Казахский агротехнический исследовательский университет

имени С.Сейфуллина

УДК 633.844: 631.244. 2(292.486)(574)(043) На правах рукописи

**ХАМЗИНА БИБИГУЛЬ НУРКЕНОВНА**

**Оптимизация условий минерального питания горчицы в степной зоне Северного Казахстана**

6D080800 – «Почвоведение и агрохимия»

Диссертация на соискание

степени доктора философии (PhD)

|  |
| --- |
| Научный консультант  кандидат сельскохозяйственных наук,  ассоциированный  профессор  Нурманов Ербол Толешович  Зарубежный научный консультант  PhD,  профессор  Бюлент Тургут |

Республика Казахстан

Астана, 2024

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ** | 3 |
|  | **ОПРЕДЕЛЕНИЯ** | 4 |
|  | **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ** | 5 |
|  | **ВВЕДЕНИЕ** | 6 |
| 1 | **СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)** |  |
| 1.1 | Биологические особенности горчицы | 10 |
| 1.2 | Влияние условий минерального питания на горчицу | 15 |
| 1.3 | Отзывчивость горчицы на минеральные удобрения | 20 |
| 2 | **ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ** |  |
| 2.1 | Почвенно-климатические условия | 33 |
| 2.2 | Характеристика почв | 34 |
| 2.3 | Методика исследований | 39 |
| 3 | **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ** |  |
| 3.1 | Метеорологические условия в годы исследований | 43 |
| 3.2 | Влагообеспеченность горчицы | 45 |
| 3.2 | Условия азотного питания горчицы | 47 |
| 3.3 | Условия фосфорного питания горчицы | 50 |
| 3.4 | Условия калийного питания | 53 |
| 3.5 | Продуктивность и масличность горчицы в зависимости от условий минерального питания и удобрений | 56 |
| 3.6 | Рост и развитие горчицы в зависимости от почвенных условий и удобрений | 60 |
| 4 | **ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЧВЕННОГО ПИТАНИЯ ГОРЧИЦЫ** | 74 |
| 5 | **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМОВ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ГОРЧИЦЫ** | 83 |
|  | **ЗАКЛЮЧЕНИЕ** | 86 |
|  | **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ** | 88 |
|  | **ПРИЛОЖЕНИЯ** | 113 |

**НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 10857-64. «Семена масличные. Методы определения масличности» (Изм. 1)

ГОСТ 20432-83. Удобрения. Термины и определения (с Изменением №1).

ГОСТ 26428-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке.

ГОСТ 26483-85. Межгосударственный стандарт. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО.

ГОСТ 26951-86. Межгосударственный стандарт. Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом.

ГОСТ 28268-89. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений.

# ГОСТ 28168-89. Межгосударственный стандарт. Почвы. Отбор проб.

# ГОСТ 26205-91. Межгосударственный стандарт. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина.

# ГОСТ 29269-91. Межгосударственный стандарт. Почвы. Общие требования к проведению анализов.

ГОСТ 7.32-2001. Межгосударственный стандарт. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

СТ РК 1363-2005. Семена масличных культур. Семена горчицы. Сортовые и посевные качества. Технические условия.

ГОСТ 7.1-2003. Межгосударственный стандарт. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

# ГОСТ 26213-2021. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения органического вещества.

**ОПРЕДЕЛЕНИЯ**

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

**Агрохимия** – наука о взаимодействии удобрений, почвы, растений и климата, круговороте веществ в земледелии и рациональном применении удобрений.

**Агрохимическая характеристика почвы** – совокупность агрохимических показателей, характеризующих плодородие почвы.

**Агрохимические исследования** – это вопросы воспроизводства плодородия почв, высокоэффективного использования минеральных, органических удобрений, микроэлементов на фоне других средств химизации, изучение агрохимической, экономической, энергетической и экологической эффективности удобрений, их физико-химических свойств, организации системы химизации отраслей агропромышленного комплекса.

**Вынос питательных веществ с урожаем** – показатель, который необходимо учитывать при определении потребности культуры в удобрениях, расчете доз удобрений в конкретных условиях. Измеряется в кг/га.

**Действующее вещество (д.в.)** – чистое содержание элемента питания в удобрении. Выражается в процентах или кг/га.

**Доза удобрения** – количество удобрения, необходимое для внесения в почву при возделывании сельскохозяйственных культур за один агротехнический прием, выраженное в кг/га.

**Минеральное питание растений** – усвоение ими из внешней среды ионов минеральных солей, необходимых для нормальной жизнедеятельности растительного организма.

**Минеральное удобрение** – удобрение промышленного или ископаемого происхождения, содержащее питательные элементы в минеральной форме.

**Питательный режим почвы** (Пищевой режим почвы) – содержание питательных элементов в почве в доступной для растений форме в течение вегетационного периода. Плодородие почвы – способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла и благоприятной физико-химической средой, для нормальной деятельности.

**Удобрение** – вещество для питания растений и повышения плодородия почвы.

**Эффективность удобрения** – показатель, характеризующий степень положительного влияния удобрения на урожай, его качество и плодородие почвы.

**ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

|  |  |
| --- | --- |
| га | - гектар |
| г | - грамм |
| гг. | - годы |
| г/100 растений | - грамм на 100 растений |
| м | - метр |
| мм | - миллиметр |
| мг/кг | - миллиграмм на килограмм |
| с/х | - сельское хозяйство |
| см | - сантиметр |
| тг | - тенге |
| ц/га | - центнер на гектар |
| «О» | - контрольный вариант |
| Са | - кальций |
| Mg | - магний |
| К2О | - оксид калия |
| Mg | - магний |
| NO3 | - оксид азота (нитрат) |
| N-NO3 | - азот нитрата |
| Р2О5 | - оксид фосфора |
| °С | - градус по Цельсию |
| % | - процент |

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность исследований.** Агропромышленный комплексобеспечивает население страны продуктами питания, животноводческую отрасль кормами, обеспечивает сельхозпроизводителей высококачественными товарным и семенным зерном. Развитию крупного сельского хозяйства способствует, прежде всего, природные условия и наличие огромного земельного фонда с обширными площадями сельскохозяйственных угодий, куда входят пашни, пастбища, выгоны. Северные регионы в основном специализируются на выращивании зерновых, зернобобовых и масличных культур, а южные, в условиях орошения, - плодово-ягодных культур, овощей, хлопка [1].

Учитывая высокую долю площадей яровой пшеницы, производства сельскохозяйственной продукции в стране расширение ассортимента выпускаемой продукции происходит за счет внедрения новых инновационных технологий, введения в оборот наиболее перспективных имеющих высокий спрос на рынке культур. Эта трансформация является итогом государственной программы по диверсификации растениеводства и увеличения площадей кормовых, пропашных и масличных, что способствует удовлетворению потребностей рынка сбыта республики и мировых тенденций. Актуальность исследований состоит в том, что она связана с действующей общегосударственной программой по развитию АПК Республики Казахстан [1].

Интерес сельхозпроизводителей и перерабатывающей промышленности к масличным культурам ведет к ужесточению конкуренции и уменьшению посевных площадей ряда зерновых и кормовых культур [2,3]. Увеличение их площади в стране позволит обеспечить полную загрузку перерабатывающих мощностей и выпуск продукции с высокой добавленной стоимостью. Это характерно как традиционных для Казахстана культур – подсолнечника, хлопчатника, льна, так и активно развивающихся, сои, рапса, сафлора, горчицы и других культур. Они могут давать большие урожаи исходя из потенциала урожайности районированных сортов, и конкурировать с зерновыми по выпуску продуктов и их переработки [1].

Растущий мировой спрос на масличную продукцию стимулирует выращивание тех или иных видов масличных культур. Одной из таких ценных культур является горчица, которая выращивается на 35,4 тыс. га в 6 областях нашей республики [4], что немаловажно ее народно-хозяйственное значение и вхождение в пятерку основных масличных культур в мире после сои, рапса, подсолнечника и льна масличного [5].

Горчицу выращивают как пищевое, лекарственное, кормовое, сидеральное, масличное и медоносное растение. Это засухоустойчивая культура, которая при продвижении на север, сокращает свой вегетационный период, что дает возможность выращивать ее в умеренно-засушливой и сухостепной зонах республики.

