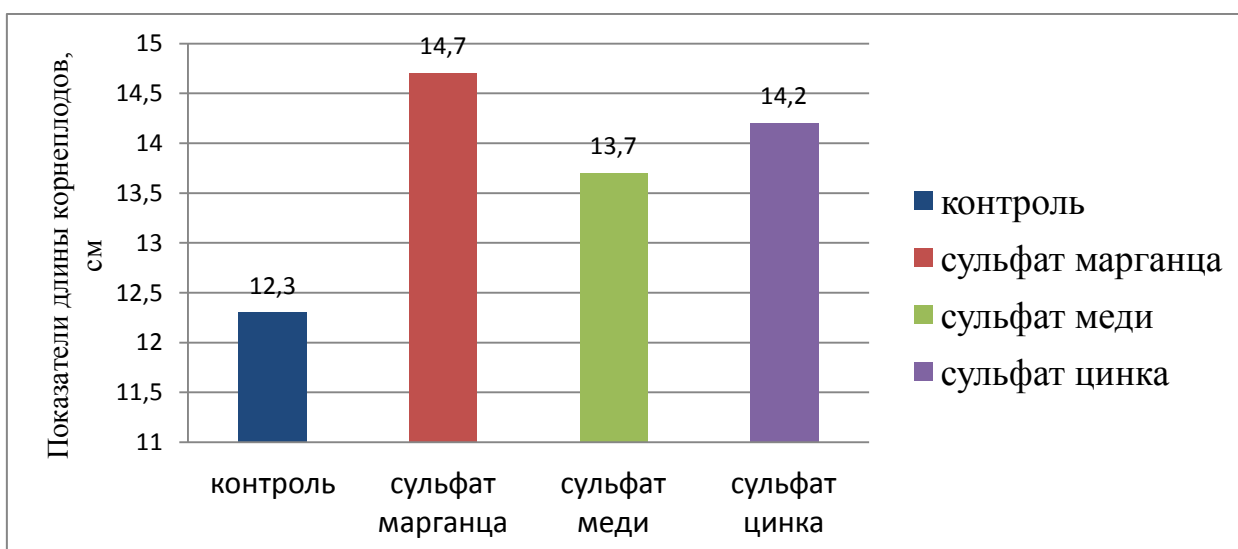


Рис. 2. Влияние микроэлементов на длину корнеплодов свеклы сорта «Цилиндра».



Обработка семян микроэлементами, позволила сформировать на поверхности семян плотную равномерную оболочку из биологически активной питательной среды, что привело к повышению полевой всхожести, активизации роста семян на ранних этапах развития, улучшению и увеличению выживаемости растений. При внесении в почву подкормки значительно увеличился урожай (рис. 3).

