

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Казанский государственный аграрный университет»

Кафедра агрохимии и почвоведения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)  
по направлению подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение  
(Направленность (профиль) подготовки «Воспроизводство плодородия  
почв в условиях усиления антропогенной нагрузки»)

на тему: «Влияние макро- и микроудобрений на продуктивность  
сахарной свеклы в условиях ООО «Цильна» Дрожжановского района  
РТ»

Магистрант -



Миннуллина Айгуль Рустамовна

Научный руководитель -

д.с.-х. н., профессор



Таланов И.П.

Допущена к защите:

Научный руководитель магистерской  
программы - д.с.-х. н., профессор



Гилязов М.Ю.

Заведующий кафедрой -

д.с.-х.н., доцент



Миникаев Р.В.

Казань – 2020

**ФГБОУ ВО “КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ЗАДАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ  
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

**(Направление подготовки 35.04.03 – Агрохимия и почвоведение)**

1. Фамилия, имя и отчество магистра: Миннуллина Айгуль Рустамовна
2. Тема диссертации: Влияние макро- и микроудобрений на продуктивность сахарной свеклы в условиях ООО “Цильна” Дрожжановского района РТ  
(утверждена приказом по КазГАУ №\_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ г.)
3. Срок сдачи магистром завершенной работы 23.06.2020
4. Перечень подлежащих разработке вопросов (краткое содержание отдельных глав) и календарные сроки их выполнения:
  1. Разработка схемы полевого опыта (февраль, 2019).
  2. Изучение методики проведения полевого опыта (апрель, 2019).
  3. Закладка полевого опыта (май, 2019).
  4. Агротехнические мероприятия (боронование, междурядная обработка и т.д.) (в течении лета, 2019).
  5. Наблюдение за посевами.
  6. Взятие анализов почвы на содержание элементов питания, площадь посевов, фотосинтетический потенциал.
  7. Определение урожая сахарной свеклы по вариантам опыта (в течении лета, 2019).

8. Определение качественных показателей сахарной свеклы (сентябрь, 2019).
9. Подсчет экономической эффективности по вариантам опыта (октябрь, 2019).
10. Написание магистерской диссертации (декабрь-май, 2019).

5. Дата выдачи задания 14.01.2019

Утверждаю:

Зав. кафедрой Кирилл

(дата, подпись)

Научный руководитель Ураль Талгат Илья

(дата, подпись)

Задание принял к исполнению Мария

(дата, подпись студента)

## АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) состоит из введения, обзора литературы, главы «Методика и условия проведения исследования», основной части (результаты исследования), вывода, списка использованной литературы и приложений. Основная часть включает 7 разделов. ВКР изложена на 69 странице компьютерного текста, содержит 19 таблиц, 5 рисунков, 7 приложений. Список использованной литературы включает 66 источника.

Во введении обоснована важность рационального использования макро и микроудобрений для повышения урожайности и сохранения плодородия почв.

В главе «Обзор литературы» анализированы и обобщены научные публикации по влиянию минеральных и макроудобрений на продуктивность сельскохозяйственных культур, в том числе сахарной свеклы.

В главе «Методика и условия проведения исследования» изложены агрохимическая характеристика почвы опытного участка, схема опыта, характеристика сорта, метеорологические условия вегетационного периода, ГТК.

В первом разделе изложено влияние макро и микроудобрений на пищевой режим и эффективность возделывания сахарной свеклы.

Во втором разделе рассмотрены влияние макро- и микроудобрений на фотосинтетическую деятельность растений сахарной свеклы.

В третьем разделе приведены результаты определения урожайности сахарной свеклы по вариантам опыта.

В четвертом разделе приводятся содержание основных макроэлементов в корнеплодах и листьях сахарной свеклы.

В пятом разделе рассчитаны использование основных элементов питания урожаем сахарной свеклы.

В шестом разделе приведены результаты качества корнеплодов сахарной свеклы.

В седьмом разделе дана оценка экономической эффективность комплексного применения минеральных и макроудобрений на посевах сахарной свеклы.

В заключении приводятся основные выводы, полученные на основе обобщения результатов исследования.

## ANNOTATION

Final qualifying work (FQW) consists of introduction, review of literature, chapter “Methods and conditions of the study”, the main part (research results), conclusion, list of references and applications. The main part includes 7 sections. The FQW is presented on 81 pages of computer text, contains 19 tables, 5 figures, 7 appendices. References include 66 sources.

Introduction justifies the importance of the rational use of macro and micro fertilizers to increase yields and preserve soil fertility.

The chapter “Literature Review” analyzes and summarizes the scientific publications on the effect of mineral and macro fertilizers on the productivity of crops, including sugar beets.

The chapter “Methods and conditions for the study” outlines the agrochemical characteristics of the soil of the test plot, the test pattern, the characteristic varieties, meteorological conditions of the vegetative period, SCC.

The first section of the main part describes the influence of mineral fertilizers on the formation of the food regime and the efficiency of sugar beet cultivation.

In the second section, the influence of macro - and micro-fertilizers on the photosynthetic activity of sugar beet plants is considered.

The third section, the results of determining the yield of sugar beets according to the variants of the experiment are presented.

The fourth section shows the content of the main macronutrients in the roots and leaves of sugar beet.

In the fifth section, the use of the main nutrition elements of the sugar beet crop is calculated.

The sixth section shows the results of the quality of sugar beet root crops.

The seventh section of the main part, the economic efficiency of the integrated use of mineral and bacterial fertilizers on spring barley crops is assessed.

In conclusion, the main conclusions obtained on the basis of a generalization of the research results.

## Оглавление

|   |   |     |
|---|---|-----|
|   | ВВЕДЕНИЕ .....  | 8-9 |
| 1 | ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ .....  | 10  |
| 2 | Условия и методика проведения опытов .....  | 28  |
|   | 2.1. Цель и задачи исследований.....  | 28  |
|   | 2.2. Методика проведения полевых опытов .....   | 28  |
|   | 2.3 Схема опыта.....  | 30  |
|   | 2.4. Наблюдения, анализы и учет.....  | 33  |
|   | 2.5. Метеорологические условия вегетационного периода.....  | 34  |
| 3 | РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....   | 40  |
|   | 3.1. Пищевой режим почвы .....  | 40  |
|   | 3.2. Фотосинтетическая деятельность растений сахарной свеклы .....  | 43  |
|   | 3.3. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы сорта “Крокодил” .....   | 46  |
|   | 3.4. Химический состав урожая сахарной свеклы.....  | 49  |
|   | 3.5. Использование азота, фосфора и калия урожаем сахарной свеклы.....  | 51  |
|   | 3.6. Качество корнеплодов сахарной свеклы.....  | 54  |
|   | 3.7. Экономическая эффективность комплексного применения макро – микроудобрений на посевах сахарной свеклы..... | 57  |
| 4 | ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 60  |
|   | СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....  | 63  |
|   | Приложение 1 .....  | 70  |
|   | Приложение 2 .....  | 72  |
|   | Приложение 3 .....  | 73  |
|   | Приложение 4 .....  | 74  |
|   | Приложение 5 .....  | 75  |
|   | Приложение 6 .....  | 76  |
|   | Приложение 7 .....  | 77  |

## Введение

Сахарная свекла – важнейшая сельскохозяйственная культура во многих регионах мира. В странах Европы она возделывается на больших площадях. Культура является основным источником получения ценнейшего продукта питания – сахара, поэтому имеет важное народнохозяйственное и экономическое значение [Карпенко, 1960].

Включение сахарной свеклы в севооборот имеет большое агротехническое значение, в связи с тем, что она способствует повышению культуры земледелия и урожайности последующих культур.

Для получения высоких урожаев сахарной свеклы необходимы плодородные окультуренные почвы, нейтральные или даже слабощелочные, так как эта культура отличается высокой солевыносливостью. Лучшими предшественниками для свеклы, в районах недостаточного увлажнения являются хорошо удобренные озимые, идущие после чистого пара. Сахарную свеклу, в зоне достаточного увлажнения выращивают в основном после озимых, которые следуют после многолетних трав или зерновых бобовых культур. С усилением технического оснащения сельского хозяйства (механизация, удобрения, пестициды, агромелиоранты и др.) сахарная свекла распространилась во многих регионах и с успехом возделывается в настоящее время на самых разнообразных почвах (дерново-подзолистые, черноземы, сероземы и др.), став культурой как орошаемого, так и поливного земледелия [Шпаар, 2006].

Сахарная свекла культура умеренного климата. В мировом производстве из ее корнеплодов вырабатывается 25 % сахара – ценнейшего продукта питания. Он способствует сохранению и быстрому восстановлению работоспособности человека при физическом и умственном труде [Ефремова, 2015].

Сахарная свекла — культура, требовательная к почвенным условиям. В начале роста сахарная свекла поглощает относительно небольшое

количество азота, фосфора и калия, однако в этот период она очень чувствительна к недостатку фосфора. В период интенсивного роста листьев свекла потребляет много азота и калия. Для формирования корнеплодов растениям требуются умеренное азотное и усиленное фосфорное и калийное питание. Максимальное потребление элементов питания сахарной свеклой отмечается в июле-августе [Шпаар, 2003]. На 100 ц корнеплодов с соответствующим количеством ботвы сахарная свекла выносит в среднем 60 кг азота, 26 кг фосфора, 120 кг калия [Петров, Зубенко, 1981].

Наши исследования были направлены для определения доз макро- и микроудобрений на формирование высоко продуктивных посевов сахарной свеклы.

## Обзор литературы

### 1.1. Народнохозяйственное значение сахарной свеклы

Сахарная свекла - основной источник получения сахара, корнеплоды которой являются ценнейшим продуктом питания, из которых получают 25% сахара.

Народнохозяйственное значение сахарной свеклы заключается в том, что в ее составе корнеплодов содержится около 20 % сахарозы, т.е. тростникового сахара. При переработки получаемые патока и жом используются при добывании глицерина и спирта, а жом является ценным кормом для крупного рогатого скота [Никитин, 2014].

Жом – это мякоть корнеплода, остающаяся после извлечения из свекловичной стружки сахара. В жоме содержится около 15% сухих веществ, в том числе безазотистых экстрактивных веществ - 10%, клетчатки – 3%, золы- 0,7 %, протеина - 1,2 %.

Патока, которая получается при кристаллизации сахара как остаточный паточный раствор, является также ценным кормом. В сухом веществе ее содержится 90,2 – 91,5 % органического вещества и 8,5 – 9,8 зольных веществ [Демина, 2006].

Одним из важнейших факторов, влияющим на производство свеклы, является семеноводство. Его сложность заключается в том, что сахарная свекла двухлетняя культура. Маточные корнеплоды необходимо выращивать в первый год и заложить их на зиму в траншеи, укрывая 1,5 м слоем земли. При этом нужно проследить за ходом зимовки, так как весной посадить в почву и осенью получить семена [Дворянкин, Ярошук, 2013].

Экологическое значение культуры заключается в том, что она, сравнительно с другими растениями, может больше поглощать CO<sub>2</sub> и при этом высвобождать O<sub>2</sub>. Если быть точнее, выделенного кислорода сахарной свеклой с 1 га может быть достаточно для дыхания 62 человек в течение года.

Производственные объемы сахара в России растут быстрыми темпами. Еще в 2010-2011 гг. Россия занимала 8-ое место в рейтинге стран-производителей сахара, а на данный момент она занимает 5-е место.

Рекордная урожайность сахарной свеклы (43,8 т/га) была получена в 2013 году. При этом был получен валовой сбор сахарной свеклы в размере 37,7 млн.т., это на 2,2 млн.т. превысило целевой индикатор Государственной программы развития сельского хозяйства на 2013-2020 годы [Черсова, 2014].

На сегодняшний день сахарная свекла является перспективной сельскохозяйственной культурой. Данные Всероссийского Научно-Исследовательского Института показали, что на возделывание 1 га этой культуры по интенсивной технологии затрачивается около 28 тыс. руб. Выход сахара при урожайности 350 ц/га с этой площади равен 4,8 т., стоимостью 83616 руб. за вычетом 40% за переработку и издержек на выращивание (28 тыс.руб.) чистая прибыль составит 22170 руб./га. Чистая прибыль у лучших свекловодческих хозяйств гораздо выше [Чухраев, 2013].

## **1.2. Влияние минеральных удобрений на урожайность сахарной свеклы**

Значительная роль в технологии возделывания сахарной свеклы отводится системе удобрения. Одним из основных элементов, необходимых для растений является азот. Он находится в составе всех простых и сложных белков, которые являются главной составной частью цитоплазмы растительных клеток, и в состав нукleinовых кислот (РНК и ДНК), играющих исключительно важную роль в обмене веществ в организме. Азот входит в состав хлорофилла, фосфатида, алкалоида, фермента и во многих других органических веществах растительных клеток.

Известно, что сахарная свекла – весьма требовательная культура к условиям питания. Корнеплоды и ботва сахарной свеклы содержат более 60 элементов минерального питания, главные из которых: азот, фосфор, калий, кальций, натрий, сера, большое количество микроэлементов. Одним из

основных элементов питания является азот. Сахарная свекла потребляет его в течении всей вегетации, но максимальное количество азота потребляется в первой половине вегетации [Аникст, 1998].

Для питания растений главным источником азота служат соли аммония и соли азотной кислоты. Минеральные формы азота, которые поступают в растения проходят сложнейший цикл превращений. Конечным этапом для них является включение азота в состав белковых В молекул [Минеев, 2004]. Повышается синтез белковых веществ, усиливается и дальше сохраняется жизнедеятельность организма, ускоряется рост и несколько замедляется старение листьев при нормальном азотном питании. Растения образуют мощные стебли и листья, интенсивно-зеленого цвета, хорошо растут и развиваются, улучшается формирование репродуктивных органов. Это способствует повышению урожайности, а также содержанию белка в урожае [Ягодин, 1989].

Исследования А.А.Шмука (1950), А.И. Симакина(1983) и А.Х. Шеуджена (2015) показали, что азот в черноземе выщелоченном находится в первом минимуме, поэтому сельскохозяйственные растения наиболее отзывчивы на внесение азотных удобрений.

В почве доступными формами азота для растений является его нитратная и аммонийная формы. Находясь в почвенном растворе, нитраты, не поглощаются коллоидами, поэтому быстро мигрируют по профилю почвы. Возможно, с этим, а также с процессами денитрификации и иммобилизации и связано низкое содержание нитратного азота в почве [Шеуджен, и др., 2013].

Д.С. Пелагина, Н.Г. Мязина (2019) в своих работах пишут: «интенсивность снижения запасов минерального азота к уборке на контролльном и фоновом вариантах была значительно ниже, чем на вариантах с азотными удобрениями. Так, если на контролльном и фоновом вариантах запасы минерального азота перед уборкой составляли 46% от запасов в

начале вегетации, то на варианте с аммонийной селитрой – 22%, а с сульфатом аммония – 20%. Это, вероятно, связано с более интенсивным поглощением азота, находящегося в легкодоступной форме в азотных удобрениях, и более высоким выносом его с урожаем».