В данное время имеется достаточно данных отечественных и зарубежных исследователей по вопросам агротехники возделывания горчицы, способам посева и селекции [6-8]. Имеются также данные и по отзывчивости горчицы на минеральные, органические удобрения [9-11]. Однако эти работы полностью не раскрывают требования горчицы к условиям минерального питания почвы и отзывчивости на минеральные удобрения с учетом качественных плодородия почв. Для решения этих задач появилась необходимость изучить биологические особенности культуры по отношению к ним, с дифференцированным учетом специфических почвенно-климатических условий Северного Казахстана. В настоящее время эти вопросы актуальны и их недостаточное изучение не дает возможность объективно оценить культуру.

Учитывая вышеизложенное, следует отметить, что горчица является культурой, выращивание которой в Северном Казахстане станет одним из путей дальнейшего подъема сельского хозяйства нашей страны в условиях диверсификации и повышения уровня плодородия почв, обеспечение непрерывного роста урожаев, что является центральной задачей сельскохозяйственного производства.

**Цель исследований.**

Цель исследований - разработать оптимальные параметры особенностей минерального питания и удобрений горчицы, способствующих повышению плодородия почвы и получению высоких экономически обоснованных урожаев семян горчицы в условиях степной зоны Северного Казахстана.

Исходя из цели исследований, были поставлены **следующие задачи:**

1. Выявить требования горчицы к условиям минерального питания и удобрения;
2. Определить влияние почвенных условий и удобрений на особенности роста и развития горчицы в зависимости от условий почвенного питания;
3. Определить влияние почвенных условий и удобрений на химический состав, вынос элементов питания по фазам развития горчицы;
4. Установить оптимальные параметры плодородия почв, обеспечивающие формирование высокой продуктивности и качества семян горчицы;
5. Дать экономическую оценку эффективности применения различных доз удобрений горчицы.

**Научная новизна.** В условиях степной зоны Северного Казахстана впервые будут изучены отзывчивость горчицы на минеральные удобрения, их влияние на рост и развитие, накопление сухого вещества, химического состава, поступления и выноса элементов питания, урожая и качества семян горчицы.

**Практическая и теоретическая значимость.** В результате проведенных научных исследований определены оптимальные нормы минеральных удобрений с учетом почвенных условий при возделывании горчицы в условиях степной зоны Северного Казахстана, с целью увеличения продуктивности и повышения конкурентоспособности растениеводческой продукции. Даны рекомендации по оптимизации минерального питания горчицы в условиях степной зоны Северного Казахстана.

**Основные положения, выносимые на зищиту:**

- биологические особенности требований сортов горчицы к условиям минерального питания почвы;

- урожайность сортов горчицы в зависимости от оптимальных значений содержания подвижных элементов питания в почве;

- условия, способствующие повышению урожайности горчицы при максимальной экономической эффективности возделывания горчицы.

**Апробация работы.** Диссертация выполнена в рамках самофинансирования. По материалам диссертации опубликованы 7 работ, из них: 3 публикации – в журналах рекомендованных КОКСНВО МНВО РК, 2 публикации – в международном индексируемом журнале, входящего в РИНЦ, 1 публикация - в других отечественных журналах, 1 публикация в журнале «Eurasian Journal of Soil Science» входящая в базы данных Scopus (процентиль 49%, 2023), 7 публикаций в сборниках научных конференций международного и республиканского значения: 1. Хамзина Б.Н., Нурманов Е.Т. Перспективы выращивания горчицы в условиях Северного Казахстана. Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке/Сб. ст. по материалам XXXII-XXXIII междунар. науч.-практ. конф. № 2-3 (31). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2019. - стр 14-17; 2. Хамзина Б.Н., Нурманов Е.Т., Шатаева Д.М. Отзывчивость горчицы на фосфорное питание. Материалы V Международной научно-практической конференции «Global science and innovations 2019: centralasia**». -** Астана, 2019 – стр. 4-7; 3. Хамзина Б.Н., Нурманов Е.Т., А.Койшекен. Биологические требования горчицы к почвенным условиям. Сборник трудов международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию заслуженного деятеля Республики Казахстан Досмухамбетова Темирхана Мынайдаровича. Т.2. – Алматы, 2019. – С. 340-344; 4. Хамзина Б.Н., Нурманов Е.Т., Д.Тлепберген Оценка качественных показателей горчицы сарептской. «Шоқан оқулары - 23». Сборник материалов международной научно-практической конференции. Казахстан, - Кокшетау, 2019. Т.5. – С. 216-220; 5. Khamzina B.N., Nurmanov E.T. Preconditions to study the conditions for cultivation of mustard. «Шоқан оқулары - 23». Сборник материалов международной научно-практической конференции. Казахстан, - Кокшетау, 2019. Т.5. – С. 226-229; 6. Хамзина Б.Н., Нурманов Е.Т., Шатаева Д.М. Качественные показатели семян горчицы. «Сейфулинские чтения-16». Сб. материал. Международ. науч. - теорет.конф. Казахстан - Нур-Султан, 2020, том I, часть 1. С. 192-194; 7. Хамзина Б.Н. [Влияние внесения азотно-фосфорных удобрений на урожайность горчицы в условиях степной зоны Северного Казахстана.](https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D0%A7-19/%D0%A5%D0%B0%D0%BC%D0%B7%D0%B8%D0%BD%D0%B0%20%D0%91%20%D1%81%D0%B4%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D0%BE.pdf) Материалы международной научно-практической конференции «Сейфуллинские чтения – 19», посвященной 110 - летию М.А. Гендельмана». –2023. - Т.I, Ч.I. - C. 48-50.

**Структура и объем работы:** Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, 315 наименований списка использованной литературы и 20 приложений. Работа изложена на 122 страницах машинописного текста, включает 26 таблиц, 13 рисунков.

**1 СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)**

**1.1 Биологические особенности горчицы**

Горчица - это масличная культура, востребованная в сельскохозяйственном производстве. Масло горчицы (ее содержится в ее семенах от 25 до 45 %) используют в пищевой промышленности, в консервной, хлебопекарной, кондитерской и в технических целях: текстильной, мыловаренной отраслях, а также для изготовления маргарина [12-19].

Горчичное масло обладает такими качествами, как низкий кислотный показатель, что позволяет использовать его в пищевой промышленности [20] и в других отраслях [21-24].

В сравнении с другими растительными маслами, горчичное имеет самый низкий кислотный показатель, и значительно дольше других сохраняет свои свойства. Срок хранения промышленных образцов горчичного масла превышает восемь месяцев, что в несколько раз больше срока хранения подсолнечного масла. После отжима масла из семян горчицы, его подвергают физической рафинации (отстою и фильтрации). В результате физической рафинации товарного горчичного масла образуются баковые отстои и фильтр-прессовый осадок. В своем составе они содержат до 50 % масла и столько же мелкодисперсного горчичного жмыха (порошка). В осадке содержится до 3,0 % лецитина и до 0,5 % эфирного горчичного масла. В связи с тем, что фильтр прессовый осадок состоит из жмыха и масла, в его составе, соответственно, находятся все ингредиенты, присущие горчичному жмыху (порошку) и горчичному маслу [25].

Химический состав масла семян горчицы обладают большой питательностью и поэтому их используют в качестве кормовой добавки сельскохозяйственным животным и птице для обогащения рационов питательными веществами [26,27].

Наличие в масле эруковой кислоты позволяют использовать ее в изготовлении смазочных материалов и для получения высококачественного нейлона [21,28-30]. Немаловажным свойством горчицы является ее неповторимый химический состав: белки, такие органические вещества, как синигрин (серосодержащий аминогликозид), мирозин (фермент) и слизь [31,32]. Семена горчицы применяют при получении горчичников и специй с жгучим вкусом и ароматом [33]. Есть данные, которые позволяют использовать современные технологии выращивания горчицы на рынке сырья для производства биотоплива, вытесняя другие масличные культуры [34-36].