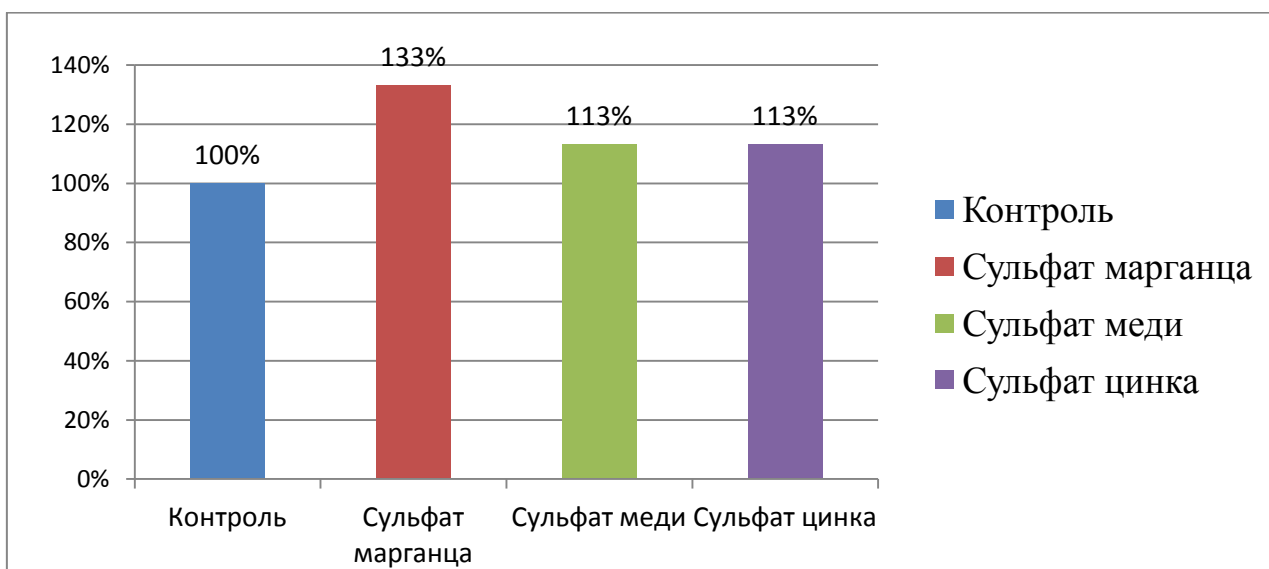


Рис. 3. Влияние микроэлементов на урожай свеклы сорта «Цилиндра».

Прибавка к урожаю:

- на контрольном варианте без прибавки;
- на варианте с применением марганца 1742 г/м<sup>2</sup>;
- на варианте с применением цинка 619 г/м<sup>2</sup>;
- на варианте с применением меди 814 г/м<sup>2</sup>;

При обработке растений микроэлементами, по сравнению с контрольным вариантом, значительно увеличилась прибавка к урожаю, а так же увеличилось количество сформировавшихся корнеплодов, особенно при обработке раствором сульфата марганца.

### **ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАТЕРИАЛА В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ**

Обновление содержания среднего общего образования в Российской Федерации заключается в его профилизации. В старшем звене, работа с обучающимися всё больше и больше носит индивидуальный характер. В рамках создания профильных классов, всё больше и больше времени в обучении уделяется внеурочной работе и работе.

Внеурочная работа – неотъемлемая часть учебно-воспитательного процесса в школе, одна из форм организации свободного времени школьников. Групповые проекты и научно – исследовательские работы всё чаще и чаще применяются для того, чтобы научить школьника мыслить нестандартно, принимать самостоятельные решения, учиться делать выводы, искать и находить нужную информацию в различных источниках.

Научно-исследовательская работа, подходит для учащихся 10–11 классов, а так же к ученикам 9 классов, участвующих в олимпиадах, проявляющим интерес к биологии и наиболее адаптирована к естественнонаучному профилю школы. Такая работа основывается на приобретенных знаниях и умениях, полученных ранее на предметах и способности реализации этих знаний и их углубления.

Организация научно-исследовательских работ начинается с вводной теоретической установки учителя, после чего, обучающийся переходит к исследовательской деятельности, а в заключение исследовательской работы представляются результаты исследовательской деятельности. Такая деятельность направлена на развитие навыков самостоятельной работы обучающихся, в основе лежит постановка эксперимента, наблюдения, обработка результатов и умения делать выводы, тем самым позволяет учащимся овладеть необходимым алгоритмом исследовательской работы.

Появление проблемного подхода в обучении, позволяет не просто передавать знания, а позволяет школьникам научиться их получать и выявлять

главное, под контролем учителя, для полного убеждения в правильности выбранного и найденного материала или источника.

Данное научное исследование можно применять в научно – исследовательской работе школьников, в которой продолжается изучение влияния микроэлементов на рост и урожайность свеклы столовой, а так же может быть направлена на проектную деятельность в рамках общешкольных проектов, касающихся поддержания здорового образа жизни.

Примерная тема исследовательской работы: «Изучение влияния и роли микроэлементов на рост растительного организма, на примере свёклы кормовой, с целью получения здорового продукта питания, как основного фактора ведения здорового образа жизни».

План работы:

- 1.Изучение литературных источников по данной теме.
2. Изучение биологических особенностей изучаемого объекта.
- 3.Ознакомление со стандартными методами обработки семян микроэлементами.
- 4.Ознакомление со стандартными методами внесения подкормки растений в ходе их развития.
- 5.Анализполученных данных.
6. Переход к выводам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Формирование урожая сельскохозяйственных культур – напрямую зависит от того, в каких условия находится растительный организм. Главной целью современного земледелия является улучшение роста и урожайности сельскохозяйственных культур, чего можно добиться с помощью улучшения питания растений.