По исследованиям Е.В. Жерякова (2019), внесение азотных удобрений под сахарную свеклу оказало влияние на рост массы корнеплодов. Внесение азотных удобрений в дозе  $N_{100}$  способствовало увеличению массы корнеплода на 98 г по сравнению с неудобренным вариантом. При внесении  $N_{150}$  масса корнеплода составила 127 г, что на 27,5% больше, чем на контролльном варианте и на 5,2 % чем при внесении  $N_{100}$ . Увеличение дозы азота до 200 кг/га д.в. привело к увеличению массы корнеплода на 155 г по сравнению с неудобренным вариантом. Из анализа массы корнеплода перед уборкой свекловичных растений видно, что в вариантах с внесением удобрений массы корнеплода проходили наиболее интенсивно, чем на неудобренном фоне, что положительным образом отразилось на получении более высокого урожая.

Таким образом, азотные удобрения, которые были внесены под сахарную свеклу в рекомендуемых дозах, в форме аммонийной селитры, так и сульфата аммония улучшили азотный режим почвы [Пелагин, Мязин, 2019].

Для оптимального развития и роста свеклы фосфор необходим в течение всего вегетационного периода. Растения потребляют фосфор значительно меньше, чем азот и калий. Несмотря на это, фосфор играет важную роль в росте растений и формировании урожая: - ускоряет развитие и созревание растений, - повышает устойчивость к грибным заболеваниям, пониженным температурам и заморозкам, - способствует быстрому развитию корневой системы, особенно в критический период питания, - ускоряет отмирание листьев в конце вегетации, - улучшает качество корнеплодов и уравновешивает действие избытка азота. С участием этого элемента

происходит синтез сахарозы в листьях, которая сосредотачивается в корнеплодах [Шеуджен, 2013].

В вегетативных органах сахарной свеклы содержание фосфора в значительной степени зависит от фазы развития растений. Молодые, активно растущие растения наиболее богаты этим элементом. Так, по данным анализа И.А. Булдыковой, А.Х. Шеуджена (2014) в фазу 4 – 6 пар листьев растений увеличивается содержание фосфора по сравнению с контролем на 0,02 – 0,05 %, и на 0,03-0,07 % в фазу смыкания рядков .

В длительных стационарных опытах, проведенных Я.П. Цвеем, А.С. Бондарем (2017), наиболее оптимальными нормами фосфорных удобрений считается 90–120 мг/кг под сахарную свёклу и 34–45 мг/кг за ротацию севооборота. Избыточные нормы фосфорных удобрений зафосфачивают почву и снижают качество сахарной свеклы. Однако дозу применения фосфорных удобрений нужно обосновывать с уровнем обеспечения почвы фосфором и с учётом его баланса в севообороте.

В работах С.А. Шафрана, И.В. Ильюшенко, Е.С. Козеичева (2015) наряду с содержанием в почве доступных форм азота на величину урожайности сахарной свеклы немалое влияние оказывало наличие в почвах подвижных форм фосфора. Результаты данных статистической обработки экспериментальных данных показали, что существует связь между содержанием фосфора в почвах и урожайностью сахарной свеклы и она характеризовалась в одних случаях криволинейной, в других – линейной зависимостью и была существенной при уровне значимости 0,001.

Проблема фосфорного питания заключается в том, что фосфор труднодоступный элемент в почве и с низким коэффициентом его использования из удобрений (20%), поэтому оптимизация фосфорного питания является важным показателем влияния на урожайность. Улучшение фосфорного питания приводит к ускорению развития растений, повышению их холодаустойчивости и засухоустойчивости, улучшает развитие корневой

системы. При оптимизации фосфорного питания повышается показатель хозяйственной эффективности урожая культурных растений, а также содержание в хозяйственно- ценной части урожая углеводов и белков [Гуляев, Патыка , 2004]

Важным и незаменимым элементом минерального питания растений, характеризующим плодородие почв, является калий. Большинство почв характеризуются высокими общими запасами данного элемента, которые только в пахотном слое минеральных почв в зависимости от их типа, гранулометрического состава и содержания гумуса могут достигать 21-75 т/га [Шабаев,2015].

Одним из важных источников калийного питания растений является калий почвы. Валовое содержание его намного превышает запасы азота и фосфора в почве и главным образом определяется характером материнской породы и гранулометрическим составом. Основными показателями калийного состояния почв являются валовое содержание и формы соединений калия в почве [Алиев, Шакиров, Нуриев, 2005].

Основным элементом питания растений, наряду с азотом и фосфором, является калий, который в больших количествах потребляется сельскохозяйственными культурами в процессе роста и развития, а также формирования урожая. Несмотря на значительное содержания валового калия в почве, его недостаточно в доступной для растений форме, что вызывает необходимость применения калийных удобрений [Беляев, 2005].

Считалось, что при очень высоком природном содержании калия в почвах вряд ли стоит ожидать эффекта от применения калийных удобрений. К сожалению, за последние 30 лет изменились дозы и соотношения элементов питания в применяемых минеральных удобрениях, с относительным снижением доли фосфорных и калийных, при увеличении азотного компонента. Все это в сочетании с увеличением в структуре посевов доли калиелюбивых культур, таких как сахарная свекла, кукуруза,

подсолнечник, привело к тому, что формирование урожая происходит в основном за счет естественного плодородия почв. Между тем в последнее время в ряде публикаций отмечается необходимость внесения калийных удобрений на почвах ЦЧР наряду с азотными и фосфорными, особенно под калиелюбивые культуры, с целью обеспечения их высокой урожайности и поддержания почвенного плодородия [Иванова, Романенков, Никитина, 2014].

Калий не входит в состав многих органических соединений клеток в растениях и находится в ионной форме. Главным образом содержится в цитоплазме и вакуолях, а в ядре отсутствует. В клетках растений калия удерживается около 20% в обменно поглощенном состоянии коллоидами цитоплазмы, до 1% его необменно поглощается митохондриями, а основная часть (примерно 80 %) находится в клеточном соке и легко извлекается водой [Минеев, 2004]. Калий прежде всего оказывает влияние на усиление гидратации коллоидов цитоплазмы, повышает степень их дисперсности, при этом помогая растению лучше удерживать воду и переносить временные засухи. Под влиянием калия усиливается накопление крахмала, сахарозы и моносахаридов, кроме того, повышается холдоустойчивость и зимостойкость растений, устойчивость растений к грибковым и бактериальным заболеваниям [Практикум по агрохимии, 2001].

Все калийные удобрения хорошо растворимы в воде. При внесении в почву калий, входящий в состав калийных удобрений, переходит в ППК. Калий удобрений закрепляется почвенным поглощающим комплексом на глинистых и суглинистых почвах и слабо передвигается в нижние слои почвы. Подвижность калия высокая на легких песчаных почвах, где емкость поглощения невелика. В связи с этим, чтобы обеспечить растения калием в тот или иной период роста, его нужно вносить в те слои, где находится основная масса корней [Прокошева, 1986].

Почвы тяжелого гранулометрического состава содержат калия достаточно много. Часто растения не могут использовать этот запас, в связи с тем, что содержание усвояемого калия недостаточно для получения высоких урожаев. В результате интенсификации сельского хозяйства даже богатые калием почвы стали нуждаться в нем, вследствие чего иногда происходит значительное снижение плодородия почв. Реакция почвенного раствора, при неблагоприятной структуре, очень высокой поглотительной способности или значительном обеднении почв обменным калием, необходимо вносить калийные удобрения в больших дозах [Муха, Картамышев, 2004].

Систематическое внесение органических и калийсодержащих минеральных удобрений приводит к возрастанию содержания всех форм соединений калия в почвах. Потери калия при экстенсивном способе хозяйствования могут протекать значительными темпами, способствует уменьшению содержания обменных и необменных форм калия как в пахотной, так и в подпахотной частях профиля [Литвинович, Павлова, Маслова, 2006].

На формирование 1 т корнеплодов и соответствующего количества ботвы растения сахарной свеклы потребляют из почвы около 6,0-7,0 кг калия. Для сбалансированного минерального питания внесение калийных удобрений под эту высокопродуктивную калиелюбивую культуру сахарную свеклу является обязательным приемом, который способствует не только повышению урожая корнеплодов, но и улучшению их технологического качества. Учитывая возрастающий интерес к интенсификации сельскохозяйственного производства, вопрос о целесообразности и эффективности применения калийных удобрений под сахарную свеклу, возделываемую на почвах с повышенным и высоким содержанием доступного калия, является актуальным [Прокошев, Дерюгин, 2000].

### 1.3. Роль микроэлементов в жизни растений и в земледелии

Наукой доказано, что для нормального развития растительного организма недостаточно применения только минеральных или органических удобрений. В питании растений важную роль играют микроэлементы, такие как: медь, молибден, марганец, кобальт, цинк, бор. Они повышают активность многих ферментов и ферментных систем в растительном организме и улучшают использование растениями питательных веществ из почвы и удобрений. Поэтому микроэлементы нельзя заменить другими веществами, а их недостаток обязательно должен быть восполнен. Только при этом можно получить качественную продукцию, содержащую оптимальное количество для данного сорта, аминокислот, сахаров, витаминов [Алексеев, 2006].

Производственный опыт и результаты исследований показывают, что сбалансированное применение макро- и микроэлементов является необходимым условием получения высоких стабильных урожаев хорошего качества. По результатам обобщения данных полевых опытов агрохимслужбы, микроудобрения обеспечивают повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 10-12%, а окупаемость их применения выше в 3-4 раза, чем на затраты применения. Опыты с микроудобрениями показывают, что их применение под соответствующие культуры наиболее эффективно на почвах с низким и средним содержанием подвижных форм соответствующих микроэлементов [Исаев и др., 2009].

Азотно-фосфорно-калийные удобрения повышают урожайность сельскохозяйственных культур, но одновременно с одноименными элементами усиливают и вынос микроэлементов. Все это требует компенсации за счет внесения микроудобрений. Недостаток любого из них является отрицательным фактором, ограничивающим продуктивность агроценоза [Шеуджен, 2010].

Микроэлементы играют важную физиологическую роль, а так же входят в состав жизненно важных соединений. На современном этапе существует много данных об их концентрации и физиологической роли в жизни растений. В работах П.А.Власюка (1965), Б.А.Ягодина (2004), , П.И. Анспока (1979) и других авторов упоминаются исследования с ними.

Микроэлементы в растениях служат строительным материалом структурных компонентов – белков, нуклеиновых кислот, а также являются носителями фундаментальных функций, которые определяют ионный баланс. В отличие от азота, фосфора и калия, микроэлементы преимущественно входят в состав ферментов[Шафран, 2004].Оказывая существенное воздействие на процессы фотосинтеза микроэлементы, участвуют в них от стадии образования хлорофилла до синтеза ферментов, витаминов. Образуя комплексы с нуклеиновыми кислотами, микроэлементы оказывают воздействие на структурное состояние и физиологические функции рибосом, улучшают проницаемость клеточных мембран и поглощение минеральной пищи растениями [Анспок 1978].

Одной из культур, положительно отзывающихся на микроэлементы, является сахарная свекла. Их включение в систему удобрения оказывает влияние на ростовые процессы, повышает содержание пластидных пигментов, усиливает интенсивность фотосинтеза, способствует более рациональному использованию азотно-фосфорно-калийных удобрений. Все это непосредственно воздействует на продуктивность сельскохозяйственных культур, в т.ч. сахарной свеклы [Шеуджен, 2013].

Высокая эффективность микроудобрений проявляется на светло- и темно-серых оподзоленных почвах, выщелоченных и оподзоленных черноземах, дерново-карбонатных, дерново-подзолистых и торфяных почвах. Применение микроудобрений приводит к повышению устойчивости растений, снижая стресс, вызванный засушливыми условиями. Все это

напрямую воздействует на продуктивность сахарной свеклы [Булдыкова, 2013].

Основным критерием оценки предпочтительности использования того или иного вида микроудобрений (бор, молибден, цинк, медь, марганец, кобальт) и способов их внесения являются оценка их влияния на общий выход сахара с продукцией (корнеплодами) с единицы посевной площади культуры. Расчетами А.Н.Аристархова, Т.А. Яковлевой (2017) установлено что:

- все виды микроудобрений на почвах с недостаточным содержанием микроэлементов оказывают существенное влияние на дополнительные сборы сахара с урожаями корнеплодов сахарной свеклы. При этом выявлены некоторые приоритеты применения микроудобрений по природно-сельскохозяйственным зонам, обусловленные нормами, способами применения МУ и технологическими особенностями возделывания культуры;

- пределы колебаний прибавок сбора сахара только за счет увеличения урожая от применения микроудобрений колеблются: по бору – от 3,5 до 6,9 ц/га; по молибдену – от 3,7 до 9,9 ц/га; по цинку – от 2,4 до 9,2 ц/га; по меди – от 3,8 до 9,3 ц/га; по марганцу – от 3,2 до 11,7 ц/га и по кобальту – от 2,5 до 7,5 ц/га. При этом эффективность применения борных микроудобрений всеми способами примерно одинакова во всех зонах. В условиях орошения в южных регионах резко возрастает дополнительный выход сахара за счет применения молибдена при некорневых подкормках посевов (до 9,9 ц/га). Аналогичные результаты достигаются при использовании этого способа применения цинка, меди и марганца (до 9,2 – 11,7 ц/га) в орошаемом земледелии [Аристархов, Яковлева, 2017].

Приоритетность способов применения микроудобрений:

– бор целесообразно использовать в южно-таежно-лесной зоне всеми способами, в лесостепной – лучше вносить его в почву и использовать при

обработке семян, в степной и сухостепной зонах – при подкормках и обработке семян;

- молибден эффективен при всех способах его применения, но некоторое преимущество имеет предпосевная обработка семян и основное внесение; цинк наиболее эффективен в южно-таежно- лесной и степной зонах при обработке семян, в лесостепной зоне – при основном (почвенном) внесении, а в сухостепной зоне при орошении – способом некорневых подкормок;
- медь целесообразнее использовать экономичными приемами, но достаточно эффективно ее внесение и в почву в большинстве исследуемых зон;
- марганец характеризуется равностью эффекта от применения всех способов в южно-таежно- лесной, лесостепной и преимуществом при почвенном внесении в степной зоне, а в сухостепной – при некорневых подкормках и обработке семян.

#### **1.4. Влияние бора на продуктивность сельскохозяйственных культур**

Бор поступает в растения в анионной форме и обладает ярко выраженной способностью к комплексообразованию, особенно с полигидроксильными соединениями, указывая на косвенную роль бора в ферментативных процессах [Школьник, 1988]. Соответственно, бор улучшает белковый, нуклеиновый и углеводный обмены. При недостатке бора нарушается синтез, превращение и транспортировка углеводов, формирование репродуктивных органов, оплодотворение и плодоношение. Значительность перечисленных функций определяет его высокую биофильность по А.И. Перельману (1972). Среднее содержание бора в растениях составляет 1 мг/кг, в зерне озимой ржи оно варьирует в зависимости от фонда удобрений от 10 до 21,4 мг/кг сухого вещества [Гайсин, 1996].