Существенным фактором народнохозяйственного значения горчицы является ее агротехническая роль. Она применяется как кулисная и кормовая культура в паровых полях степной зоны, и ее солеустойчивость используется в при освоении солонцов в виде мелиоранта [28,37,38]. Горчица, являясь источником органического вещества в почве, оставляет в ней корневые и пожнивные остатки равное 15-20 т/га навоза [39], и как хороший предшественник улучшает фитосанитарное состояние посевов, снижая при этом засоренность, развитие корневых гнилей у зерновых культур, парши у картофеля и развитие вилта [40-42]. Она имеет мощный стержневой корень, глубоко проникающий даже в сильно уплотненную почву, использует влагу и питательные вещества из глубоких слоев почвы. Все это ставит ее в ряд засухоустойчивых культур, хорошо приспособленных к континентальному климату степных районов вегетационным периодом 85-100 дней [19,21,43,44]. Её корневая система обладает способностью высвобождать недоступные питательные вещества - усваивать труднорастворимые соединения фосфора, калия и других питательных веществ в почве [44]. Корневые выделения горчицы содержат органические кислоты, которые при взаимодействии с почвой могут переводить ряд элементов питания из ранее недоступной в легко усваиваемую растениями форму, а также корневые выделения оказывают и мощное фитосанитарное воздействие против накопления в почве [45,46].

Горчица может расти и сохранять выживаемость в различных агроэкологических условиях: относительно низкие температуры, сильно нарушенные почвы или пустыри [47].

Таким образом, народно-хозяйственное значение горчицы свидетельствует о многообразии ее использования и, учитывая ценность культуры, нуждается в детальном изучении как объекта диверсификации растениеводства. Изучение горчицы, особенности минерального питания и продуктивности в различных почвенных условиях способствует получению научно-обоснованных аспектов ее выращивания горчицы. В настоящее время как наиболее распространенная масличная культура из семейства Капустные (Brassicaceae) - горчица сизая или сарептская, а также горчица белая**.** Они имеют много общих морфологических и биологических признаков, а видовые отличия связаны с различными условиями возделывания и происхождением [48].

В Республике Казахстан возделывают сизую (Brassica juncea (L.) Czern.et Coss.in Czern.) и белую (Brassicaceae Sinápis álba) горчицы. По Н.И.Вавилову они происходят из Юго-Западной Азии и Среднеземноморья [49]. В нашей стране горчицу выращивают в 6 областях (Акмолинская, Карагандинская, Костанайская, Павлодарская, Северо-Казахстанская, Восточно-Казахстанская) [4].

**Горчица сизая**. Горчица относится к роду Brassica L. Семейства капустные - Brassicacea Bens, которое делится на два подвида B.junciaspp. JunceaThell и B.junciaspp. UntegrifoliaThell, выращиваемой как овощное растение [50]. Высота растений достигает от 50 до 150 см. Плод представлен стручком с коротким шиловидным носиком, наполненные шаровидными семенами красновато-бурого, темно-бурого цвета. При созревании плоды растрескиваются. Сами семена черные или сизые, шаровидные. Масса 1000 семян равна 2-4 г. Листочки шаровидные внизу и сидячие, короткочерёшковые, продолговатые вверху. Ярко-желтые цветки, собранные в соцветия в виде кисти [51].

Растения горчицы имеют тонкую стержневую корневую систему, проникающую на глубину до 2 м, стебель ветвистый, опушенный, с ветвистыми отросткам сизый от налета, голый или в нижней части опушенный. Листья прикорне­вые, черешковые, покрыты густосидящими волос­ками, лировидно-перисторассеченные, верхние - цель­ные или почти цельнокрайние, продолговато-линейные, сидячие или на коротких черешках, неопушенные. Сред­ние по форме приближаются к нижним, по величине занимают промежуточное место между верхними и нижними листьями. Диаметр розетки листьев за 20-25 дней может достигать 20-25 см, благодаря чему затеняется до 85% поверхности почвы. Соцветие щитковидное, цветки в начале цветения располагаются на уровне бутонов. Цветки без прицвет­ников, обоеполые с нектарниками. Чашечка состоит из четырех опадающих чашелистиков. Венчик четырехлепестный, лепестки расположены накрест, ярко-желтой окраски. Тычинок шесть, из них две короткие и четыре длинные. Пестик состоит из двух сросшихся плодолисти­ков, завязь верхняя. Горчицу Северного Казахстана относят к алтайско­му типу. Форма куста очень собранная, так как ветки сильно прижаты к стеблю, ветвей мало, высота в среднем 60-80 см и наибольшая 90-120 см. Семена со значительным содержанием масла (39-49%) с ясно ячеистой оболочкой, с эфирным запахом, величина 1,2-2 мм. Вегетационный период средний и длинный [52,53].

**Горчица белая.** Стебель прямой, ветвистый, покрыт жесткими изогнутыми волосками. Число ветвей первого порядка в среднем 6-10 десять, отходят косо вверх под углом 45-50°. Стебель ребристый, прямостоячий ветвистый, покрыт жёсткими волосками, высотой 80-150 см. Листья ярко-зелёные, опушёные, нижние - рассечённые на длинных черешках (имеют черешки 2-5 см длины), верхние - цельные на коротких черешках. Пластинки листьев лировидноперистонадрезанные. Лопасти 2-3 пар нижних листьев имеют неравномерно выемчатые края; верхняя лопасть крупнее боковых, широкоовальная, трехдольчатая. Верхние листья на коротких черешках 0,5-1,5 см с меньшим числом неравномерно зазубренных долек. Все листья покрыты жесткими волосками. Корень белой горчицы в отличие от сарептской, стержневой, перстенообразный, обладает высокой усвояющей способностью.

Плод горчицы белой - 5-6-семянный стручок с длинным мечевидным носиком. Покрыт жесткими волосками, созревший стручок не растрескивается. Семена шаровидные, бледно-желтые, масса 1000 семян 5-6 г [54,55].

Соцветие - кистевидное, многоцветковое. Чашелистики длиной 4,5-6,0 мм, наружные удлиненные, с закруглением; внутренние продолговато-овальные, заостренные. Цветки жёлтой окраски с сильным медовым запахом, собраны в кисть: на одинаковом расстоянии 3-5 соцветий, длиной от 7,0 до 9,5 мм, реже - до 12 мм. Отгиб лепестков широкоовальный, у основания суживающийся в ноготок. Внутренние тычинки 5,5- 7,5 мм наружные - 3,5-5 мм длины; пыльники продолговатые, тупые, 1,5-2 мм длины [52,53,56,57].

**Требование горчицы к теплу и влаге.** Горчица мало истощает почву, хорошо переносит засуху, сильную жару, созревает раньше многих культур, а при хорошем развитии заглушает сорняки, поэтому является хорошим предшественником для яровых культур [55].

Горчица - травянистое однолетнее растение длинного дня, холодостойкое, скороспелое, сравнительно засухоустойчивое, хорошо приспособленное к континентальному климату, благополучно переносит сильную жару. Прорастание семян горчицы начинается при температуре почвы 1-3°С. От посева до всходов проходит 6-8 дней. Цветущие растения плохо переносят температуры меньше 5ºС - нарушается процесс оплодотворения и завязывания семян, бутоны и цветки увядают, стручки не образуются. Всходы могут переносить кратковременные заморозки до -5°С. Вегетационный период культуры от 70 до 110 дней [51,57,58]. Максимальное потребление влаги горчицей приходится на период от формирования стебля до цветения. Недостаток влаги в эти фазы ведет к слабой ветвистости растений, физиологическому увяданию бутонов и существенному снижению урожая семян. В засушливые годы горчица сильнее страдает от поражения вредителями, в дождливые годы - от грибных заболеваний [46].

Горчица отличается малой требовательностью к теплу в начале своего развития. Семена ее начинают прорастать при температуре 2-4°С, в фазе всходов  выдерживают заморозки до 3°С, а в фазе формирования листьев - кратковременные заморозки до -5°С, а также длительную холодную погоду. Энергия  прорастания зависит от температуры. При температуре +4,4°С семена дают ростки через 2 дня, при температуре +11°С - через 1,5 дня, при температуре +15,7°С - через один день. Сумма эффективных температур за вегетацию составляет 1700-1900°С. Сочетание холодостойкости с возможностью усваивать влагу для набухания и прорастания семян дает возможность высевать ее и получать хорошие всходы в засушливых районах. Горчица нуждается в количестве воды, составляющем 121% веса ее семян. Высокая потребность в воде, сочетающаяся с холодостойкостью горчицы во время прорастания, предопределяет ее ранние сроки посева. Физиологический оптимум температуры для культуры равен 25-27°С, Вегетационный период в среднем составляет 94 дня, и колеблется в зависимости от условий года и сорта от 68 до 112 дней. Потребность в воде прорастающих семян (в % к массе воздушно-сухих семян) горчицы 45-47%: она изменяется по фазам развития, всходы - 8,1%; фаза розетки - 15,6%, фаза цветения - 35,2%; фаза формирования и налива зерна - 41,1%. Кроме того она хорошо переносит почвенную засуху в ранние фазы, то есть от всходов до цветения, хуже - в период от конца цветения до созревания. В отличие от сарапетской горчица белая отличается коротким вегетационным периодом (45-60 дней до фазы массового цветения и 80-90 дней до полного созревания семян) [51,52,57,37,59-61].