Опыт показал, что при внесении подкормок растения всходят и развиваются быстрее, по отношению к контрольному варианту. Это говорит о том что, растениям не получают нужного количества микроэлементов, из-за чего растение не может полноценно развиваться. Поэтому внесение микроэлементов в почву необходимо, микроэлементы улучшают передвижение углеводов, влияет на ферментативные процессы, влияют на гормоны роста, что в целом положительно сказывается на росте, развитие и урожайности растений.

Применение микроэлементов при обработке семян и подкормки растений, повлияло не только на всхожесть семян, но и на прорастание. Семена прорастали лучше и быстрее во всех вариантах по сравнению с контролем. При обработке семян раствором сульфата марганца и цинка, а так же при обработке раствором сульфата меди, наблюдалось большее количество проросших семян. При этом за 36 часов, после замачивания семян, был зафиксирован процесс прорастания, при обработке раствором сульфата марганца и сульфатом цинка, за счёт ускорения обменных процессов, под действием этих растворов, а марганец напрямую связан с ауксиновым обменом, который в свою очередь стимулировало корнеобразование и дыхание растений. При обработке растений микроэлементами развитие происходило значительно быстрее по сравнению с контролем, что связано с влиянием микроэлементов на огромное количество ферментов, что в свою очередь сказывается на процессах фотосинтеза и дыхания, а в дальнейшем влияет на ускорение процессов роста, при этом сокращаются фазы развития растений. Первые всходы при обработке растворами сульфата марганца и сульфатом

меди, наблюдались уже десятого мая, это раньше на один день, по сравнению с контролем. Развитие растений, обработанных растворами, шло гораздо быстрее, в среднем фазы развития сократились на 2–3 дня, по сравнению с контролем, что позволило приступить к сбору урожая уже в конце августа.

В ходе анализа полученных данных было выявлено, что обработка растений микроэлементами, повлияла на биометрические показатели корнеплодов. Увеличение биометрических показателей сказалась и на изменение массы корнеплодов, что привело к прибавке урожая при обработке сульфатом марганца прибавка урожая составляет – 1408 г/м<sup>2</sup>, сульфатом меди – 742 г/м<sup>2</sup>, а при обработке цинком прибавление составляет – 534 г/м<sup>2</sup>. По всем показателям наилучшее влияние на рост и урожайность растений оказывает сульфат марганца, что говорит о том, что почва сильно истощена и имеет предрасположенность к заражению растений.

По сравнению с контролем обработка сульфатом меди и цинка, оказала положительное влияние на растение, продукт стал более качественным без горечи и горького запаха, на листьях исчезли коричневые пятна и желтизна, что свидетельствует о недостатке этих микроэлементов в почве.

Опыт показал, что растения без обработки микроэлементами всходят и развиваются медленнее. Это говорит о том что, растениям не хватает микроэлементов, из-за чего растение не может полноценно развиваться. Поэтому внесение микроэлементов в почву необходимо, микроэлементы улучшают передвижение углеводов, влияет на ферментативные процессы, так же влияют на гормоны роста, что в целом положительно сказывается на росте, развитии и урожайности растений.

## ВЫВОДЫ

1. Предпосевная обработка семян растворами микроэлементов (элементами Mn, Cu, Zn) в концентрации – 0,03 г/л, увеличила всхожесть и энергию прорастания.
2. Наиболее лучший эффект на ростовые показатели и урожайность растений свеклы столовой сорта «Цилиндра» наблюдался при обработке семян растворами  $MnSO_4$ ,  $CuSO_4$ ,  $ZnSO_4$ .
3. Обработка растений растворами микроэлементов, привела к увеличению урожайности во всех вариантах опыта и составила 113% по отношению к контролю с  $MnSO_4$  и  $ZnSO_4$ , и 133% с  $CuSO_4$ .