Недостаточность бора проявляется прежде всего в самых молодых частях растений и он почти не передвигается в растениях, задержка роста

молодых растущих растений служит самым распространенным симптомом его недостаточности. Часто это сопровождается красной или желтой окраской. Разрушение некоторых клеток меристемы является первым симптомом недостаточности. При острой недостаточности проявляются визуальные симптомы [Ягодин, 2002].

Данные литературных источников о содержании бора в растениях с точки зрения недостаточности несколько противоречивы. Это частично объясняется тем, что нижние части растений могут содержать достаточное количество бора, иногда в три раза больше, чем верхушки растений с признаками борного голодания. Содержание бора у нормальных растений колеблется от 3-100 мг/кг сухого вещества. В общем, для злаковых характерно низкое содержание бора, а для свеклы, рода капуста и бобовых- относительно высокое. Определение бора в растениях не представляет трудностей и наряду с внешними симптомами может служить хорошим методом для определения потребности в борсодержащих удобрениях.

### **1.5. Влияние бора на продуктивность сахарной свеклы**

Применение борных удобрений под сахарную свеклу является одним из важных факторов интенсификации ее производства [Сычев и др.]. Бор играет важную роль в процессе фотосинтеза, оплодотворения, в плодоношении и роста корнеплодов. Применение бора способствует лучшему усвоению азота, фосфора, калия, увеличивает отток углеводов из листьев в корнеплоды, что приводит к существенному повышению сахаристости и урожайности сахарной свеклы [Сычев, Аристархов, Яковлева, 2017].

Доказано, что сахарная свекла очень требовательна к условиям питания и нуждается во внесении высоких доз удобрений [Апасов, 2013]. Мнения исследователей достаточно противоречивы по вопросу наиболее эффективных способов применения борных удобрений под сахарную свеклу. Полагается, что основной способ внесения бора (в почву) и предпосевная

обработка семян бором должны быть наиболее агрохимически эффективными, так как при этих способах применения микроэлемента на почвах с низким содержанием бора растение начинает его потреблять с самого начала роста и развития, а принекорневых подкормках – только после периода острой недостаточности. Это, в конечном итоге, может отрицательно отражаться на урожае и качестве продукции. Вместе с этим считается, что экономичные способы применения борных удобрений (предпосевная обработка семян и некорневые подкормки) наиболее рациональны, так как в этом случае растениями усваивается максимальное количество применяемого бора (до 40–100% от внесенного), а при внесении в почву не исключается закрепление его в нерастворимых формах [Анспок, 1990].

По результатам исследования А.Н. Аристархова, Т.А. Яковлевой (2018) выявлено, что средние прибавки урожайности сахарной свеклы от бора, преимущественно на фоне NPK (90–120) достигали на дерновоподзолистых и серых лесных почвах 29–30 ц/га, на черноземах выщелоченных 24–27 ц/га, на черноземах типичных, северокавказских, североприазовских 34–35 ц/га, на каштановых почвах (при орошении) 44–47 ц/га. Содержание сахара в корнеплодах при этом достаточно устойчиво повышалось на 0,5–0,8%.

Большое значение бора в свекловичном полеводстве связано с тем, что сахарная свекла, в отличие от других культур, за вегетационный период создает огромную массу органического вещества с тем выносит большое количество минеральных веществ из почвы. При благоприятных условиях урожай органической массы сахарной свеклы превосходит в два раза урожай других растений. Высокая синтетическая деятельность должна сопровождаться достаточным и своевременным снабжением свеклы минеральными веществами. Повышенная потребность свеклы выяснена не только к основным элементам питания, но она также сравнительно высока к микроэлементам, особенно бору [Нурмагамбетов, 1964].

Применение борсодержащих удобрений способствует повышению сахаристости корнеплодов на большинстве типов почв не менее, чем на 0,7%, а на чернозёмах типичных – на 1,4%. Дополнительные сборы сахара с 1 гектара посевов культуры при этом могут составлять на почвах более северных регионов страны (дерново-подзолистые, серые лесные, чернозёмы оподзоленные и выщелоченные) до 5,0 - 6,9 ц/га, тогда как в более южной зоне возделывания культуры на черноземах типичных, обыкновенных и каштановых почвах еще больше – 8,1 - 10,7 ц/га. Следовательно, при средних ежегодных площадях посева сахарной свеклы порядка одного миллиона гектар в целом по стране возможно получение за счет бора до 700 тыс. т сахара, а при более оптимальных условиях до 1 млн. т, что могло бы существенно снизить дорогие закупки этого продукта за рубежом [Аристархов, Яковлева, 2018].

### **1.6. Влияние меди на продуктивность сахарной свеклы**

Медь входит в состав ферментов и молекул белка. При хорошей обеспеченности медью повышается зимостойкость растений. Недостаток меди снижает образование РНК причем прекращается их рост, на листьях появляется выраженная гуттация, светлые пятна и отмирает верхушка побегов [Соловьев, 2006].

В углеводном и белковом обмене в растениях большое участие принимает медь. Медь повышает как активность пероксидазы, так и синтез белков, углеводов и жиров. Недостаток меди вызывает у растений понижение активности синтетических процессов и ведет к накоплению растворимых углеводов, аминокислот и других продуктов распада сложных органических веществ. Большую роль медь играет в процессах фотосинтеза. При ее недостатке разрушение хлорофилла происходит значительно быстрее, чем при нормальном уровне питания растений медью. Характерной особенностью действия меди является то, что этот микроэлемент повышает

устойчивость растений против грибковых и бактериальных заболеваний [Каталымов, 1965].

По данным П.А. Власюка (1959), Д.В. Васильевой (1961) и Н.И. Кузнецова (1964) внесение в почву медьсодержащих удобрений способствовало повышению содержания в листьях сахарной свеклы азота, фосфора и калия.

Медные удобрения не только увеличивают урожайность, но и улучшают качество продукции: увеличивается крахмалистость клубней картофеля, сахаристость корней сахарной свеклы, каротина в клубнях моркови, вырастает содержание белка в зерне злаковых культур, витаминов в овощах, фруктах и ягодах, повышается качество волокна льна и конопли [Кудашкин, 2001]. В исследованиях В.В. Яковлева и Г.А. Данилова (1965) показано, что микроэлемент медь усиливает процессы дыхания, синтез фосфора содержащих органических соединений.

Рядом исследователей, Г.Я. Жизневской (1983), В.И. Симеренко (1983), И.Н. Богданова и Р.С. Бондаря (1989), В.Д. Панникова (1987), Кудашкина (2001) было обнаружено увеличение содержание растворимых сахаров, аскорбиновой кислоты и хлорофилла, усиление активности меди содержащей полифенолисидазы и снижение активности пероксидазы под влияние меди.

Медные удобрения оказывают влияние на формообразовательные процессы у сахарной свеклы: повышают скорость появления листьев, увеличивает их размер и продуктивность. Также они являются синергетиками, т.е. взаимно усиливают рост и развитие и, в конечном счете, обеспечивают повышение урожая и сахаристости сахарной свеклы [Акиров, 1969].

Влияние различных способов медных микроудобрений на сахаристость сахарной свеклы наиболее тщательно изучено на почвах лесостепной, степной и сухостепной зон. Установлено, что внесение меди в

почву в южно таежно-лесной, лесостепной и степной зонах обеспечивает улучшение сахаристости корнеплодов сахарной свеклы на 0,3-0,8 %, а в сухостепной зоне при орошении – на 0,4 %. Последнее, по-видимому, обусловлено ростовым разбавлением при высоких уровнях урожайности, полученной в опытах. Наиболее высокие прибавки сахаристости корнеплодов выявлены от некорневых подкормок (увеличение на 1,2 % в лесостепной и на 0,6 % - в сухостепной зонах), а также при обработке семян перед посевом (увеличение на 0,5 – 0,7 % в условиях обеих зон) [Аристархов, Яковлева, 2017].

### **1.5. Содержание меди в почвах Республики Татарстан**

Согласно картосхеме Даутова Р.К. (1985) по содержанию подвижных форм микроэлемента меди почвы республики объединены в 4 группы.

**Таблица 1.1. – Содержание подвижных форм микроэлемента меди в почвах Республики Татарстан**

| Обеспеченность почвы микроэлементом меди | Содержание подвижных форм микроэлемента меди мг/кг |
|--|--|
| Очень низкая                             | До 0,50  |
| Низкая                                   | 1,50-3,50  |
| Средняя                                  | 3,60-5,0   |
| Высокая                                  | Более 5,0  |

Как уже отмечалось выше по содержанию подвижной меди почвы республики объединены в 4 группы:

**I группа** - почвы с очень низким содержанием меди, менее 1,5 мг/кг почвы составляют дерново-подзолистые почвы легкого механического состава (песчаные и супесчаные).

**II группа** - почвы, характеризующиеся низким содержанием подвижной меди от 1,5 до 3,5 мг/кг почвы представляют дерново-подзолистые почвы среднего и тяжелого механического состава, светло-серые, лесные, и также карбонатные черноземы.

Наибольшие массивы этих почв встречаются в Предкамских районах и в юго-восточном Закамье.

**III группа** - почвы характеризующиеся средним содержанием подвижной меди от 3,5 до 5 мг/кг. В эту группу входят серые и темно-серые почвы, коричнево-серые, черноземы, оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные, типичные, а также слоисто-пойменные почвы. Почвенный покров Предволжских и Закамских районов представляет в основном почву входящую в эту группу.

**IV группа** - почвы с высоким содержанием меди более 5,0 мг/кг.

Сюда входят дерново-карбонатные, зернисто-пойменные почвы и черноземы луговые. Такие почвы в РТ не распространены. Известкование почв снижает подвижность меди [Пейве Я.В. 1963]. Я.В. Пейве показывает, что на фоне высоких доз фосфорных удобрений подвижность меди снижается, так как фосфат меди не растворим в воде.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что применение медь содержащих удобрений необходимо на площади почв, на которых следует ожидать положительный эффект от применения медных удобрений составляет около 25%.

## Глава 2. Условия и методика проведения опытов

### 2.1. Цель и задачи исследований

Цель исследований – оценить влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество сахарной свеклы в условиях выщелоченного чернозема ООО «Цильна» Дрожжановского района РТ.

В задачу исследований входят:

- изучить влияние бора и меди на пищевой режим черноземной почвы;
- изучить действие макро- и бор и медьсодержащего хлористого калия на фотосинтетическую деятельность, а также рост и развитие растений;
- изучить химический состав сахарной свеклы;
- рассчитать хозяйственный вынос и коэффициент использования NPK из удобрений;
- изучить влияние макро- и микроудобрений на урожай и качество сахарной свеклы;
- дать экономическую оценку эффективности использования макро- и микроудобрений.

### 2.2. Методика проведения полевых опытов

Полевые исследования проводились в ООО «Цильна» Дрожжановского района Республики Татарстан (РТ) в 2019 г. Почва опытного участка выщелоченный чернозем. Мощность пахотного слоя 25-27 см. Основные агрохимические показатели пахотного слоя почвы даны в таблице 2.1. Почва опытного участка представлена выщелоченным черноземом, среднесуглинистого гранулометрического состава, содержание гумуса - среднее, высокое содержание – подвижного фосфора и подвижного калия. Обеспеченность бором и медью - среднее.

Дрожжановский район Республики Татарстан расположен на юго-западе республики, граничит с Республикой Чувашия и Ульяновской областью. Район состоит из 19 сельских поселений, включающих в себя 52

населенных пунктов. Старое Дрожжаное, село в Татарстане, центр Дрожжановского района, в 200 км к юго-западу от Казани, в 45 км к востоку от железнодорожной станции Бурундуки. Население около 4,5 тыс. человек.

Таблица 2.1. - Агрохимические показатели почвы опытного участка

| Показатели  |      |
|---|------|
| Гумус, %  | 8,6  |
| pH солевой вытяжки  | 6,5  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг / кг почвы по Чирикову | 185  |
| K <sub>2</sub> O, мг / кг почвы по Чирикову               | 250  |
| Подвижный бор мг /кг почвы                                | 0,70 |
| Подвижная медь мг/кг почвы                                | 3,6  |

Исследования проводились на фоне внесения основных макроудобрений: N<sub>152</sub>P<sub>55</sub>K<sub>164</sub>. Норма удобрений рассчитана балансовым методом под урожай корнеплодов - 42 т/га.

Посев осуществляли дражированными семенами сахарной свеклы сорта Крокодил с применением фунгицида и инсектицида (ТМТД + фурадан). Высевали 90 тыс. шт./га. Исследования проводились на фоне опрыскивания гербицидами с применением следующих агротехнических мероприятий.

Первую обработку против злаковых и однолетних двудольных сорняков осуществляли 3 мая почвенным гербицидом Дуал-Голд из расчета 1,6 л/га. Второе опрыскивание по всходам – 5 июня гербицидами фузелад-форте 1,0 л/га (против овсянки) + бифор-эксперт 2,0 л/га (против двудольных). Третье опрыскивание по всходам – 16 июля гербицидами фузелад-форте 1,0 л/га + бифор-эксперт 2,0 л/га + агрон 0,3 л/га (против осотовых) + карибу 30 г/га (против злостных корнеотпрысковых).

Расход рабочей жидкости при использовании гербицидов составил 250 л/га.

### 2.3. Схема опыта

Изучение путей повышения продуктивности сахарной свеклы под влиянием макро- и микроудобрений проводилось в звене севооборота. Сахарная свекла возделывалась после озимой пшеницы.

#### Схема опыта

1. Контроль
2.  $N_{152}P_{55}$ - ФОН
3. ФОН+ $KCl_{164}$  (мелкоクリсталический)
4. ФОН+ борсодержащий  $KCl$  (2 % бора)
5. ФОН+ медьсодержащий  $KCl$  (2% меди)

Повторность опыта 4-х кратная, расположение делянок последовательное. Размер учетной площади  $20\text{ м}^2$ , общая площадь делянки  $30\text{ м}^2$ . Удобрения вносились из средних условий влагообеспеченности расчетно-балансовым методом. Их дозы определялись для получения с 1 га 42,0 т корнеплодов сахарной свеклы.

Под сахарную свеклу в 2019 году было внесено  $N_{152}P_{55}K_{164}$ . В опыте использовались аммиачная селитра, аммофос, хлористый калий мелкоクリсталический, борсодержащий хлористый калий (2 % бора) и медьсодержащий хлористый калий (2% меди). Агротехника возделывания сахарной свеклы в опытах соответствовала зональным рекомендациям. Все удобрения вносились под предпосевную культивацию вручную.

К использованию был предложен сорт сахарной свеклы «Крокодил».