Горчицу рекомендуется выращивать в засушливых регионах, о чём свидетельствует потенциальная урожайность семян современных сортов - около 3,0–3,5 т/га [50,55,62].

**Требование горчицы к почве.** Горчица не привередливая к условиям окружающей среды. Она может расти за счет корневых выделений на низко плодородных почвах. Горчица мало истощает почву, и она обладает большой пластичностью, так как может произрастать на самых разных типах почв степной зоны. Однако вместе с тем она очень отзывчива на плодородные земли. Наивысшие урожаи она дает на черноземных почвах, а устойчивые - на темно-каштановых и лугово-каштановых почвах. При посеве на впадинах урожай горчицы в 2,0 раза выше, чем при возделывании ее на зональных каштановых почвах при аналогичных погодных условиях [55,63-65]. По сравнению с требованиями к климатическим условиям горчица гораздо менее требовательна к почве. Оптимальными для возделывания горчицы являются хорошо структурированные почвы со средним и повышенным содержанием гумуса, с хорошей водоудерживающей способностью [66]. Не пригодны для нее тяжелые, заплывающие и солонцовые почвы [51,52, 15,57].

**Отношение горчицы к влаге в почве.** Влажность почвы подразумевает то количество воды, содержащейся в ней в разных формах. Она служит показателем для получения высоких урожаев. Наблюдения за влажностью почвы при произрастании сельскохозяйственных культур показывают, что она для формирования урожая является конкретизующимся и определяющимся фактором. Нехватка влаги может быть компенсирована улучшением минерального питания. Водный режим формируется в зависимости от осадков, температуры воздуха, солнечной энергии, почвы. На передвижение влаги в почве оказывают сами растения, их надземная и подземная части, где происходит транспирация и построение растительных тканей. Поэтому необходимо иметь ввиду различия по почвенно-климатическим условиям [67].

Для повышения устойчивости необходимы диверсификация и интенсификация систем земледелия. Выбор альтернативных культур для включения в системы земледелия требует информации о взаимосвязи воды и урожайности [68]. Водный режим растений обусловлен внешними факторами, поэтому во время вегетативного периода учитывается количество осадков и биологические возможности культуры [69]. Одним из условий потребления воды растениями горчицы есть почвенная влага, особенно нужная в период цветения и плодообразования, что сказывается на формировании урожая [70].

Исследования показывают, что в зависимости от времени года эффективность использования воды горчицей бывает различной. Повышение уровня использования влаги приводит к увеличению урожая зерна, способности усваивать питательные вещества из труднорастворимых форм калия и фосфора, поэтому и этот потенциал достигается за счет оптимизации влажности почвы [71]. Так, в опытах Багрова М., Мишанина Н. [72] при повышенной влажности почвы урожайность составляет 21,8 ц/га, а при пониженной - 17,1 ц/га. Особенно важно количество продуктивной влаги в ранневесенний период и во время вегетации. Есть сведения о том, что урожайность горчицы зависит от выпадающих осадков, температуры во время вегетации и требует умеренного увлажнения на ранних стадиях, и благодаря своей корневой системе она может использовать влагу из глубоких слоев [73,74].

Из вышеизложенного следует, что биологические особенности горчицы позволяют выращивать ее в условиях степной зоны Северного Казахстана.

**1.2 Влияние условий минерального питания на горчицу**

Питательным режимом почвы считают фактическое содержание в почве нужных для растений питательных элементов, которые образуются в результате почвообразовательных процессов. Элементы питания распределяются по профилю почвы, создавая физико-химические свойства растворов и другие процессы, проходящие в ней. Знание, проходящих сложных процессов динамики и воздействие на них необходимы для планирования технологических приемов выращивания тех или иных полевых культур [69].

Потребление элементов питания растениями горчицы зависят от процессов биосинтеза сухого вещества горчицы: наиболее интенсивно они протекают в межфазный период «розетка листьев - цветение», где формировалось более половины конечного урожая и потреблялось более 70% азота и калия, а также около 60% фосфора. Горчица вследствие короткого периода вегетации и быстрого начального роста требует обильного питания азотом [75].

Азот, фосфор, калий, кальций, магний, железо и другие элементы служат необходимыми для сельскохозяйственных культур питательными веществами. Для растениеводства надо знать обеспеченность в этих элементах почвы, чтобы получать стабильный и высокий урожай растений. Но чаще всего для обеспечения урожая более необходимы азот, фосфор и калий. Поэтому питательный режим растений ограничивается этими тремя элементами, которые представлены различными формами по их усвояемости [69]. Так для формирования урожая одних культур выносит значительно больше азота, фосфора, калия и особенно серы по сравнению с другими. С увеличением норм внесения минеральных удобрений у растений повышается вероятность формирования фактической урожайности семян к планируемой Эффективность парных сочетаний была разной по годам и определялась теми же факторами, т.е. исходным содержанием и соотношением элементов [76].

**Азот.** В почве есть 95-99% органических соединений, которые растения не способны усваивать и поэтому степень разложения органического вещества, при котором образуется минеральный азот, подчинен таким факторам, как водный, тепловой, воздушный режимы, pH среды и так далее. Корректировку урожая сельскохозяйственных растений можно значительно регулировать уровнем их азотного питания вкупе с другими факторами, нужные для развития [69].

В природе азот является составной частью атмосферного воздуха и всего органического мира. Д.Н.Прянишников [77] не раз говорил, что урожай растений определяется обеспеченностью азотом, доступная форма которого определяется при разложении органического вещества, которая минерализуется и используется.

Изучение азотного питания растений привело к выводу, что азот почвы находится в органической части, которая минерализуется в верхних горизонтах и мигрирует дальше вниз по почвенному профилю и может выноситься вместе с урожаем [78]. Рациональное регулирование азотного питания возможно при выращивании культур при повышении азота почвы [79-83].

Усвояемыми формами азота являются аммиачная, нитритная и нитратная. Если первые две промежуточные формы в почве не накапливаются, то нитратная - конечная, переходит в растения в результате их развития, являясь источником урожая. Аммиачная и нитратная формы накапливаются в почве в значительном количестве, но быстро улетучиваются в процессе разложения органического вещества [84].

Для быстрого развития корневой системы, нормального кущения и накопле­ния сахаров, повышающих зимостойкость растений, в это время необходима достаточная обеспеченность растений фосфором и калием при умеренном снабжении азотом [85-91].

Условия азотного питания оказывают воздействие на формирование элементов урожая и непосредственно на фактическую урожайность растений.

Немало исследований проводились в почвенно-климатических условиях с различными по биологии сельскохозяйственными культурами [92-97]. Отмечается, что при длительном использовании сельскохозяйственных культур почва истощается и при внесении рекомендованных доз (30-90, 100-160 кг д.в./га) азотных удобрений способствует увеличению его содержания [98-102]. Так, при низкой обеспеченности почвы азотом и при применении азотных удобрений повышается урожай зеленой массы, зерна [103,104].

Шеуджен А.Х. и др. сообщают, что азотное питание растений способствует повышению коэффициента использования азота вне зависимости способа и срока внесения [105], и есть исследования, свидетельствующие о том, что применение азотных минеральных удобрений с добавлением других компонентов для улучшения свойств почв не дают изменить азотный режим почвы и азотное питание растений [106].

Азот является для горчицы наиболее ограничивающими питательным веществом, что внесение азотных удобрений способствует повышению продуктивности на 30-60% и может быть влиятельным фактором для контроля и качества культуры. Он способствует достаточному ветвлению, росту цветков и стручков и играет важную роль в синтезе растительных белков и хлорофилла [107].