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Андреева, И.Н. Ботаника: учебник [Текст] / И.Н. Андреева – М.: Агропромиздат, 2002. – С. 482–487.
2. Андренко, С.С. Физиология свеклы [Текст] / С.С. Андреевко, Ф.М. Куперман. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – С. 290–291.
3. Андрианова, Ю.Е. Хлорофилл и продуктивность растений [Текст] / Ю.Е. Андрианова, И.А. Тарчевский – М.: Наука, 2000 – 335 с.
4. Анспок, П. И. Действие цинковых микроудобрений на урожай и биохимический состав растений [Текст] / П.И. Анспок, В.С. Диброва // Микроудобрения. Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. Агропромиздат, материалы: тезисы докладов V Всесоюзного совещания – Улан-Удэ, 1966. – С. 219–226.
5. Аристархова, А.Н. Производство минеральных макро и микро удобрений [Текст] / А.Н. Аристархова // Сельское хозяйство, 2001. – № 8 – С. 25–27.
6. Бершова, О.И. Влияние молибдена и бора на азотфиксирующие бактерии почвы [Текст] / О.И. Бершова // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине материалы: тезисы докладов V Всесоюзного совещания – Улан-Удэ, 1966. – С. 300–306.
7. Власюк, П.А. Физиологические функции микроэлементов и их топография в живых организмах [Текст] / П.А. Власюк // Применение микроэлементов в сельском хозяйстве – Киев.: Наукова думка, 2006 – С. 19–53.
8. Воскресенская, Н.П. Фотосинтез и спектральный состав света [Текст] / Н.П. Воскресенская. – М.: Наука, 1965. – 308 с.
9. Гавриленко, В.Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. Учебное пособие. [Текст] / В.Ф. Гавриленко, М.Е. Ладыгина, Л.М. Хандобина – М.: Изд-во Высшая школа, 1975 – С. 389–392.
10. Генкель, П.А. Физиология растений. Учебник для студентов биол. фак. пед. ин-тов [Текст] / П.А. Генкель. – М.: Просвещение, 2006 – С. 314–317.

11. Годнев, Т.Н. Хлорофилл и его роль в природе (конспект лекций по избранным главам физиологии растений) [Текст] / Т.Н. Годнев.– Минск: Изд-во Белорусуниверситета им. В.И. Ленина, 2005 – С. 280–286.
12. Горышина, Т. К. Экология растений [Текст] / Т. К. Горышина. – М.: Высш. школа, 1979. – 368 с.
13. Дрейкотт, А.П. Удобрение сахарной свеклы [Текст] / А.П. Дрейкотт. – М.: Колос, 1977. – 248 с.
14. Ивченко, В.И. Физиологическое значение молибдена для растений [Текст] / В.И. Ивченко // Микроэлементы в окружающей среде – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 89–92.
15. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях [Текст] / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас – М.: Мир, 1989. – 264 с.
16. Капитонов, А.И. Влияние марганца и цинка на рост, развитие и урожай силосной массы кукурузы. [Текст] / А.И. Капитонов // Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине материалы: тезисы докладов V Всесоюзного совещания – Улан-Удэ, 1966 – С. 224–225.
17. Клейтон, Р. Фотосинтез. Физические механизмы и химические модели [Текст] / Р. Клейтон – М.: Мир, 1984. – С. 250–263.
18. Медведев, С.С. Физиология растений [Текст] / С.С. Медведев. – СПб.: БВХ – Петербург, 2013 – С. 409–415.
19. Мендель, Г. Опыты над растительными гибридами [Текст] / Г. Мендель – М.: Наука, 1965 – С.150–160.
20. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения [Текст] / В.Г. Минеев – Учебник М.: Колос, 1993. – С. 65–68.
21. Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник [Текст] / В. Г. Минеев – М.: Изд-во МГУ, Изд-во КолосС, 2004. – С. 676–712.
22. Полевой, В.В. Физиология растений [Текст] / В.В. Полевой – М.: Высшая школа, 2004. – С. 434–464.
23. Посыпанов, Г.С. Растениеводство: учебник [Текст] / Г. С. Посыпанов – М.: КолосС, 2007. – С. 512–519.