**Характеристика сорта «Крокодил»**

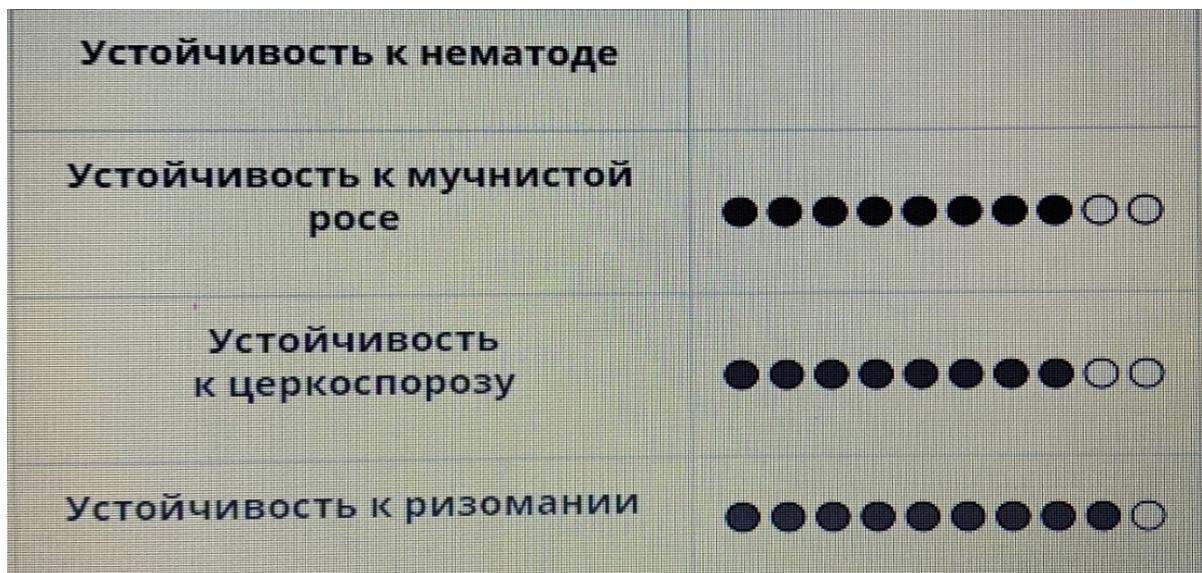
**Крокодил** - односемянный диплоидный гибрид на стерильной основе, NZ типа. Слабо поражался корнеедом и церкоспорозом, средне - мучнистой росой.

#### Преимущества:

- При возделывании в неблагоприятных условиях внешней среды способен давать стабильный урожай.

- Потенциал урожайности до 700 ц/га
- Потенциал содержания сахара 18 - 20%
- Отзывчив на уровень агротехнологии.

#### **Основные характеристики гибрида свеклы сахарной Крокодил:**



#### **Факторы влияющие на содержание сахара в корнеплодах свеклы**

1. Потенциал гибрида;
2. Уровень агротехнологии.
3. Содержание элементов питания в почве;
4. Водный режим;
5. Почвенно-климатические условия:
  - хорошее начальное влагообеспечение
  - благоприятные температурные условия в период вегетации растения (засуха может вызывать снижение содержания сахара);
6. Фитосанитарная среда (снижение сахара в корнеплодах может происходить за счет влияния патогена на растение).
7. Высокая численность вредителей снижает содержание сахара в корнеплодах. Это происходит за счет уменьшения площади листьев растения, в которых образуются сахара перед тем как попасть в корнеплод.

Таблица 2.2. - Агротехнические мероприятия, проводимые под сахарную свеклу

| Дата         | Вид работ                                    | Агрегаты для обработки  |
|--------------|--|---|
| Осень        | Основная обработка – вспашка (25-30см)       | ДТ-75, ПЛП-6  |
| Весна        | Закрытие влаги                               | ДТ-75, БЗТС-1   |
| конец мая    | Разбрасывание<br>Заделка удобрений (на 5 см) | МТЗ-80 + разбрасыватель «АМАЗОНЕ» (вместимость - 5т)<br>«Компактор» (фирма Лемкен) или УСМК-5,4 (2) |
| 3. Май       | Внесение почвенного гербицида                | МТЗ-80 + ОП-2000 (л), подвоз воды Т-150 + РЖТ (емкость для жидких вещей)                            |
|              | Заделка (на 5 см)                            | «Компактор» (фирма Лемкен) или УСМК-5,4 (2)   |
|              | Посев на глубину 3 см, с междурядьем – 45 см | ДТ-75 + сеялка «МУЛЬТИКОРН» (ширина 5,4).   |
| 5. Июнь      | Опрыскивание гербицидами по всходам          | МТЗ-80 + ОП-2000 (л),<br>подвоз воды Т-150 + РЖТ  |
| 15. Сентябрь | Уборка и отвоз сразу на завод                | Комбайн «Ропа», срезает, измельчает, разбрасывает ботву и собирает свеклу в бункер                  |

## 2.4. Наблюдения, анализы и учет

На опытах проводились следующие сопутствующие наблюдения:

1. Фенологические наблюдения.
2. Определение сухого вещества в анализируемом материале (части растений, почвенные пробы) высушиванием в сушильном шкафу при 105<sup>0</sup>С в течение 6 часов до постоянного веса;

Проводились следующие исследования:

Определение агрохимических показателей почвы: содержание гумуса по Тюрину; pH обменной кислотности по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483); подвижных форм фосфора и калия по Чирикову (фосфора с использованием фотоэлектроколориметра, калия - пламенного фотометра); бора и меди – химическим (по Пейве и Ринькису).

3. Определение коэффициентов использования основных элементов питания из удобрений разностным методом по формуле:

$$КИ = (A-B)/D \times 100$$

КИ - коэффициент использования элементов питания растением из удобрений в %.

А - количество элемента, поглощенного культурой на удобренном варианте (общий вынос);

В - вынос элемента урожаем на варианте, где он не вносился, кг/га;

Д - количество элемента внесенного в почву с удобрением, кг/га;

4. Учет урожая методом уборки корнеплодов с каждой делянки;

Биохимические анализы растительных образцов - определение содержания:

- общего азота по Кельдалю;
- фосфора по методу Мерфи и Райли с применением аскорбиновой кислоты;
- калия на пламенном фотометре;
- микроэлемента бора и кобальта – по Пейве и Ринькису в модификации ЦИНАО.

Анализ экономической эффективности применения макро и микроудобрения проводился в соответствии с методическими указаниями ВИУА на основе конкретных производственных затрат в условиях сельскохозяйственного предприятия;

5. Статистическая обработка результатов исследований проведена по Доспехову (1985).

## **2.5. Метеорологические условия вегетационного периода**

Республика Татарстан расположена на восточной части РФ. Территория республики характеризуется умеренно-континентальным климатом. Радиационный режим мало меняется, вследствие небольшой протяженности с севера на юг и с запада на восток.

Для комплексной оценки агроклиматических ресурсов по влагообеспеченности растений с учетом теплового режима воздуха в течение вегетационного периода наиболее распространен гидротермический коэффициент (ГТК), предложенный Г.Т. Селяниновым. Для расчета этого показателя необходима сумма среднесуточных температур (или сумма эффективных температур) и сумма осадков за определяемый промежуток времени. Значения суммы среднесуточных температур в течение вегетационного периода сахарной свеклы по метеорологической станции Дрожжановского района приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3.- Сумма среднесуточных температур за период вегетации сахарной свеклы,  $t^{\circ}\text{C}$

| Год                    | Месяц |       |       |       | Сумма за вегетацию |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|
|                        | V     | VI    | VII   | VIII  |                    |
| 2019                   | 412,3 | 543,0 | 626,2 | 527,0 | 2108,5             |
| Средняя<br>Многолетняя | 375,1 | 501,0 | 589,0 | 527,0 | 1992,1             |

В среднем за вегетацию 2019 года сумма среднесуточных температур были выше среднемноголетних показателей, благодаря повышению теплового режима в июле и в августе.

Таблица 2.4.– Метеорологические условия 2019 года.

| Дата               | Май                      |             | Июнь                     |             | Июль                     |             | Август                   |             |
|--------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
|                    | Температура              | Осадки      | Температура              | Осадки      | Температура              | осадки      | температура              | Осадки      |
| 1                  | 8,82                     | 0           | 17,64                    | 6,6         | 17,8                     | 0           | 13,33                    | 8,4         |
| 2                  | 7,31                     | 5,3         | 19,93                    | 0           | 19,78                    | 0           | 13,44                    | 0           |
| 3                  | 13,66                    | 0,2         | 17,43                    | 2,6         | 20,95                    | 0           | 15,14                    | 0           |
| 4                  | 16,79                    | 0,6         | 15,54                    | 0           | 18,61                    | 0           | 14,40                    | 0,2         |
| 5                  | 17,38                    | 0           | 18,8                     | 0           | 16,56                    | 0           | 10,91                    | 43,2        |
| 6                  | 17,64                    | 0           | 21,76                    | 0           | 17,52                    | 0           | 10,91                    | 14          |
| 7                  | 17,99                    | 0           | 19,5                     | 0           | 15,33                    | 3,2         | 13,34                    | 0           |
| 8                  | 20,07                    | 0           | 19,68                    | 0           | 17,72                    | 0           | 17,36                    | 0,4         |
| 9                  | 21,49                    | 0           | 20,98                    | 0           | 18,02                    | 3,8         | 18,2                     | 3,1         |
| 10                 | 22,53                    | 0           | 24,1                     | 0           | 19,75                    | 0,6         | 17,46                    | 0           |
| 11                 | 25,54                    | 0           | 23,49                    | 0           | 18,38                    | 0           | 15,29                    | 1,0         |
| 12                 | 24,69                    | 0           | 20,17                    | 0           | 19,24                    | 1,5         | 12,43                    | 0           |
| 13                 | 25,01                    | 0           | 13,29                    | 0           | 19,05                    | 7,5         | 13,74                    | 0           |
| 14                 | 24,07                    | 8,6         | 12,15                    | 0,2         | 19,99                    | 0           | 16,05                    | 0           |
| 15                 | 19,69                    | 0           | 14,42                    | 0           | 19,34                    | 0           | 21,32                    | 0           |
| 16                 | 15,23                    | 10,1        | 14,96                    | 0,2         | 20,51                    | 0           | 20,63                    | 3,7         |
| 17                 | 11,0                     | 0           | 18,66                    | 0           | 20,24                    | 0           | 19,56                    | 0           |
| 18                 | 10,61                    | 0           | 21,34                    | 0           | 23,41                    | 0,6         | 22,82                    | 0,2         |
| 19                 | 7,01                     | 0           | 21,44                    | 2,3         | 22,74                    | 0,2         | 20,71                    | 0           |
| 20                 | 8,94                     | 0           | 23,14                    | 0           | 21,68                    | 0           | 21,70                    | 0           |
| 21                 | 12,26                    | 0           | 23,48                    | 0           | 18,52                    | 15          | 21,11                    | 0           |
| 22                 | 11,26                    | 1,1         | 25,28                    | 0           | 17,16                    | 7,4         | 22,89                    | 0           |
| 23                 | 14,42                    | 8,3         | 26,67                    | 0           | 17,81                    | 0           | 19,72                    | 0           |
| 24                 | 8,73                     | 1,0         | 22,01                    | 0           | 19,93                    | 0           | 18,06                    | 0           |
| 25                 | 10,03                    | 0           | 20,03                    | 0           | 23,97                    | 0           | 16,86                    | 0           |
| 26                 | 14,93                    | 0           | 16,31                    | 1,2         | 24,92                    | 0           | 13,91                    | 0           |
| 27                 | 16,79                    | 3,6         | 11,11                    | 11,9        | 21,31                    | 23,8        | 13,91                    | 6,1         |
| 28                 | 18,85                    | 0           | 13,22                    | 7,4         | 17,32                    | 2,8         | 10,49                    | 0,2         |
| 29                 | 22,17                    | 0           | 1893                     | 0,4         | 11,63                    | 0           | 10,07                    | 0           |
| 30                 | 24,71                    | 0           | 14,16                    | 0           | 12,7                     | 1,3         | 10,49                    | 0           |
| 31                 | 23,83                    | 0           |                          |             | 11,11                    | 7,7         | 12,65                    | 0           |
| <b>За месяц</b>    | <b>16,56</b>             | <b>38,8</b> | <b>19,12</b>             | <b>32,8</b> | <b>18,8</b>              | <b>75,4</b> | <b>16,09</b>             | <b>80,5</b> |
| <b>Среднемног.</b> | <b>+12,1<br/>(+13,3)</b> | <b>39</b>   | <b>+16,7<br/>(+18,1)</b> | <b>56</b>   | <b>+19,0<br/>(+20,2)</b> | <b>59</b>   | <b>+17,0<br/>(+17,6)</b> | <b>53</b>   |