Алексеев А.П. и др. своим исследованиями определили, что горчица потребляет азот интенсивно во время всего вегетационного периода и его меньше поступает во время налива семян. Большее количество его концентрируется в листьях [108]. Вредным для растений горчицы может быть избыточное накопление азотистых веществ в молодом возрасте [109], что вызывает полегание, но есть исследования профессора А.Цаде, где у горчицы белой в таких условиях его не наблюдалось [110].

Изучение азотного питания горчицы говорит о том, что основным источником азота в почве, поглощаемым корнями горчицы, является N-NO3. Поглощение азота растениями горчицы, ее корнями, начинается с момента роста до тех пор, пока не закончится зрелость, но критическим по отношению к нему является фаза цветения. Степень получения азота зависит от достаточной влажности почвы, и в начале развития больше азот горчица получает для роста и во время созревания, когда он перемещается в внутри растения от листьев и стебля к семенам. Замечено, что азот в старых листьях горчицы перераспределяются в более молодые для поддержания дальнейшего роста. При его дефиците старые листья приобретают характерный светло-зеленый, желтый цвет, потом они завядают и опадают от цветения [107].

**Фосфор.** Фосфор является одним из основных макроэлементов почвы. Поэтому фосфор, как и азот, участвует в синтезе белка, в процессах роста и развития растений. Кроме того, он составная часть крахмала и гексозофосфатов. При участии фосфора в растениях идет рост и синтез органического вещества [111].

В почве соединения фосфора находятся в виде минеральных и органических веществ и доступными для растений являются водорастворимые соли фосфорной кислоты. Растения используют фосфор после превращения органического фосфора в минеральный и специфичность фосфорного питания заключается в том, что труднорастворимые формы фосфора не усваиваються ими. Соответствующие условия повышают содержание легкодоступных соединений фосфора, которые улучшают урожай и качество продукции сельскохозяйственного производства. Более того, фосфорное питание ускоряет развитие и созревание растений [112,113].

Превращение и динамика P2O5 в почве в результате разложения органического вещества позволяет судить о степени его окисления. При окислении белков образуется P2O5 без образования промежуточных веществ. Нитратный азот, образующий в почве тесно связан с фосфором. Таким образом, при разложении органического вещества идет образование фосфатов аналогичное образованию нитратов. Однако, учитывая, что фосфаты бывают разными по усвояемости и растворимости процесс нитрификации проходит соответственно усвоению фосфора растениями [114].

Как отмечено О.Ф.Туевой [115,116], растения нуждаются в фосфоре уже на ранних этапах своего развития, и его получении в дальнейшем не сможет восполнить нехватку данного элемента в почве. Также всё это связано и с азотным питанием растений: при недостатке фосфора и необходимом количестве азота идет нарушение обмена веществ, синтез аминокислот в корнях.

Отмечено, что обуславливающими факторами фосфорного питания почвы считаются рост и развитие растений, увеличение органического вещества вкупе с содержанием в них азотистых веществ [117,118]. Фосфорное питание сельскохозяйственных культур формирует хороший урожай и качественную продукцию, усиливает их зимостойкость [119].

Говоря о значимости элемента фосфора для произрастания растений, надо отметить об его роли в создании хорошей корневой системы. Его дефицит вызывает рост культур с недоразвитыми корнями и тонкими растениями с измененным цветом листьев и стебля [120,121]. Кроме этого, нехватка фосфора в почве наращивает процессы распада сложных соединений, и прекращаются процессы синтеза [122].

Зональными научными учреждениями разработаны оптимальные уровни содержания Р2О5 в почве в слое 0-20 см, которые только и могут обеспечить реализацию потенциальных возможностей сорта и влаги. Установленные параметры фосфорного питания обеспечивают получение максимального урожая в годы с различным увлажнением и позволяют рационально использовать фосфорные удобрения [123].

Оптимальное фосфорное питание способствует развитию корневой системы растений – она сильнее ветвится и глубже проникает в почву. Это улучшает снабжение растений питательными веществами и влагой, что особенно важно для засушливых условий [76].

Негативно влияет на рост и развитие растений не только недостаток фосфора в почве, но и его избыток. Это наблюдается в результате повышения содержания фосфора в почве при низком уровне азота, что ведет к снижению синтеза белка и ДНК, общего белка и клейковины [124]. Особенно это влияние хорошо изучены в исследованиях профессора Черненок В.Г. в условиях темно-каштановых почв Северного Казахстана [125-127].

В отличие от усвояемости азота по А.Е.Возбуцкому [128], доступность фосфора из почвы и удобрений снижен на 10-35% и восстановление его запасов за счет природных почвенных ресурсов не существует. В результате биологического накопления фосфора в верхних слоях почвы происходит и его снижение, хотя пополнение идет за счет минерализации органического вещества [129-132].

Есть данные исследований по доступности фосфора из почвенного раствора, который потребляется растениями даже в малых концентрациях и необходимый в начальный период развития [133-136].

**Калий.** Из вышеизложенного следует, что азот и фосфор содержится в почве в органических и минеральных соединениях, когда как калий только в минеральной форме: в виде растворимых солей в клеточном соке и в адсорбированном состоянии на структурных элементах клетки. Замечено, что в основном обеспеченность почвы калием обозначается наличием необменного калия в глинистых и первичных минералах, которые пополняют запасы обменного калия.

Важную роль в питании растений и формировании урожая играет калий. Накапливающийся в хромопластах и митохондриях калий стабилизирует их структуру и способствует образованию богатых энергией АТФ в процессах фотосинтетического и окислительного фосфорилирования. Калий усиливает синтез высокомолекулярных углеводов, в результате чего утончаются клеточные стенки соломинки, повышается устойчивость к полеганию. Недостаток калия приводит к нарушению метаболизма в растениях. Дефицит калия вызывает ослабление деятельности ферментов, нарушения в углеводном и белковом обмене в растении, усиливая затраты сахаров на дыхания, ведет к образованию щуплого зерна, снижению всхожести и жизненности семян [137]. Его значение для роста и развития растений надо обозначить. В своих трудах некоторые ученые отмечают о том, что калий способствует наполнению клеток водой, перемещению продуктов фотосинтеза и образованию хлорофилла [138-140]. Он положительно воздействует на образование полимерных соединений и использованию железа в синтезе пигментов и хлорофилла [141]. Калий в почве используется корнями растений в первые фазы своего развития и соответственно уменьшается по мере его роста [142]. Он улучшает такие свойства, как лежкость, укрепляет стебли и устойчивость к разного рода болезням сельскохозяйственных культур, засухе и морозам.

Органы и ткани, в которых образуется или накапливаются углеводы, обычно богаты калием. При резком его недостатке образование и передвижение углеводов в растении сильно подавляется и вызывает пожелтение листьев. Растения будут иметь замедленный рост, более мелкие листья и более тонкие стебли. При недостатке калия затрудняется поглощение аммиачного азота, так как в этом случае в растениях накапливаются в большом количестве аммиак, при высокой концентрации которого возможно отравление растительного организма [143].

Как элемент питания калий может повысить холодостойкость растений и при внесение различные доз, начиная с меньшей, увеличивает его содержание [144] и при выносе с урожаем происходит снижение доступного калия, медленно, но постоянно [145,146]. Калий необходим при росте растительной клетки, особенно в условиях дефицита влаги в почве и участвует в синтезе крахмала, жиров, углеводов, активизирует ферменты [147].

С каждым годом содержание калия в почве приобретает биогенное значение, что способствует снижению содержания радионуклидов [148-149]. Надо отметить, что обменный калий в почве даже при высокой обеспеченности необходим калиелюбивым растениям [150].

**1.3 Отзывчивость горчицы на минеральные удобрения**

Почвы недостаточно обеспеченные питательными элементами не могут создавать для развития растений условия их интенсивного поглощения. На усвоямость питательных веществ из удобрений действуют доза, форма их доступности и характер их взаимодействия.

Отзывчивость растений горчицы на внесение удобрений в почву имеет немаловажное значение в изучении ее минерального питания. По отношению к почвенному плодородию, содержанию элементов питания в почве горчица отзывчива и поэтому внесение минеральных удобрений помогает в достижении устойчивых высоких урожае [151,152].

Так, внесение удобрений на типичных черноземах Тамбовской области было высокоэффективным. Несмотря на различные погодные условия во все годы исследований на всех вариантах опыта была получена наибольшая урожайность зерна ячменя [153].

Выявлены данные для установления оптимального количества азота в почве, необходимые растениям для получения максимального урожая при различных уровнях элемента в почве [154].