24. Сунцова, Л.Н. Физиология растений [Текст] / Л.Н Сунцова – Красноярск: СибГТУ, 2004. – С.51–60.
25. Тимирязев, К.А. Жизнь растения. [Текст] / К.А Тимирязев. – Изд. 8-е. – М.: 1914 – С. 325–344.
26. Федешкин Б.Ф. Минеральные удобрения с микроэлементами / Б.Ф. Федешкин – М.: Химия, 1989. – С. 80–90.
27. Филимонов, И.Н. Эффективность использования органических и минеральных удобрений при выращивании свеклы [Текст] / И. Н. Филимонов, О.Г. Котлярова // Достижения науки и техники АПК, 2011. – № 3 – С. 19–20.
28. Хизбуллина, Р.З. Формирование экологической культуры школьников при изучении проблем взаимоотношений человека и природы : автореф. дис. ... канд. пед. наук / Р.З. Хизбуллина.; Башкир. гос. пед. ун-т. – Уфа, 2002 – С. 19–25.
29. Хурчакова, А.И. Эффективность применения минеральных удобрений под сахарную свеклу [Текст] / А.И. Хурчакова, А.А. Лупоок // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Т 16, 2004 – № 4 – С. 120–150.
30. Церлинг, В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур [Текст] / В.В. Церлинг // Справочник – М.: Агропромиздат, 2000. – С. 213–235.
31. Чернова, Н.М. Общая экология [Текст] / Н.М. Чернова, А.М. Былова. –М.: Дрофа, 2004 – С. 317–324.
32. Шпаар, Д. Сахарная свекла: учебное пособие [Текст] / Д. Шпаар – Мн.: ФУАинформ, 2000. – С. 250–258.
33. Ягодин, Б.А. Агрохимия: учебник [Текст] / Б.А. Ягодин // Питание сельскохозяйственных культур – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 619–630.
34. www.sportwiki.net. [Электронный ресурс]. – 2014.– Режим доступа: <http://sportwiki.to/Микроэлементы>.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

### Однофакторный дисперсионный анализ

**«Влияние микроэлементов на показатели диаметра корнеплодов свеклы  
столовой сорта «Цилиндра»».**

#### Итоги

Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
<b>Контроль</b>	41	503,9	12,29024	1,559902
<b>Сульфат марганца</b>	56	797	14,23214	3,749494
<b>Сульфат меди</b>	44	603,7	13,72045	1,338409
<b>Сульфат цинка</b>	44	647,1	14,70682	4,404371

#### Дисперсионный анализ

Источник вариации	SS	Df	MS	F	P-значение	F критическое
<b>Между группами</b>	140,3631	3	46,72769	16,42604	1,75E-09	2,654513
<b>Внутри групп</b>	515,5578	181	2,848386			
<b>Итого</b>	655,9209	184				

Так как значение  $P > 1$  критическая – означает, что фактор статистически значим.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### Однофакторный дисперсионный анализ

**«Влияние микроэлементов на показатели диаметра корнеплодов свеклы столовой сорта «Цилиндра»».**

**Итог**

<b>Группы</b>	<b>Счет</b>	<b>Сумма</b>	<b>Среднее</b>	<b>Дисперсия</b>
<b>Контроль</b>	41	221,4	5,4	0,4125
<b>Сульфат марганца</b>	56	335,4	6,346429	0,782169
<b>Сульфат меди</b>	44	276,2	6,0727727	0,269741
<b>Сульфат цинка</b>	44	283,4	6,4400909	0,953636

**Дисперсионный анализ**

<b>Источник вариации</b>	<b>SS</b>	<b>Df</b>	<b>MS</b>	<b>F</b>	<b>P-значение</b>	<b>F критическое</b>
<b>Между группами</b>	28,63054	3	9,543512	16,42604	1,75E-09	2,654513
<b>Внутри групп</b>	112,1129	181	0,619408	15,40746	5,71E-09	
<b>Итого</b>	140,7435	184				

Так как значение  $P > 1$  критическая – означает, что фактор статистически значим.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 3

#### Однофакторный дисперсионный анализ

«Влияние микроэлементов на показатели урожая свеклы столовой сорта «Цилиндра»».

#### Итоги

Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
Контроль	41	9059,9	220,9732	411,773
Сульфат марганца	56	14284	255,0714	1203,984
Сульфат меди	44	10809,7	245,675	425,1735
Сульфат цинка	44	11600,4	263,6455	1403,739

#### Дисперсионный анализ

Источник Вариации	SS	Df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	43671,08	3	14557,03	16,33155	1,95E-09	2,654513
Внутри групп	161333,2	181	891,3439			
Итого	655,9209	184				

Так как значение  $P > 1$  критическая – означает, что фактор статистически значим.