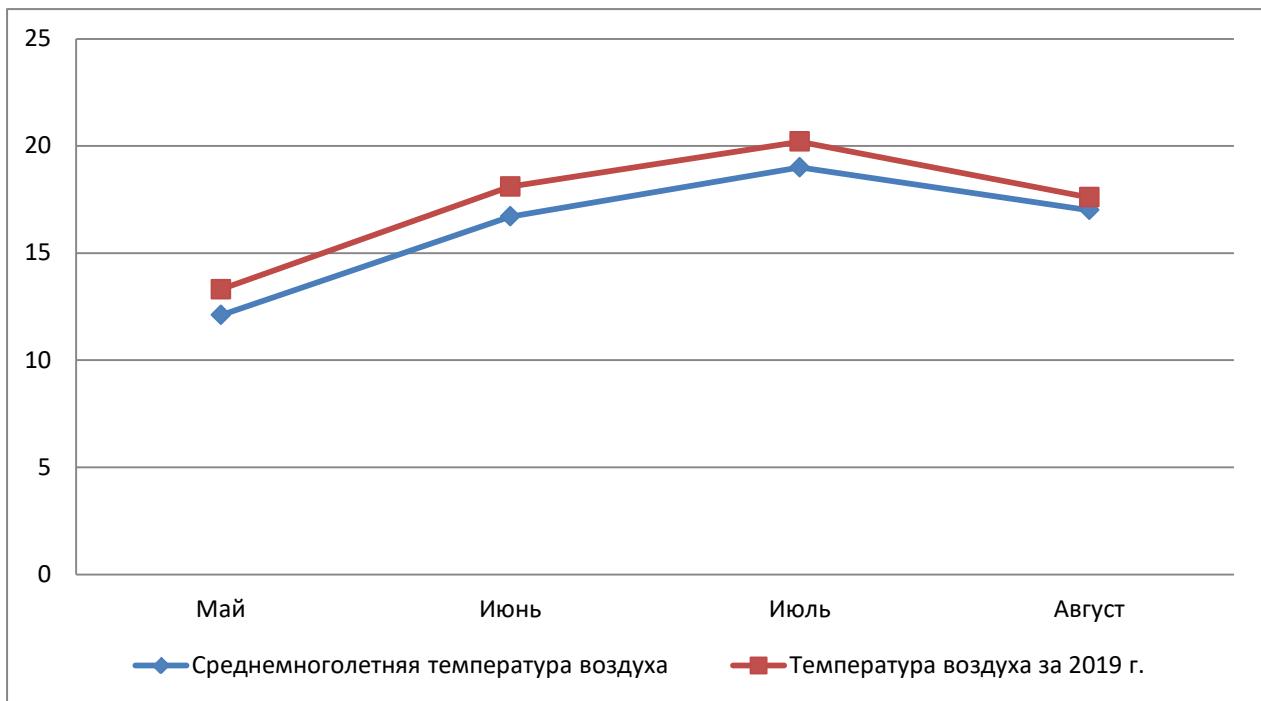


Рис. 2.1. Среднесуточная температура воздуха, 2019 г., °C

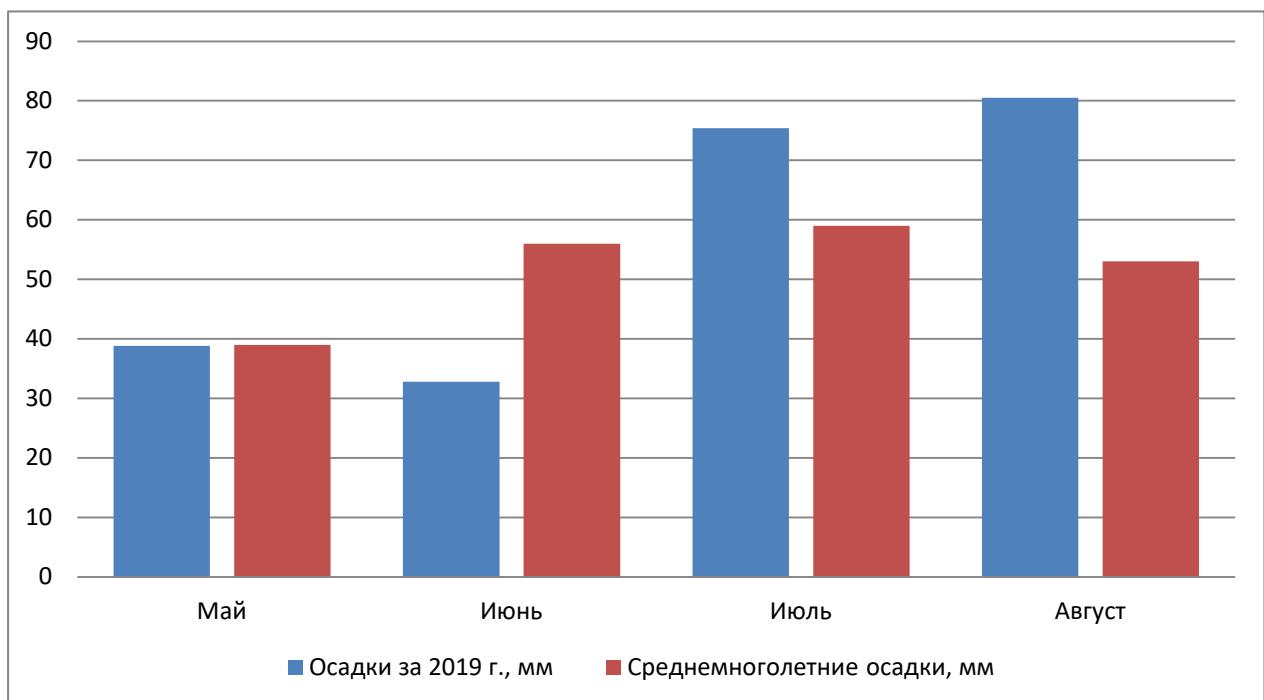


Рис. 2.2. Влагообеспеченность, 2019 г.

Формирование урожая полевых культур невозможно без достаточной влагообеспеченности, поэтому одним из важнейших агроклиматических факторов, влияющих на продуктивность растений, являются атмосферные осадки, характеристика которых за вегетацию приведена в таблице 2.5. В среднем за вегетацию сумма осадков были значительно выше среднемноголетних показателей, благодаря повышенной влагообеспеченности в июле в 1,3 раза и в августе в 1,5 раза вегетационного периода, а в показатель 2019 года превысил среднемноголетние значения в 1,1 раза.

Таблица 2.5.- Количество осадков в период вегетации сахарной свеклы, мм

| Год         | Месяц |      |      |      | Сумма<br>Осадков |
|-------------|-------|------|------|------|------------------|
|             | V     | VI   | VII  | VIII |                  |
| 2019        | 38,8  | 32,8 | 75,4 | 80,5 | 227,5            |
| Среднее     | 39    | 56   | 59   | 53   | 207,0            |
| Многолетнее |       |      |      |      |                  |

Данные по ГТК за различные месяцы вегетационного периода и в целом за вегетацию сахарной свеклы представлены в таблице 2.6.

Данные по ГТК за различные месяцы вегетационного периода свидетельствуют, что метеоусловия можно было характеризовать как среднеобеспеченные (май, июнь) или высокообеспеченны (июль, август).

Проведенный анализ показал, что метеорологические условия вегетационного периода были типичными для данного региона. Регулирование прихода тепла и осадков сопряжено с большими трудностями, однако внесение расчетных доз удобрений под запланированный урожай и использование микроудобрений существенно снижает зависимость урожая от складывающихся погодных условий.

Таблица 2.6.- Гидротермический коэффициент (ГТК) в период вегетации

сахарной свеклы

| Год                    | Месяц |      |      |      | За вегетацию |
|------------------------|-------|------|------|------|--------------|
|                        | V     | VI   | VII  | VIII |              |
| 2019                   | 0,94  | 0,60 | 1,20 | 1,53 | 1,07         |
| Средний<br>многолетний | 1,04  | 1,18 | 1,00 | 1,00 | 1,05         |

## Глава 3. Результаты исследований

### 3.1. Пищевой режим почвы

Исследования вегетационного периода характеризовалась как относительно прохладным и достаточно увлажненным. В период интенсивного роста листового аппарата, в июле, от которого в дальнейшем зависит накопление в корнеплодах ассимилянтов, погодные условия были благоприятными в период исследований.

В почве содержание нитратного азота при внесении удобрений по всем вариантам представлено на рисунке 3.1.

В период исследования, нитратный азот в почве увеличивался, главным образом к середине вегетации. На всех вариантах внесенные азотные удобрения увеличивали содержание нитратного азота, максимум которого отмечался в фазу смыкания листьев в междуурядьях.

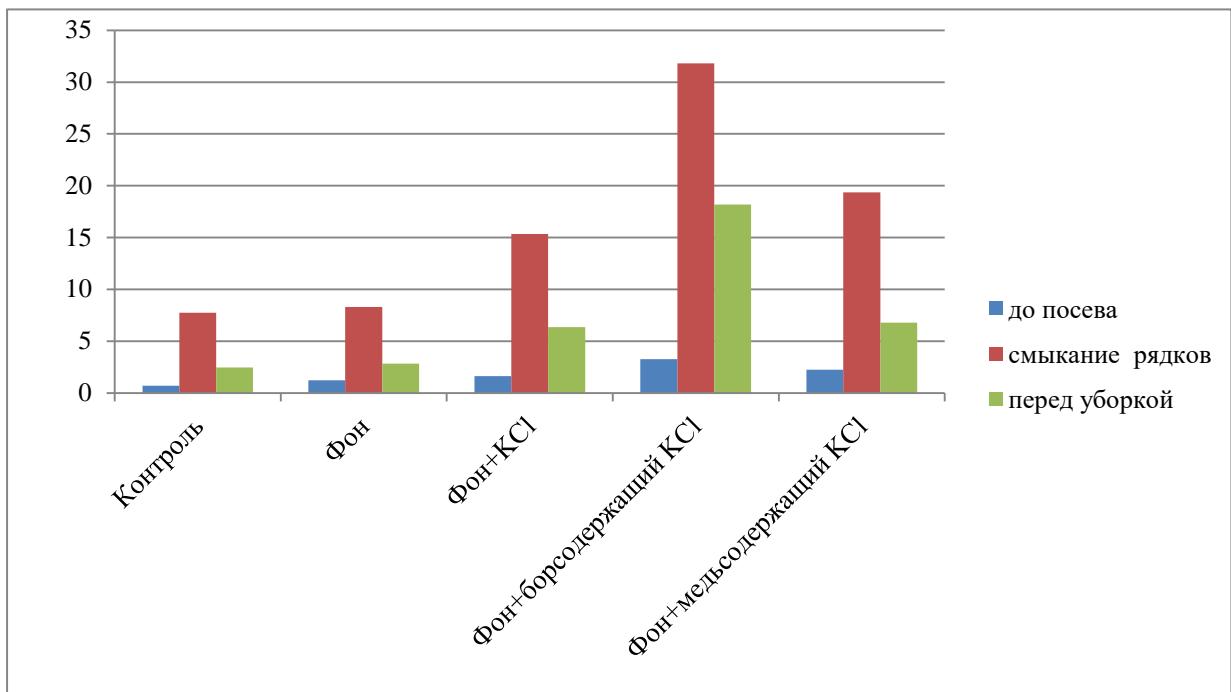


Рис. 3.1. Содержание нитратного азота в пахотном слое почвы (0-20 см), мг/кг почвы, 2019 г.

Подвижный фосфор, определяемый по методу Чирикова, в период вегетации по вариантам опыта представлен на рисунке 3.2.

По всем вариантам опыта, в начале вегетации, обеспеченность фосфором была низкой, в середине и конце вегетации — высокой. Вносимые минеральные удобрения значительно повлияли на повышение обеспеченности почв фосфором. Подвижные формы фосфора динамичны во времени. Так, наблюдалась некоторое снижение содержания фосфора по Чирикову к уборке, так как в этот период происходит активное поглощение элементов питания сахарной свеклой.

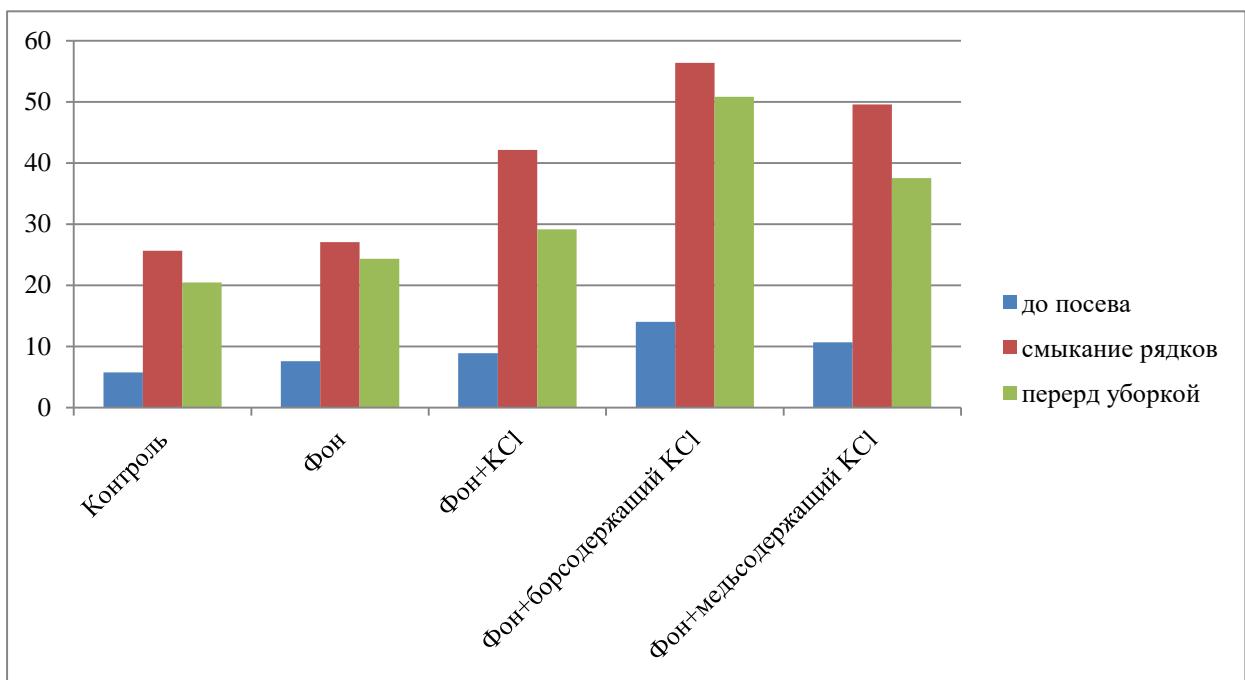


Рис. 3.2. Содержание фосфора по Чирикову в пахотном слое почвы (0-20 см), мг/1000 г почвы, 2019 г.

Как и все культурные растения, сахарная свекла накапливает много углеводов. В связи с этим, требуется большое количество калия. По данным Д. Шпаара (2013), которые согласуются с нашими данными исследований, сахарная свекла, в течении вегетационного периода, по сравнению с другими культурами поглощает весьма значительное количество калия (до 450 кг/га K<sub>2</sub>O).

Содержание обменного калия, который определяется по методу Чирикова, по всем вариантам опыта, за исключением контроля, характеризовалось высокой и очень высокой обеспеченностью, что показано на рисунке 3.3. Минеральные удобрения, вносимые под сахарную свеклу, повысили содержание обменного калия, что в большей мере проявляется в период смыкания листьев.

Динамика обменного калия показывает, что в почве наблюдается более высокое его содержание в фазу смыкания листьев в междурядьях, а к уборке - последовательное снижение. Это объясняется выносом, за исключением варианта внесения борного удобрения (№ 4), где содержание обменного калия остается на стабильно высоком уровне до конца вегетации.

Сложившиеся погодные условия в период исследования были достаточно благоприятными для формирования урожая корнеплодов сахарной свеклы.