Минеральные удобрения являются основным фактором в формировании продуктивности растений. Оптимальное обеспечение капустных культур питательными веществами не только повышает их урожайность, но и улучшает биохимический состав растительной продукции и качество семян. На почвах со средним содержанием питательных веществ при выращивании капустных культур на зеленый корм, минеральные удобрения вносят в зависимости от предшественника. Избыточное содержание азота в почве приводит к преждевременному полеганию посевов, снижению урожая, увеличению нитратов в растительной продукции и ухудшению условий уборки урожая этих культур [155].

Создание оптимальных условий питания растений, позволяет реализовать генетический потенциал сорта и получить максимально возможную в складывающихся условиях продуктивность.

Каждой почве присущи свои показатели плодородия: количественное содержание и состав гумуса, её биологическая активность, агрономические, водные, физические, химические, физико-химические, минералогические и другие свойства, не всегда и не в полной мере удовлетворяющие требованиям культур [156,157].

Этот комплекс вопросов на основании многолетних данных хорошо отработан для зерновых и ряде других культур [158-159]. На примере зерновых культур были определены основные факторы, определяющие продуктивность культур: гумус, содержание доступных форм азота, фосфора, калия, рН, Са, Мg, влагообеспеченность [160].

# Как было отмечено, горчица требовательна к обеспеченности почвы питательными элементами и для того, чтобы достичь оптимальный урожай, надо разработать сбалансированные дозы удобрений, хотя она может произрастать практически на всех типах почв. Влияние удобрений усиливает проведение комплекс агротехнических и мелиоративных мероприятий. Поэтому для определения уровней питательных веществ в почве необходимы провести его отбор и анализ, которые используют для определения вида, формы и нормы удобрений. Рекомендуемая доза удобрений горчицы для разных зон меняется в зависимости от климата, типа почвы, времени. И адекватное снабжение питательными веществами увеличивает урожайность семян и масла, улучшает ее элементы структурности [161].

Исследования показывают, что горчица, как и другие культуры, требует к себе определенного уровня насыщения почв элементами питания, что может быть достигнуто только внесением минеральных удобрений с обязательным учетом исходного содержания элементов в почве. В этом отношении совершенно беспочвенны попытки некоторых исследователей найти наиболее эффективную - «универсальную» (точнее шаблонную) дозу удобрений для данной культуры на все случаи.

Между содержанием элементов питания в почве и урожайностью горчицы установлена определенная количественная взаимосвязь, позволяющая определить оптимальные параметры основных агрохимических свойств почвы.

# Руководствуясь вышеизложенным, важным считается хорошая отзывчивость горчицы на внесение удобрений и они отмечены в исследованиях таких ученых, как Губанов Я.В., Шатилов И.С. и др. [162-167].

Требования горчицы к минеральным удобрениям, в условиях различных почвенно-климатических условий наименее изучены и требуют разработки специальных мероприятий. Так, эффективность использования азота удобрений зависит от скорости, источника и метода применения удобрений. Количество азота почвы обеспечено исходным состоянием почвы, климата, системы земледелия. Например, урожай горчицы при нулевой обработке почвы может достигать 69,5 ц/га при норме азота 80 кг/га [1168].

Использование минеральных удобрений под посевы растений горчицы повышает урожайность [169], где при этом еще происходит значительные ее колебания, что связано с действием антропогенных факторов. Это вызывает потребность исследований по оптимизации и совершенствованию элементов и приемов технологии выращивания горчицы [170-172].

Изыскания по изучению влияния минеральных удобрений показывают, что разные дозы минеральных удобрений улучшают элементы продуктивности и урожая семян горчицы. До определенных доз урожайность культуры повышается, а дальнейшее увеличение их дозы не приводит к повышению урожайности культуры [167].

По данным R.Sharma и др. [173] эффективное использование азота в дозе 60 кг/га стабильно и значительно увеличивает количество первичных ветвей, количество семян, массу 1000 семян и тем не менее, увеличение до 90 кг/га дает еще значение максимального соотношения затрат и эффективности. Как утверждает D.Sah [174] по сравнению с пшеницей, горчица способствует получению урожая, вдвое больше потребляя питательные элементы: азот, фосфор, калий. Лучшие результаты показывают внесение азота 30-50 кг/га, фосфора 50-60 кг/га, а калия 30-40 кг/га на легких почвах в форме сложных удобрений.

Понимая преимущество минерального питания горчицы, которое является одним из устойчивых, наиболее подходящей является реакция почвенного раствора - на уровне рН - 6,6-7,2 для нее. Опыт внесения дозы удобрений с осени N60P60 даёт наибольшую урожайность в 1,25 т/га по сравнению с контролем [175,176].

Научные исследования Kadar I. и др. [177-179] показали, что различные уровни поступления питательных веществ под горчицу влияют на ее развитие, биомассу, выход масла и его жирнокислотный состав. Особенно, это наблюдается при внесении азотных удобрений, когда биомасса уменьшилось на 2% в фазе розетки, на 5 % в период цветения и в среднем на 10% в период созревания, фосфорных - снижало содержание сухого вещества на 4-5%, калиевых удобрений - 1-2%. Отмечено, что из-за чрезмерного внесения удобрений созревание горчицы затягивалось на две недели.

Рациональная система применения удобрений горчицы способствует увеличению ее урожайности [180-181]. По данным Лукомец В.М. и др. [182,183], чтобы сформировать 1 тонну семян горчицы необходимо внести 55-60 кг азота, 25-30 кг фосфора, 25-35 кг калия и при низкой и средней обеспеченности - рекомендуемая доза N60P60K40 под основную обработку. Об одинаковой эффективности доз удобрений N120P70 и N80P30 свидетельствуют труды и исследования [184], которые установили соответствующую экономически целесообразную прибавку урожая.

По Соседкину Р.В. [185] при оценке азотного питания выявлено, что азотное голодание растений связано, прежде всего, с дефицитом почвенного азота, который можно пополнить внесением азотных удобрений. При низкой обеспеченности азотом растений происходит высокое изменение всех показателей. Кроме того, применение азотных удобрений и биорегуляторов с содержание азота способствуют улучшению технологических свойств семян [186,187].

Последействие азотных удобрений на содержание азота и урожайность культуры больше и эффективнее, чем прямое и непосредственное действие азотных удобрений, особенно это видно в первые три года [188].

При внесении азотных удобрений по уровню доступной почвы азота увеличивается, потребность в азотном удобрении снижается, что приводит к более низкой реакции на азотные удобрения. Когда при увеличении влажности и осадков в период вегетации возрастает, потребность в дополнительном азотном удобрении увеличивается [107]. Также установлено, что оптимальная норма азотных удобрений подчиняется условию обеспеченности азота в почве, влажность почв, поэтому их определение перед посевом имеют решающее значение для определения оптимальной нормы для внесения. Так, если в среднем выпадает за вегетационный период 150 мм, то общее количество азота, необходимого горчице будет 66 кг.

Судя по данным Коваленко С.А. [184], при выращивании горчицы выявлено, что одноразовое внесение N60 дает прибавку на 39%, чем на контроле, а внесение полной дозы минерального удобрения в дозе 50-60 кг/га повышает урожай на 30-40 % [189-190].

Оптимизация параметров азотного режима почв представляет собой очень трудную задачу. Разнонаправленные процессы трансформации азота в почве, переход в водный раствор, поглощение аммоний-иона почвенно-поглощающим комплексом, перехват минеральных форм азота корнями растений, микроорганизмами, выделения минерального азота в процессе минерализации органического вещества, растительных остатков, микробной массы, корневых выделении связаны с различными проявлениями жизни в агроценозе, идут с большими скоростями. Между содержанием азота в определенные фазы роста в вегетативных частях растений и урожаем наблюдается коррелятивная зависимость. Это позволяет прогнозировать количество и качество урожая по химическому составу вегетативных органов [191]. На это указывают Ю.И.Ермохин, Р.С.Проберж и др. [192,193]. Так, по данным Н.К.Болдырева [194] для формирования урожая в 25-30 ц/га в растениях злаковых культур в фазе кущения должно содержаться 5% азота, 1% фосфора и 5% калия.