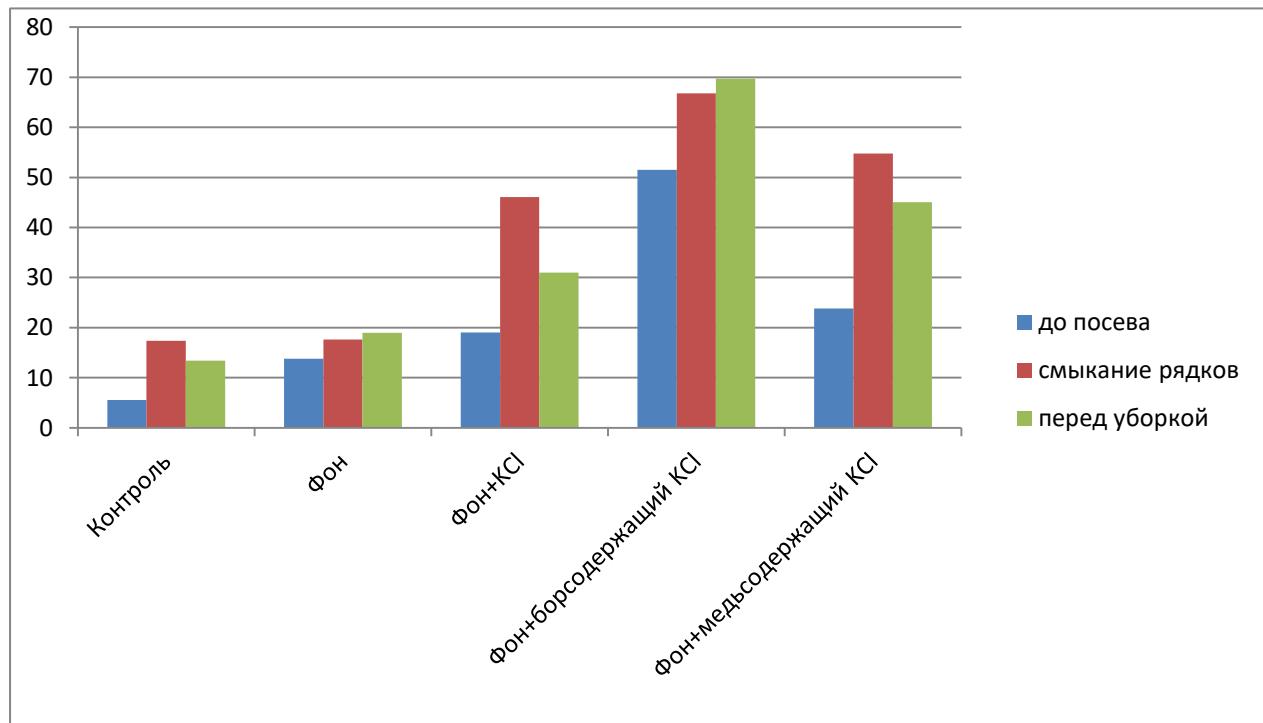


Рис. 3.3. Содержание обменного калия по Чирикову в пахотном слое почвы (0-20 см), мг/100 г почвы, 2019 год.

### 3.2. Фотосинтетическая деятельность растений сахарной свеклы

Фотосинтетическая продуктивность растений главным образом зависит от усвоения ими энергии фотосинтетической активной радиации (ФАР), которая достигается созданием оптимальной площади питания, активизацией фотосинтетических процессов образования органического вещества. Применение макро- и микроудобрений являются одним из эффективно и быстро регулируемых факторов повышения фотосинтетической продуктивности растений.

Площади листовой поверхности определялись в трех фазах : 6 настоящих листьев, в фазу смыкания в рядки, а также смыкание листьев в межурядьях.

Таблица 3.1.- Площадь листовой поверхности сахарной свеклы

| Вариант                                | Площадь листовой поверхности сахарной свеклы, м <sup>2</sup> /га |                               |   |
|--|--|-------------------------------|---|
|  | 16.07 (фаза 6 настоящих листьев)                                 | 26.07 (фаза смыкание в рядах) | 10.08 (фаза смыкание листьев в межурядье) |
| Контроль                               | 25350  | 48100                         | 63700                                     |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН | 30021  | 53096                         | 68230                                     |
| ФОН+KCl(164)                           | 34910  | 54275                         | 71115                                     |
| ФОН+борсодержащийKCl (2 % бор)         | 38690  | 55260                         | 73108                                     |
| ФОН+медьсодержащий KCl (2% медь)       | 38402  | 54632                         | 72532                                     |

Как видно из таблицы 3.1. по сравнению с контролем в вариантах с применением удобрений отмечалось повышение площади листовой поверхности.

Спустя три недели, 26-го июля, мы наблюдали повышение показателя по всем изучаемым вариантам, причем на 10%.

К 10 августу, применение удобрений увеличила площадь листовой поверхности на 8-14%. Связано это с тем, что в этот период происходит интенсивное накопление сахара в корнеплодах и увеличение их массы, главным образом за счет оттока пластических веществ из листьев.

Формирование урожая зависит не только от площади листьев, но и от периода их функционирования. Фотосинтетический потенциал (ФП) объединяет эти показатели. ФП может быть определен за любой период времени. Увеличение фотосинтетического потенциала может происходить за счет ускорения темпов роста площади листьев и увеличения ее максимального значения.

По данным таблицы 3.2., за период 17.05-16.07 на вариантах с применением удобрений отмечается понижение фотосинтетического потенциала сахарной свеклы, по сравнению с контролем. За период с 16 июля по 26 июля, мы наблюдаем превышение от использования удобрений на 5-7%. В оставшийся период (26.07-10.08) фотосинтетический потенциал растений претерпевал положительные изменения за счет применения удобрений (превышение составило 13-14%).

Таблица 3.2.- Фотосинтетический потенциал при внесении макро- и микроэлементов

| Вариант   | Фотосинтетический потенциал, $m^2 \cdot dn./ga$ |             |             |
|---|---|-------------|-------------|
|   | 17.05-16.07                                     | 16.07-26.07 | 26.07-10.08 |
| Контроль  | 857500  | 399250      | 794125      |
| $N_{152}P_{55}$ -ФОН                            | 779500  | 418750      | 896050      |
| ФОН+ <u>KCl</u> (164)                           | 799000  | 422000      | 896875      |
| <u>ФОН+борсодержащий</u><br><u>KCl(2 % бор)</u> | 818500  | 425250      | 906250      |
| ФОН+<br>медьсодержащий KCl<br>(2% медь)         | 817500  | 419750      | 895675      |

Таким образом, оптимизация минерального питания растений при внесении макро- и микроудобрений является необходимой предпосылкой для их активной фотосинтетической деятельности, что в свою очередь, положительно влияет на поглотительную активность корневой системы. Последнее, можно объяснить тем, что поступившие из листьев в корни через проводящую систему, ассимилянты, превращаются в аминокислоты, органические кислоты и другие вещества ионного типа, которые участвуют в первичном связывании элементов корневого питания. Кроме того, АТФ, образующаяся в процессе фотосинтеза, используется в восстановлении различных веществ (например, сульфатов и нитратов), что является еще одним механизмом связи фотосинтеза и корневого питания растений.

### 3.3. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы сорта “Крокодил”

Использование макро- и микроудобрений в сельском хозяйстве РФ и РТ остается до истинного времени важным резервом повышения урожаев культурных растений.

Как видим из таблицы 3.3. урожайность корнеплодов сахарной свеклы на варианте без применения удобрений составила 28,0 т/га и была ниже, чем на вариантах с внесением удобрений. Самая высокая урожайность была получена на варианте ФОН+борсодержащий KCl, что на 22,0 т/га выше контроля. С.Д. Лицуков, А.В. Акинчин, Е.А. Трофимова (2014) отмечают: «значительное влияние на урожайность и сахаристость сахарной свеклы оказывает внесение минеральных удобрений совместно с микроэлементом бор».

Таблица 3.3.– Урожайность корнеплодов сахарной свеклы сорта“Крокодил”

| Вариант                                 | Урожайность корнеплодов, т/га |                |      |
|---|-------------------------------|----------------|------|
|   | Фактическая                   | прибавка, т/га | %    |
| Контроль                                | 28,0                          | - 13,3         | -    |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН  | 41,3                          | -              | -    |
| ФОН+KCl(164)                            | 47,4                          | 6,1            | 14,8 |
| ФОН+<br>борсодержащий KCl<br>(2 % бора) | 50,0                          | 8,7            | 21,1 |
| ФОН+<br>медьсодержащий<br>KCl (2% медь) | 48,7                          | 7,4            | 18,0 |
| HCP <sub>05</sub>                       | 1,4                           |                |      |

Таблица 3.4.–Влияние удобрений на урожайность листьев сахарной свеклы сорта “Крокодил ”

| Вариант                                   | Урожайность листьев, т/га |                |
|---|---------------------------|----------------|
|   | Фактическая               | прибавка, т/га |
| Контроль                                  | 13,05                     | - 4,65         |
| $N_{152}P_{55}$ - ФОН                     | 19,7                      | -              |
| ФОН+ $KCl$ (164)                          | 16,3                      | -              |
| ФОН+<br>борсодержащий $KCl$<br>(2 % бора) | 15,1                      | -              |
| ФОН+<br>медьсодержащий $KCl$<br>(2%медь)  | 14,9                      | -              |

Урожай листьев была максимальной на варианте  $N_{152}P_{55}$  - ФОН и составил 19,7 т/га. С внесением борсодержащего  $KCl$  урожайность листьев значительно уменьшилась и составила 15,1 т/га, а с применением медьсодержащего удобрения разница в урожайности не была существенной.

Таблица 3.5. - Динамика изменения биометрических показателей сахарной свеклы

| Варианты                                | 16.07           |                   | 26.07           |                   | 09.08           |                   |
|---|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|   | Длина корня, см | Диаметр корня, см | Длина корня, см | Диаметр корня, см | Длина корня, см | Диаметр корня, см |
| Контроль                                | 19,0            | 5,7               | 24,0            | 8,2               | 26,5            | 11,2              |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН  | 20,5            | 6,2               | 23,5            | 9,7               | 27,5            | 10,9              |
| ФОН+KCl(164)                            | 21,6            | 6,6               | 25,0            | 10,3              | 25,0            | 10,6              |
| ФОН+борсодержащий KCl (2 % бор)         | 21,7            | 6,9               | 26,5            | 10,0              | 28,0            | 11,3              |
| ФОН+<br>медьсодержащий KCl<br>(2% медь) | 21,3            | 6,7               | 26,0            | 9,6               | 27,7            | 11,0              |

Анализ динамики изменения биометрических показателей корневой системы сахарной свеклы показали увеличение на 16 июля длины и диаметра, а к 30 июля эта тенденция сохранилась. На вариантах с применением

удобрений, 9 августа биометрические показатели сахарной свеклы изменились и были выше. Самые высокие показатели получены на варианте ФОН+борсодержащий KCl (2 % бор). А вариант с внесением ФОН+медьсодержащего KCl(2% меди) показал более низкие показатели, по сравнению с внесением борсодержащего KCl.

### **3.4. Химический состав урожая сахарной свеклы**

Под влиянием удобрений изменился химический состав урожая сахарной свеклы сорта «Крокодил». Внесенные удобрения изменили не только урожайность сахарной свеклы сорта «Крокодил», но и содержание в корнеплодах и в листьях азота, фосфор и калия (таблица 3.6.).

Удобрения изменили содержание азота, фосфора и калия не только в корнеплодах сахарной свеклы, но и изменили содержание NPK в листьях. Наибольшее содержание азота в корнеплодах наблюдается на варианте N<sub>152</sub>P<sub>55</sub>- ФОН (0,26 %), фосфора на контроле (0,08%), а содержание калия было одинаковым на вариантах ФОН+борсодержащий KCl и ФОН+медьсодержащий KCl (0,30%).

Самое высокое содержание азота в листьях, мы наблюдаем на варианте ФОН+ борсодержащий KCl (2 % бор) – 0,40 % (на фоне – 0,33 %). Самое высокое содержание фосфора на контроле (0,09 %). Содержание калия в листьях на вариантах с применением удобрений было практически одинаковым.

Таблица 3.6.- Содержание общего азота, фосфора, калия в корнеплодах и в листьях сахарной свеклы

| Варианты опыта                          | % на сухое вещество |                               |                  |        |                               |                  |
|---|---------------------|-------------------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------|
|   | Корнеплоды          |                               |                  | Листья |                               |                  |
|   | N                   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль                                | 0,20                | 0,08                          | 0,21             | 0,30   | 0,09                          | 0,21             |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН  | 0,26                | 0,07                          | 0,26             | 0,33   | 0,06                          | 0,26             |
| ФОН+KCl(164)                            | 0,25                | 0,07                          | 0,29             | 0,34   | 0,05                          | 0,27             |
| ФОН+борсодержащий KCl (2 % бор)         | 0,24                | 0,06                          | 0,30             | 0,40   | 0,08                          | 0,26             |
| ФОН+<br>медьсодержащий KCl<br>(2% медь) | 0,25                | 0,07                          | 0,30             | 0,38   | 0,05                          | 0,27             |

### 3.5. Использование азота, фосфора и калия урожаем сахарной свеклы

Хозяйственный вынос элементов питания из почвы – количество элементов питания, отчуждаемое из почвы урожаем основной и соответствующего количества побочной продукции на единицу площади. Хозяйственный вынос выражается в кг/га. Для расчета хозяйственного выноса, используем урожайные данные корнеплодов сахарной свеклы, а также данные азота, фосфора и калия в листьях.

Таблица 3.7. –Вынос NPK урожаем сахарной свеклы

| Варианты                               | Вынос NPK, кг/га |                               |                  |        |                               |                  |
|--|------------------|-------------------------------|------------------|--------|-------------------------------|------------------|
|  | Корнеплоды       |                               |                  | Листья |                               |                  |
|  | N                | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O | N      | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль                               | 56,0             | 22,4                          | 58,8             | 39,1   | 11,7                          | 27,4             |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН | 107,4            | 28,9                          | 107,4            | 65,0   | 11,8                          | 51,2             |
| ФОН+KCl(164)                           | 118,5            | 33,2                          | 137,5            | 55,4   | 8,1                           | 44,0             |
| ФОН+борсодержащий<br>KCl (2 % бор)     | 120,0            | 30,0                          | 150,0            | 60,4   | 12,1                          | 39,3             |
| ФОН+<br>медьсодержащий<br>KCl(2% медь) | 121,7            | 34,1                          | 146,1            | 56,6   | 7,5                           | 40,2             |

Вынос элементов питания растениями сахарной свеклы зависел от урожайности и от их содержания в продукции. Корнеплоды потребляли больше калия по сравнению с азотом и фосфором. На втором месте шел азот, на третьем – фосфор. Максимальный вынос азота (120,0 кг/га) и фосфора (34,1 кг/га) на варианте ФОН+ медьсодержащий KCl. А высокое содержание калия наблюдается на варианте ФОН+ борсодержащий KCl (150,0 кг/га).

Внесенные удобрения изменили вынос азота, фосфора, калия также и в листьях сахарной свеклы. Максимальный вынос азота на варианте фон – 65,0 кг/га. Такая же закономерность наблюдается и в отношении калия, максимальный вынос на варианте фон – 51,2 кг/га. Вынос фосфора 12,1 кг/га на варианте с применением ФОН+ борсодержащий KCl (2 % бор).

Таблица 3.8. – Хозяйственный вынос азота, фосфора и калия урожаем сахарной свеклы

| Варианты  | Хозяйственный вынос NPK, кг/га |                               |                  |
|---|--------------------------------|-------------------------------|------------------|
|   | N                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль  | 95,1                           | 34,1                          | 86,2             |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН            | 172,4                          | 40,7                          | 158,6            |
| ФОН+ <u>KCl</u> (164)                             | 173,9                          | 41,3                          | 181,5            |
| ФОН+ <u>борсодержащий</u><br><u>KCl</u> (2 % бор) | 180,4                          | 42,1                          | 189,2            |
| ФОН+<br>медьсодержащий KCl<br>(2% медь)           | 178,3                          | 41,6                          | 186,3            |

Хозяйственный вынос азота изменялся от 95,1 кг/га на контрольном варианте до 180,4 кг/га при внесении ФОН + борсодержащий KCl. В отношении фосфора и калия он, также как и по азоту, минимальные значения имел на контроле – 34,1 и 86,2 кг/га, соответственно, а максимальные на варианте 4 – 42,1 и 189,2 кг/га, соответственно.