На основе многолетних исследований азотного режима почв и эффективности азотных удобрений в условиях Северного Казахстана В.Г.Черненок [160] было установлено, что из всех форм азота наиболее тесную связь с урожайностью и эффективностью азотных удобрений дает содержание азота нитратов перед посевом культур в слое 0-40 см. Наличие тесной взаимосвязи (r=0,76-0,88) между содержанием N­NO3, урожайностью и эффективностью азотных удобрений позволило установить индексы обеспеченности почв азотом для зерновых культур и потребность в азотных удобрениях. Вместе с тем было установлено, что эффективность азотных удобрений зависит не только от содержания азота нитратов в почве, но и содержания подвижного фосфора и их соотношения (r=0,64-0,76).

Внесение азотных удобрений у сельскохозяйственных культур вызывает хорошую отзывчивость и получение высоких урожаев продукции [199-202].

Использование и внесение доз фосфорных удобрений под горчицу по-разному влияет на развитие культуры в зависимости от температуры воздуха, влажности почвы и количества доступного фосфора почвы. Как показывает производственный опыт, чем окружающая среда была прохладней и влажной, тем больше горчица была чувствительна к внесению фосфора [203]. В связи с этим, 60 кг/га фосфора увеличивает количество сухого вещества, а доза 40 кг/га - высоту растений, количество ветвей на растении и содержание хлорофилла в листьях [204].

Исследования условий калийного питания говорят о том, что калийные удобрения влияют на урожайность в условиях чернозема выщелоченного [205], и ведут к снижению калия даже при его высоком содержании в почве [206]. Имеет значение диагностика калия, которая позволит определять степень обеспеченности почвы калием [207]. Высокое содержание обменного калия на пониженном азотно-фосфорном фоне, по данным К.А.Виэк [208], снижает урожайность. Уровень доступного для растений калия определяют по уровню обменного. Замечено, что в основном обеспеченность почвы калием обозначается наличием необменного калия в глинистых и первичных минералах, которые пополняют запасы обменного калия. И даже для черноземных почв, где запасы калия достаточны, необходимо проводить наблюдения за условиями калийного режима почв [209,210], и низкая эффективность калийных удобрений связана с влагой. С этим связаны отличная агротехника и почвенная диагностика [211].

Опыты показывают, что без применения удобрения урожай формируется за счет необменного калия [212], а внесение калийных удобрений увеличивает урожай и повышает качественные показатели [213-215] и влияет на формирование элементов структуры урожая [216].

Растения могут проявлять различные реакции образования органического вещества за счет минеральных соединений. Поэтому они могут создавать сухое вещество за счет усвоения углекислым газом через листовую поверхность, а усваивать воду, азот и зольные элементы - из почвы через корни [217].

Накопление сухого вещества зависит от обработки почвы и внесения минеральных удобрений при выращивании культур: под вспашку и предпосевную культивацию (фосфорные удобрения), под культивацию и подкормку (азотные удобрения) [218-220]. Внесение различных макроудобрений могут увеличивать количество сухой массы по фазам развития [221] и содержание элементов питания в почве, влияющих на данный процесс [222].

Индикатором накопления сухого вещества является отзывчивость растений на внесение минеральных удобрений вплоть до уборки урожая культуры [223], но есть данные, что накопление сухого вещества происходит с фазы стеблевания [224]. У зерновых, в частности, ячменя, максимальное количество сухого вещества накапливается на ранней стадии восковой спелости [225], которое зависит увлажнения года [226]. Есть наблюдения, где наблюдается накопление сухой массы в межфазные периоды, но у отдельных органов растений в другие фазы развития [227,228] и повышается продуктивная кустистость, что способствует накоплению сухого вещества [229].

Есть необходимость отметить и влияние отдельных видов удобрения на динамику накопления сухой биомассы: при внесении азотных удобрений под растения увеличивается концентрация азота в растения, повышается белок растений [230,231]. Аналогичные результаты были достигнуты при выращивании масличных культур [232].

Научными опытами Деревянко И.А. [233] выявлено, что сорта ряда культур, отличающиеся высокой засухоустойчивостью, больше накапливают сухую биомассу, чем сорта со средней и низкой степенью засухоустойчивости.

Есть результаты исследований Виноградова Д. В. и др. [234,235], при которых высокие дозы внесенных минеральных удобрений не влияют на наступления фаз вегетации растений, но повышают выход сухой биомассы и наоборот, надо сказать о повышенных дозах азотных удобрений, которые влияли на выход сухой биомассы у горчицы, отличающиеся высоким ПДК, что недопустимо.

При выращивании горчицы установлено, накопление сухого вещества может зависеть от сроков внесения: по мерзлотной почве обеспечивается более высокий урожай, чем при ранневесеннем посеве [236].

Химический состав растений горчицы во время вегетации зависит о многих факторов и изменяется неодинаково. Так, оптимальное количество сосредоточия элементов питания способствует формированию мощной вегетативной массы растений и их интенсивному поглощению [237-242].

Так, внесение азотных удобрений увеличивает такой показатель, как вегетативная масса в фазу стеблевания, что говорит преимущественной роли азота, когда как полное удобрение вместе поднимают продуктивность семян [243]. Они являются источником элементов питания для повышения урожая [77] и минеральное питание растений напрямую влияют на накопление их в растениях и вынос с урожаем [244].

При внесении азотно-фосфорных минеральных удобрений на запланированную урожайность имеют значение их дозы, и фактическая урожайность бывает выше на повышенных дозах [245,246].

Установлено, что горчица дает большой урожай, когда ее вегетационный период умеренно продолжительный и при условии посева во второй половине июня [247,248]. Внесение минеральных удобрений могут напрямую повлиять на урожайность горчицы, обеспечивая прирост сбора семян. В дальнейшем увеличение количества минеральных удобрений прибавка возрастает [249]. При сравнении средней урожайности и потенциальной может измениться масличность семян горчицы [ 250].

Потребление питательных веществ из почвы, накопление их в растениях и вынос с урожаем находится в прямой зависимости с продуктивностью посевов, которая во многом определяется обеспеченностью полевых культур элементами минерального питания [251].

В настоящее время накоплен обширный материал отечественных и зарубежных исследователей о том, что при длительном внесении в почву удобрений, особенно минеральных, происходит изменение многих ее свойств. Исследования по внесению минеральных удобрений под посевы горчицы говорят о формировании высоких урожаев культуры [252-254]. Первоначальная обеспеченность почвы элементами питания влияет на ее продуктивность, а при внесении минеральных удобрений она меняется в зависимости от дозы удобрений [255].

Оптимизация условий минерального питания подразумевает обеспечение растений всеми необходимыми для его жизнедеятельности элементами и не только в необходимом количестве, но и соотношении.

Различные культуры, в силу своих биологических особенностей требуют различного уровня насыщения почв элементами питания. Способность почв удовлетворять потребность растений в элементах питания, воде и других факторах жизнедеятельности растений является главным ее достоинством показателем плодородия. Недостаток или избыток элементов приводит к несбалансированности питания, что отрицательно сказывается на продуктивности и качестве культур [256].

Удобрения, увеличивая урожайность масличных культур и повышая содержание жира в семенах, способствовали повышению сбора жира с 1 га посевов. Содержание жира в маслосеменах горчицы является одним из качественных показателей. Масло горчицы применяется во многих отраслях народного хозяйства. Оно содержит эруковую кислоту и ее содержание сдерживается в семенах горчицы до 5%, что соответствует требованиям ГОСТа [257]. При исследованиях данного показателя выявлено, что на масличность семян горчицы по­влияли также дозы применяемых минеральных удоб­рений. Четко прослеживается вы­ход масла с единицы площади при увеличении фосфорно-калийных удобрений до Р90К50 по фону и обеспечение получения более высоких урожаев высококачественных семян [156].

Горчица отзывчива к применению минеральных удобрений, которые следует вносить полной нормой N60Р60 с осени под основную обработку [258].

Масличность семян горчицы зависит внесения минеральных удобрений и улучшает урожай культуры. Так, азотные удобрения не могут оказывать существенного влияния на содержание масла, но отмечено, что азотные удобрения совместно другими может увеличить содержание масла [259-263].

#### Содержание жирного масла горчицы зависит от многих факторов, таких как продолжительность фаз вегетации: образование масла идет до фазы полного созревания и параллельно накоплению сухого вещества. Также недостаток воды, высокая температура воздуха приводит к снижению жирного масла в семенах горчицы [264-266].