Таблица 3.9. – Коэффициенты использования азота, фосфора, калия из удобрений

| Вариант                                       | Коэффициенты использования NPK из удобрения |                               |                  |
|---|---|-------------------------------|------------------|
|   | N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| Контроль                                      | -   | -                             | -                |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> – ФОН        | 51  | 12                            | -                |
| ФОН + <del>KCl</del> (164)                    | 52  | 13                            | 58               |
| ФОН + борсодержащий <del>KCl</del> (2% бор)   | 56  | 15                            | 63               |
| ФОН + мельсодержащий <del>KCl</del> (2% медь) | 55  | 14                            | 61               |

Коэффициент использования питательного вещества (КИУ) – отношение количества питательного вещества (элемента) усвоенного урожаем из удобрений к его общему количеству, внесенному в почву. КИУ измеряется в %.

Удовлетворение потребности растений в элементах питания – важнейшее условие достижения необходимого уровня урожайности. При определении доз удобрений важно знать коэффициенты использования NPK, так как они подвержены значительным колебаниям в зависимости от культуры, почвенно-климатических условий, дозы, времени внесения, а также от способа заделки удобрений.

Поэтому должны корректироваться с учетом адаптации технологий к природно-ландшафтным условиям производства. Ошибки при выборе коэффициентов использования NPK из удобрений приводят к существенному недобору урожая, ухудшению его качества и большим экономическим потерям

Полученные данные показывают, что под влиянием удобрений увеличились коэффициенты использования азота, фосфора и калия по сравнению с фоном.

Коэффициент использования азота был максимальным на варианте с применением ФОН + борсодержащий KCl (2 % бор) – 56 % (Фон – 52,0%). Коэффициент использования фосфора на варианте с применением калийных удобрений были практически одинаковыми, а коэффициент использования калия был максимальным на варианте с применением ФОН+борсодержащий KCl (2 % бор) и составил 63 %. На варианте с применением хлористого калия он составил 58%, а в медьсодержащем KCl- 61 %.

### **3.6. Качество корнеплодов сахарной свеклы**

Сейчас в нашей стране сложилось стойкое, но, к счастью неверное представление о снижении качества продукции при увеличении урожая. Негативных примеров очень много: снижение сахаристости сахарной свеклы, содержания белка в зерне злаковых культур, содержания крахмала в картофеле, возможных сроков хранения овощей.

Положительное влияние микроэлементов на качество продукции вполне закономерно и объяснимо. Изменяя активность и направленность

ферментов фосфорного и углеводного обмена, медь, оказывает положительное влияние на биосинтез углеводов и их передвижение.

Сахаристость имеет первостепенное значение для выхода сахара. Анализируя данные таблицы 3.10. можно отметить, что содержание сахара в корнеплодах на контролльном варианте составляло 16,5%. Внесение удобрений приводило к его повышению на 6,0%. На удобренных вариантах наибольшая сахаристость корнеплодов наблюдалась при внесении ФОН + борсодержащий KCl.

Таблица 3.10. - Качество сахарной свеклы, при внесении макро- и микроудобрений

| Вариант                                 | Сахаристость,<br>% на сырое вещество | Выход сахара, т/га |
|---|--------------------------------------|--------------------|
| Контроль                                | 16,5                                 | 462                |
| N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> -ФОН   | 16,8                                 | 694                |
| ФОН+KCl(164)                            | 17,0                                 | 806                |
| ФОН+борсодержащий<br>KCl(2 % бор)       | 17,5                                 | 875                |
| ФОН+<br>медьсодержащий KCl<br>(2% медь) | 17,3                                 | 842                |

Сахаристость – не единственный качественный показатель. Главным является содержание мелассообразующих веществ, то есть калия и натрия (которые оставляют 70...80% сахара в мелассе) и содержание «вредного

азота», или аминоазота (общее для протеинового, аммиачного и амидного азота). Присутствие этих веществ мешает экстракции кристаллизованного сахара, остающегося в определенных количествах в мелasse.

Микроэлементы, которые участвуют во многих физиологобиохимических процессах, способствуют изменению химического состава урожая.

Содержание токсичных элементов в корнеплодах сахарной свеклы показывает, что на контрольном варианте их концентрация была низкой. Внесение удобрений способствовало понижению содержания кадмия и мышьяка. Содержание никеля и свинца в отдельных вариантах несколько повысилось, однако их уровень был в пределах допустимого.

Таблица 3.11. – Токсичные элементы в урожае корнеплодов сахарной свеклы

| Вариант                             | Содержание токсичных элементов в урожае корнеплодов сахарной свеклы, мг/кг сырого вещества |           |           |           |
|-------------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|
|                                     | <i>Cd</i>  | <i>Pb</i> | <i>Ni</i> | <i>As</i> |
| Контроль                            | 0,017  | 0,048     | 0,14      | 0,15      |
| $N_{152}P_{55}$ -ФОН                | 0,015  | 0,051     | 0,12      | 0,12      |
| $ФОН+KCl(164)$                      | 0,012  | 0,046     | 0,24      | 0,09      |
| $ФОН+борсодержащий KCl(2 \% бор)$   | 0,012  | 0,040     | 0,14      | 0,12      |
| $ФОН+медьсодержащий KCl(2 \% медь)$ | 0,013  | 0,042     | 0,52      | 0,14      |
| ПДК                                 | 0,030  | 0,50      | 0,50      | 0,20      |

### 3.7. Экономическая эффективность комплексного применения макро – микроудобрений на посевах сахарной свеклы

Показатели экономической эффективности, в условиях рыночной экономики, имеют особую актуальность, т.к. в условиях рынка главный фактор – это прибыльность производства.

Экономическая эффективность – это стоимость сравнения производственной продукции суммарными расходами на ее производство, формулируемые рядом показателей: чистый доход, производительность труда, окупаемость затрат, себестоимость продукции и другие.

Себестоимость – главный показатель экономической эффективности, которая фиксирует во что обходится предприятию производство разного вида продукции, которые позволяют, объективно судить о том насколько это выгодно в конкретных экономических условиях хозяйствования. В ней находят отражение условия производства и результаты деятельности предприятия: техническая вооруженность, организация и производительность труда, прогрессивность применяемый технологии, уровень использования основных и оборотных фондов, соблюдение режима экономии, качество руководства и др.

Расчет экономической эффективности применения макро- и микроудобрений на посевах сахарной свеклы осуществлялся на получение дополнительного урожая. Как показал анализ таблицы 3.12., наибольшая окупаемость вложенных средств достигнута.

Таблица 3.12. - Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений на посевах сахарной свеклы в условиях выщелоченного чернозема

| Показатели             | Единица измерения | Варианты |                                       |               |                                 |                                  |
|------------------------|-------------------|----------|---------------------------------------|---------------|---------------------------------|----------------------------------|
|                        |                   | Контроль | N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> -ФОН | ФОН+KCl (164) | ФОН+ борсодержащий KCl(2 % бор) | ФОН+медьсодержащий KCl (2% медь) |
| Урожайность            | т/га              | 28,0     | 41,3                                  | 47,4          | 50,0                            | 48,7                             |
| Стоимость корнеплодов  | руб.              | 98000    | 144550                                | 165900        | 175000                          | 170450                           |
| Всего затрат на 1га    | руб.              | 55585    | 78630                                 | 84735         | 87520                           | 86371                            |
| Себестоимость 1т       | руб.              | 1985     | 1904                                  | 1788          | 1750                            | 1774                             |
| Чистый доход с 1га     | руб.              | 42415    | 65920                                 | 81165         | 87480                           | 84079                            |
| Уровень рентабельности | %                 | 76       | 83                                    | 95            | 99                              | 97                               |

\*Закупочная цена 1т корнеплодов сахарной свеклы составила 3500 рублей.

Повышается плодородие почвы, продуктивность земледелия, основные фонды и фондоотдачи, производительность труда и его оплата, чистый доход и рентабельность производства повышаются при грамотном внесении удобрений.

В условиях полевого опыта на оподзоленной черноземной почве применение макроудобрений и борсодержащего хлористого калия, позволили получить планируемый урожай, которые окупил вложенные средства.

Стоимость валовой продукции рассчитывали исходя из того, что закупочная цена 1т корнеплодов сахарной свеклы - 3500 рублей.

Стоимость валовой продукции на варианте без удобрений составила – 98000 рублей, на N152P55 – ФОН – 144550 рублей, на варианте ФОН +хлористый калий – 165900. Самая высокая стоимость валовой продукции на варианте с применением борсодержащего хлористого калий – 175000 рублей, а с применением медьсодержащего хлористого калия особо не отличалось от борсодержащего хлористого калия- 170450 рублей.

Себестоимость одной тонны продукции была минимальной на варианте с применением борсодержащего хлористого калия – 1750 рублей и максимальной она была на варианте контроль – 1985 рубль.

Чистый доход на вариантах с применением хлористого калия был выше по сравнению с фоном на 24 %, а на варианте, с применением борсодержащего хлористого калия, он был максимальным и составил – 34 %.

Уровень рентабельности был самым высоким 99% на варианте с применением борсодержащего хлористого калия (фон - 83 %). Самый минимальный уровень рентабельности – 76 % на контроле.

#### **4. Выводы**

На выщелоченных черноземах ООО «Цильна» Дрожжановского района, имеющих высокую степень обеспеченности подвижным фосфором и подвижным калием, среднюю по содержанию гумуса, среднюю степень обеспеченности подвижным бором и медью внесение макро- и микроудобрений оказывают положительное влияние на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы.

1. На варианте с N152P55+борсодержащий хлористый калий была получена максимальная урожайность корнеплодов сахарной свеклы – 50,0 т/га.
2. Внесение борсодержащего и медьсодержащего хлористого калия увеличила вынос азота, фосфора и калия на всех вариантах.
3. Содержание сахара в корнеплодах на вариантах с макро борсодержащим хлористым калием, а также с медьсодержащим хлористым калием были выше, чем на других вариантах.
4. Применение макро и микроудобрений с бором и меди способствовало снижению содержания кадмия и мышьяка в корнеплодах сахарной свеклы. Содержание никеля и свинца в урожае некоторых вариантов несколько повысилось, однако их уровень был в пределах допустимого.
5. Наибольшая рентабельность возделывания сахарной свеклы была достигнута на варианте с применением борсодержащего хлористого калия и составила – 99 % (на фоне - 61 %).

## 5. Охрана окружающей среды

Охрана природы - одна из важнейших задач работников сельского хозяйства. Почвовед, агрохимик, а в целом каждый земледелец по роду своей деятельности является самым первым блюстителем порядка в природе, её главным хранителем, а рациональное хозяйствование на земле – важнейшее условие её процветания .

В последние годы резко возрос интерес к экологически чистой сельскохозяйственной продукции. Для производства такой продукции минеральные удобрения и химические средства защиты растений не применяются; вместо них используются навоз и биологические методы борьбы с вредителями и сорной растительностью. При этом не причиняется вред здоровью и не загрязняется окружающая среда. При использовании средств химизации ухудшаются биологические свойства почвы, загрязняются грунтовые и поверхностные воды. Излишки удобрений могут отрицательно влиять на растительность, часть из них не усваивается и сносится в водоёмы. Поступление в водоёмы азотных и фосфорных соединений вызывает эвтрофикацию.

Появляется и такая проблема, как уплотнение верхних плодородных слоев почв в результате воздействия мощных тяжёлых тракторов и почвообрабатывающих машин. При этом не только разрушается структура почвы, но и ухудшается её физико-химические свойства и угнетается микробиологическая активность. Оснащение сельского хозяйства новой мощной техникой – само по себе явление прогрессивное, позволяющее повышать производительность труда, но в настоящее время машинная деградация почвы не покрывается её естественным самовосстановлением и разуплотнением. Это приводит к дополнительным вложениям энергетических ресурсов и трудовых затрат.

В настоящее время 50% прироста урожая получаем за счёт применения минеральных удобрений и 30% урожая сохраняем за счёт применения химических средств защиты. Это означает, что мы не можем полностью отказаться от агрохимикатов. Необходимо разработать стратегические направления развития хозяйственной деятельности и техники, обеспечивающие бесконфликтное взаимодействие человека и природы. Ученые страны ведут интенсивный поиск путей уменьшения отрицательного воздействия химических препаратов, в частности заменяют ранее применяемые высокотоксичные химические препараты на менее токсичные, вводят в производство быстроразлагающиеся, после применения мало накапливающиеся в почве и растениях химические средства(Беляков, 2006).

Применение микроудобрений способствует устраниению недостатков биохимических процессов растений. Сбалансированное обеспечение макроэлементами и микроэлементами приводит к заметному росту урожайности сельскохозяйственных культур и улучшению качества основной продукции. Негативные последствия на окружающую среду и почву от применения микроудобрений нет, так как они применяются в очень малых дозах.

## Список использованной литературы

1. Агрохимия: учебник /Б.А.Ягодин, П.М. Смирнов, А.В. Петербургский и др. – 2-е изд., перераб. и доп. ; под ред. академика Б.А.Ягодина. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 639 с.]
2. Акиров К. Эффективность применения марганцевых и медных удобрений под сахарную свеклу на луговых почвах Чуйской долины Киргизской ССР// автореферат дис. канд. с/х наук. – Фрунзе, 1969. – 26 с.
3. Алексеев Д.И.Микроэлементы в жизни растений. Зерно№1./Д.И.Алексеев – М.:,2006. - 24с.
4. Алиев Ш.А. Агрохимическая и агроэкологическая оценка почв Республики Татарстан /Ш.А.Алиев, В.З. Шакиров, С.Ш. Нуриев - Казань. Центр инновационных технологий, 2005. – С.52.
5. Аникст Д.Н. Минеральные удобрения и содержание сахара в сахарной свекле / Д.Н. Аникст, Ю.Л. Синицын // Агрохимия. – 1998. - №5. – С. 88-93
6. Анспок П.И. Микроудобрения. / П.И. Анспок - М.: Колос, 1978. - С.272.
7. Анспок П.М. Рациональные способы использования микроудобрений в Латвии // Агрохимия. – 1990. – № 11. – С. 140–150.
8. Апасов И.В. Обеспечить устойчивое развитие свеклосахарного комплекса России // Земледелие. – 2013. – № 4. – С. 3–5.
9. Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Оптимизация применения микроудобрений под сахарную свеклу // Моск. Эконом. Журнал, 2017, №2.
- 10.Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Эффективность применения борных удобрений под сахарную свеклу на различных типах почв // ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова. – Москва. – 2018. – С.197 – 202.

11. Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Эффективность применения предпосевной обработки бором семян сахарной свеклы на различных типах почв в зонах ее возделывания // Агрохимия. – 2018. - №4. – С. 15 – 20.
12. Беляев Г.Н. Калийные удобрения из калийных солей Верхнекамского месторождения и их эффективность / Г.Н. Беляев. Монография.- Пермь: Перм. кн. изд-во, 2005. – 280с.
13. Беляев Г.Н. Эффективность минеральных удобрений на песчаной почве при длительном их применении на различных фонах / / Удобрение и урожай: Тр. Соликамской с.-х. опытной станции. – Пермь, 1965. – Т. 3; С. 229-256.
14. Богданов И.Н., Бондарь Р.С. и др. Химизация в отраслях АПК. – М., Росагропромиздат, -1989. -С.4-8.
15. Булдыкова И.А. Динамика содержания азота, фосфора и калия в растениях сахарной свеклы при применении микроудобрений/ И.А. Булдыкова. – Энтузиасты аграрной науки. Тр. КубГАУ. – 2013. Вып.15. – С.78-80.
16. Булдыкова И.А., Шеуджен А.Х. Влияние микроудобрений на урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы / КубГАУ. – 2014. – С. 732-737
17. Власюк П.А. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений / П.А. Власюк, З.М. Климовицкая. – Москва: Колос, 1969. – 160 с.
18. Гайсин И.А. Ассортимент и технологии применения удобрений. Тез. докл. международного научно-технического семинара. – Казань, 1996. – С.82-90
19. Гилязов, М.Ю. Методические указания к выполнению лабораторно-практических занятий по агрохимии для студентов агрономического факультета / М.Ю. Гилязов, А.С. Билалова. - Казань: Изд-во КГСХА,1996. - 107 с.

20. Гуляев Б.И., Патыка В.Ф. Фосфор как энергетическая основа процессов фотосинтеза, роста и развития растений // Агроэкол. журн. – 2004. - № 2. – С. 3-9.
21. Даутов Р.К. Микроэлементы в сельском хозяйстве./Р.К. Даутов, В.Г. Минебаев, И.А. Гайсин. – Казань: Таткнигоиздат, 1985. – С.3-18.
22. Дворянкин А.Е., Ярощук М.С. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от условий питания и чистоты посева // Сахарная свекла. – 2013. - № 1
23. Демина. Н.В. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки/Н.В. Демина, Л.В. Донченко, С.Е. Ковалева//Научный журнал кубанского ГАУ.-2006.-58-62 с.
24. Державин Л.М., Мерзляя Г.Е., Хайдуков К.П. Интегрирование применение удобрений и других средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях производства сахарной свеклы.- М.: ВНИИА, 2015.-380 с.
25. Дерюгин И.П. Калийный статус почвы и дозы калийных удобрений/ / Плодородие. – М., 2002. – С. 224-240.
26. Ефремова Е.Н. Основные направления повышения эффективности интенсификации регионального продуктового свеклосахарного подкомплекса // Научно- практический журнал «Форум» серия: Гуманитарные и экономические науки / Волгоградский филиал: МГЭИ. – Волгоград: №3 (6) 2015, - С.93-96.
27. Жеряков Е.В. Влияние различных доз азотных удобрений на продуктивность сахарной свеклы, Москва,2019. С. 88-91.
28. Жизневская Г.Я. Иванова И.И. Металлоферменты в азотном обмене растений. Макро и микроэлементы в регуляции обмена веществ растений. – Кишинев, - 1983. –с.21-28.
29. Иванова С.Е., Романенков В.А., Никитина Л.В. Первые результаты научного проекта по совершенствованию рекомендаций по внесению

- калийных удобрений в России//Вестник Международного института питания растений. – 2014. - № 1. – С. 2-5.]
30. Исаев М.Д. Микроэлементы в земледелии./М.Д. Исаев, И.А.Гайсин, В.И. Реут – Казань,2009. – 5с.
- 31.Карпенко П.В. Односемянная сахарная свекла /П.В. Карпенко, И.А. Якименко. – Воронеж: Воронежское книжное издательство, 1960. – 48 с.]
- 32.Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения. // Изд.во : Химия, 1965. – С. 331.
- 33.Кудашкин М.И. Динамика подвижной меди в почвах в Мордовии и эффективность медных удобрений. /Агрохимия, - 2001, - №9. – с.26-29/
- 34.Литвинович А.В. Калийное состояние дерново – подзолистой глееватой песчаной почвы при окультуривании и под залежью / А.В.Литвинович, О.Ю.Павлова, А.И.Маслова, Д.В.Чернов // Почвоведение. - 2006. - №7. – С.876-882.
- 35.Лицуков С.Д., Акинчин А.В., Трофимова Е.А. Влияние микроудобрений на урожай и качество сахарной свеклы в условиях юго-западной части ЦЧ // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. — 2014. — № 9. — С. 40-42.
- 36.Минеев В.Г. Агрохимия: учебник/ В.Г. Минеев. – 2-е изд, перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГУ, КолосС, 2004. – 720 с.
37. Муха В.Д. Агропочвоведение /В.Д.Муха, Н.И. Картамышев, Д.В. Муха. – М.: КолосС, 2004. – С.179.
- 38.Никитин А.Ф. Высота выступания над почвой корнеплодов свеклы и содержание сахара/ А.Ф. Никитин // Сахар.- 2014.- №3.- С.- 18-20.
- 39.Нурмагамбетов К.О. Применение борных удобрений под сахарную свеклу: автореферат дис. кандидата с/х наук . – Алма-Ата, 1964. – 26 с.
40. П.А. Власюк , Сб. //Применение микроудобрений// Сельхозгиз. 1941. – 336с.

- 41.Панников В.Д., Минаев В.Г. Почва, климат, удобрения и урожай. – М.: Агропромиздат. – 1987. – с.13-23.
- 42.Пейве Я.В. Изучение содержания микроэлементов в почвах. / Я.В. Пейве, В.И. Вернадский. : – М.: Почвоведение. – 1983.
- 43.Пелагин Д.С., Мязин Н.Г. / Влияние макро и микроудобрений на урожайность и сахаристость корнеплодов сахарной свеклы на черноземе выщелоченном/ Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2019. Т .12. номер 2 (61). С. 13-21
44. Перельман А.Н. Геохимия элементов в зоне генергиизиса. – М.: Недра, 1972. – 287 с.
- 45.Петров В.А., Зубенко В.Ф. Свекловодство. — М.: Колос, 1981. — 302 с.
46. Практикум по агрохимии : учеб. пособие ; под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Изд-во МГУ, 2001. – 689 с.
47. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения: Практич. рук-во. – М.: Ледум, 2000. -184 с
- 48.Прокошева М.А. Применение удобрений на приусадебном участке./М.А.Прокошева – М.: Россельхозиздат, 1986. – С.14.
- 49.Сахарная свекла (выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар и др. – 5-е изд. – Москва: DVLAГродело. 2006. – 316 с.]
50. Симакин А.И. Удобрения, плодородие почв и урожай. – Краснодар: крас. кн.изд- во, 1983.- 271 с.
- 51.Симеренко В.И., Асеева А.И. Эффективность действия жидких комплексных удобрений совместно с микроэлементами. /Сб. «Применение удобрений, микроэлементов и регуляторов роста с сельском хозяйстве – Ставрополь ССХИ, - 1983. – С.78-81.
- 52.Соловьев В.М. Мониторинг содержания микроэлементов в почвах Ярославской области. //В.М.Соловьев - Агрохимический Вестник. №6 – 2006. С.8-9.

53. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Харитонова А.Ф. и др. Интенсификация производационного процесса растений микроэлементами. Приемы управления. – М.: ВНИИА, 2009. – 520 с.
54. Сычев В.Г., Аристархов А.Н., Яковлева Т.А. Эффективность применения микроудобрений под сахарную свеклу (*BetavulgarisL.var.sacchariferaAlef.*) на основных типах почв в зонах ее возделывания. – Бюллетень Географической сети опытов. Вып. 27. – 2017. – 51 с.
55. Цвей Я.П., Бондарь С.А. / Агрохимическое состояние чернозема в зависимости от системы удобрения сахарной свеклы. Журнал Экол. менеджмент, 2017. №2. С.- 37-42.
56. Черсова О.В. Настоящее и будущее отраслевой науки // Сахарная свекла. – 2014. - № 1
57. Чухраев И.М. Анализ состояния и совершенствование экономических связей в свеклосахарном комплексе России // Сахарная свекла. – 2013. - № 5
58. Шабаев А.Г. Оценка качества земель сельскохозяйственного назначения на основе учета влияния зависимости производительной способности почв от их диагностических признаков: Дисс. ... к. техн. н. – СПб., 2015. – 142с.
59. Шафран С.А., Авдеев Ю.С. Прошкин В.А. Применение калийных удобрений и их эффективность на почвах России// Химия в с.-х. – 2004 - №2. – С.10-12.
60. Шафран С.А., Козеичева Е.С., Ильюшенко И.В. /Оценка методов почвенной диагностики азотного питания сахарной свеклы// Агрохимия, 2015, №8.- С. 27-32.
61. Шеуджен А. Х., Дроздова В.В., Бондарева Т.Н., Онищенко Л.М. Питание и удобрение технических и кормовых культур/ Краснодар, КубГАУ, 2013 (300) – 299 с.
62. Шеуджен А.Х. Значение микро- и ультрамикроэлементов в жизни растений / А.Х. Шеуджен, И.А.Булдыкова, И.А. Лебедовский //

- Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар, 2010. – Вып. №11. – С.333-361.
- 63.Шеуджен А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: “Полиграф-ЮГ”, 2013. – 572 с.
- 64.Школьник М.Я. Микроэлементы в сельском хозяйстве./ М.Я.Школьник, Н.А.Макарова – М.: Агропромиздат ,1988.С.133
- 65.Шпаар Д., Дрегер Д., Захаренко А и др. Сахарная свекла (Выращивание, уборка, хранение) / под общ. ред. Д. Шпаара. — М.: ИД ООО «DLV Агродело», 2013. — 315 с.
- 66.Шпаар Д., Дрегер Д., Захарченко А. и др. Сахарная свекла. — Минск: ФУАинформ, 2003. — 258 с.
67. Ягодин Б.А. Агрохимия. /Б.А.Ягодин- М.: Агропромиздат, 2002.- С.656.
- 68.Яковлева В.В., Данилова Г.А. Микроудобрения. – М.: Россельхозиздат. – 1965.

Приложение 1 - Определение норм минеральных удобрений расчетно-балансовым методом для получения запланированной урожайности сахарной свеклы в 2019 году.

Почва: чернозем выщелоченный;

содержание гумуса: 8,6% (группа 2, средняя);

подвижного Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 185 мг/кг (группа 5, высокая);

подвижного K<sub>2</sub>O: 250 мг/кг (группа 6, очень высокая);

h= 27 см; d= 1,19 г/см<sup>3</sup>.

| Показатели  | Сахарная свекла |                               |                  |
|---|-----------------|-------------------------------|------------------|
|   | Уп =42 т/га     |                               |                  |
|   | N               | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | K <sub>2</sub> O |
| 1.Потребление (вынос) элементов питания с единицы основной и побочной продукции, кг/т | 5,9             | 1,8                           | 7,5              |
| 2.Ожидаемый вынос элементов с планируемой урожайностью, кг/га                         | 248             | 76                            | 315              |
| 3.Содержание подвижных форм NPK в почве, мг/кг *                                      | 65              | 185                           | 250              |
| 4.Запасы подвижных форм питательных элементов в пахотном слое почвы, кг/га **         | 209             | 594                           | 803              |
| 5.Средние значения коэффициентов использования NPK из почвы                           | 0,75            | 0,11                          | 0,29             |
| 6.Ожидаемое поступление питательных элементов из почвы, кг/га                         | 157             | 65                            | 233              |
| 7. Дефицит питательных элементов для получения планируемой урожайности, кг/га         | 91              | 11                            | 82               |
| 8. Средние значения коэффициентов использования NPK из минеральных удобрений          | 0,6             | 0,2                           | 0,5              |
| 9. Нормы внесения питательных элементов в составе минеральных удобрений, кг д.в./га   | 152             | 55                            | 164              |

Прим.: \* - содержание минерального азота рассчитали исходя из содержания гумуса по уравнению, предложенному сотрудниками кафедры агрохимии и почвоведения Казанского ГАУ [Гилязов и др., 1996]:

$$C_n = 7,5 \cdot \Gamma$$

где,  $C_n$  - содержание минерального азота в почве, мг/кг;

$\Gamma$  – содержание гумуса, %.

Прим.: \*\* - запасы подвижных форм NPKв почве следует рассчитать по уравнению :

$$S_n = 0,1 \cdot C_n \cdot h \cdot d,$$

где  $C_n$  – содержание подвижных форм  $P_2O_5$  и  $K_2O$  или минерального азота в пахотном слое, мг/кг;

$d$  – плотность пахотного слоя, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – мощность пахотного слоя, см.

Приложение 2 - АНАЛИЗ ДИСПЕРСИОННЫЙ ОДНОФАКТОРНОГО  
ОПЫТА

|                          |                 |                  |
|--------------------------|-----------------|------------------|
| Культура:                | Сахарная свекла |                  |
| Фактор А                 |                 | Удобрения        |
| Год исследований:        |                 | 2019             |
| Градация фактора         |                 | 5                |
| Исследуемый показатель:  |                 | урожайность т/га |
| Количество повторностей: |                 | 4                |
| Руководитель             | Таланов И.П.    |                  |

Таблица данных

| Фактор                                    | Повторность | Урожайность | Средняя Урожайность | Достоверность к фону | F факт  | Достоверность |
|---|-------------|-------------|---------------------|----------------------|---------|---------------|
| 1. Контроль                               | 1           | 28,0        |                     |                      | 174,986 | Достоверно    |
|   | 2           | 27,9        |                     |                      |         |               |
|   | 3           | 28,1        | 28,0                | достоверно           |         |               |
|   | 4           | 28,2        |                     |                      |         |               |
| 2. N <sub>152</sub> P <sub>55</sub> - ФОН | 1           | 41,5        |                     |                      |         |               |
|   | 2           | 41,2        |                     |                      |         |               |
|   | 3           | 41,3        | 41,3                | достоверно           |         |               |
|   | 4           | 41,4        |                     |                      |         |               |
| 3. ФОН+KCl(148)                           | 1           | 47,6        |                     |                      |         |               |
|   | 2           | 47,3        |                     |                      |         |               |
|   | 3           | 47,4        | 47,4                | достоверно           |         |               |
|   | 4           | 47,2        |                     |                      |         |               |
| 4. ФОН+борсодержащий KCl (2 % бор)        | 1           | 50,1        |                     |                      |         |               |
|   | 2           | 49,9        |                     |                      |         |               |
|   | 3           | 49,8        | 50,0                | достоверно           |         |               |
|   | 4           | 50,2        |                     |                      |         |               |
| 5. ФОН+ медьсодержащий KCl (2% медь)      | 1           | 49,0        |                     |                      |         |               |
|   | 2           | 48,9        |                     |                      |         |               |
|   | 3           | 48,6        | 48,7                | достоверно           |         |               |
|   | 4           | 48,5        |                     |                      |         |               |

НСР<sub>05</sub>

1,4