Минеральное питание влияет на выход масла с единицы площади. Так, в результате исследований Кандрокова З.Ж. [267] при увеличении дозы фосфорно-калийных удобрений до Р90К50 масличность семян в среднем составляет 40-41% и среднее количество выхода масла составляет 5,2 ц/га, что на 14 -15% больше, чем в контроле**.**

Внесение органических удобрений позволяет увеличить содержание жира при увеличении сбора урожая. По мнению Умбетова А.К., Рамазановой Р.Х. [11] навоз увеличил содержание жира в семенах горчицы с 38,6 до 42,8%, тогда как другие виды органических удобрений увеличили этот показатель до 41,1-42,3%.

В исследованиях Радченко В.И. [37 ] стало известно, что внесение Р60, N60P6o, Р60К60 и N60Р60К60 по сравнению с контролем улучшало выравненность семян и увеличивало их масличность на 0,1-1,2%. Одностороннее применение азотных удобрений N6o снижало содержание масла в семенах горчицы на 0,8%. Максимальный сбор масла 10,37 ц/га был получен на варианте с внесением N6oP60 под культивацию.

Применение минеральных удобрений в дозе N30P40 повышало урожайность у горчицы - на 2,5 ц и масла 166 кг, соответственно [268].

Из элементов питания, как уже отмечалось, важнейшую роль в формировании урожая играет азот и фосфор. Оптимизация дозы внесения азотных удобрений позволяет повысить конкурентную способность горчицы без значительного снижения урожайности культуры. Отмечено, что она определяется условиями влагообеспеченности года [269].

Фосфор почвы накапливается в верхнем пахотном слое и не проникает вглубь, что позволяет растениям поглощать его в начале вегетации. Для оптимизации фосфорного питания требуется распределение удобрений по всему пахотному слою [270]. Особую актуальность приобретает применение минеральных удобрений, прежде всего, фосфорных - ключевого элемента питания растений [271].

Надо обозначить проблемы и пути оптимизации применения фосфорных удобрений. В структуре внесения минеральных удобрений по действующим веществам ситуация достаточно стабильна: более 65 % приходится на азот, 24 % на фосфор, 15 % на калий, но снижение содержания фосфора будет продолжаться [123].

Как отмечает Черненок В.Г. [272-276], зная оптимальный уровень содержания фосфора для культуры, можно с высокой точностью рассчитать оптимальную дозу фосфорных удобрений, обеспечивающую оптимизацию питания, реализацию потенциальных возможностей культуры и получение максимально возможного урожая в складывающихся условиях выращивания. Не может быть определенной унифицированной дозы фосфорных удобрений, гарантирующей во всех случаях лучший результат [123].

Горчица неприхотлива в выращивании, мало требовательна к почвенным и климатическим условиям, мало восприимчиво к болезням и вредителям [277].

Наибольшей изменчивости под действием погодных и агротехнических факторов подвержено содержание влаги в почве, минерального азота и подвижного фосфора в большей степени определяет формирование урожайности. Первостепенное значение для разных почвенно-климатических зон имеет определение оптимального содержания подвижного фосфора. Под оптимальным подразумевается такое минимальное содержание Р2О5 в почве, при котором уровень урожайности не лимитируется недостатком фосфора.

В почвах в основном содержание калия бывает достаточно. Но выращивание сельскохозяйственных культур без должного внимания к калийному питанию растений может отразиться на урожае. Так, локальный способ внесения позволил сбалансировать калийное питание растений и устранить избыток калия в начальные периоды роста и избежать недостатка калия при формировании зерна. Применение фосфорных удобрений, сдвигало потребность растений в калийных удобрениях на более поздний период развития, что повышало эффективность действия калийных удобрений [296 278].

Есть почвы, характеризующиеся средней обеспеченностью подвижным калием, где в целях повышения продуктивности севооборота, и оптимизации калийного состояния почвы рекомендуется применять калийное удобрение в дозе 80-120 кг/га [279].

Зависимость урожая сельскохозяйственных культур от запаса обменного калия проявляется не всегда и, как правило, выражается более низкими коэффициентами корреляции, чем от содержания в почве фосфора. С одной стороны, это обусловлено действием агрохимических показателей на трансформацию калия почвы, с другой динамичностью форм почвенного калия [280].

Анализ минерального питания показывает, что в сравнении с некоторыми культурами горчица имеет свои особенности, но при этом прослеживается отсутствие сведений об минеральном питании горчицы в условиях степной почвенно-климатической зоны и появилась необходимость определения оптимальных параметров элементов питания для нее в данных условиях.

**2 ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

**2.1 Почвенно-климатические условия**

**Климат.** Для территории Казахстана характерен резко континентальный климат, который говорит об удаленности от открытых морей и океана.

В черноземной зоне Северного Казахстана средняя годовая температура +0,4°С и годовое количество осадков 315 мм, к югу эти показатели несколько уменьшаются [281]. Зона черноземов южных входит в Западно-Сибирскую степную климатическую область, где климат формируется под воздействием радиационных факторов.

Территория исследуемого участка находится в Акмолинской области Буландинского района в ТОО «Никольское» умеренно засушливой зоне. При этом климатические показатели выражены в различии не только среднегодовых показателей, но и суточных: резкая смена температуры и малое количество атмосферных осадков. Лето жаркое и сухое, и зима довольно холодная и продолжительная.

Январь является самым холодным месяцем в году со среднемесячной температурой -15,5°С, а самым теплым – июль, со среднемесячной температурой +20,9°С и соответственно среднегодовая температура воздуха составляет +2,5°С. Безморозный период продолжается в среднем 102-104 дня, в вегетационного периода – 167 дней. Сумма положительных температур за вегетационный период составляет 2300°С-2400°С.

Выпадение осадков является одним из таких климатических показателей, от которого зависит урожайность сельскохозяйственных культур. Среднегодовая сумма осадков на территории ТОО «Никольское» составляет 339,2 мм, и они неравномерно распределены в течение года, основная часть которых приходится на весенне-летний период. Отмечено, что наибольшее количество осадков выпадает в июле-августе, хотя летний период характеризуется сухостью, так как испарение превышает сумму выпадающих осадков и за вегетационный период сумма осадков равна 152 мм.

Известно, что дополнительным источником влаги для растений являются осенне-зимние осадки. Снежный покров появляется в конце октября и начале ноября. Число дней со снежным покровом в среднем 150 дней, который распределяется неравномерно. Устойчивый снежный покров сходит в первой половине апреля.

Для исследуемой территории характерна низкая влажность воздуха, которая в среднем составляет 68%, что в дальнейшем влияет на рост и созревание сельскохозяйственных культур.

Для сельскохозяйственного производства немаловажное значение имеет и ветровая деятельность, которая не прекращается на протяжении всего года. Особенно надо отметить летние ветра, способствующие быстрому испарению влаги и иссушению поверхностного слоя почвы. Средняя годовая скорость ветра составляет 3,8 м/сек.

Исходя из вышеизложенного, к отрицательным показателям климата следует отнести сильную ветровую деятельность, ранне-осенние и поздне-весенние заморозки. Положительными сторонами являются достаточная длина вегетационного периода, высокая сумма положительных температур и сравнительно достаточное количество осадков.

**Рельеф, почвообразующие породы.** Территория хозяйства находится в пределах Казахского мелкосопочника и входит в состав Приишимской засушливо-степной, увалисто-равнинной области. В пределах землепользования выделяются амбразионные и амбразионно-аккумулятивные равнины. Они распространены в центральной и северной частях землепользования, и представлены сглаженными равнинно-увалистым мелкосопочником. Выделяются невысокие сопки. Основными элементами рельефа являются увалы, которые представлены равнинными участками и пологими склонами к днищам ложбин стока. На склонах увалов сформированы черноземы южные и темно-каштановые почвы.

Земли сельхозформирования находятся в подзоне разнотравно-ковыльных степей. На равнинных участках южных черноземов карбонатных преобладают ковыль, шалфей, люцерна, тысячелистник и т.д. Проективное покрытие составляет 60-70%.

Почвообразующими или материнским породами представлены в основном третичными, четвертичными отложениями и их переотложенными продуктами. Наиболее распространенными материнскими породами являются желто-бурые глины, тяжелые суглинки, характерное для которых плотное сложение, бурное вскипание от соляной кислоты, наличие гипса на глубине 120-140 см. почти всем почвообразующим породам территории землепользования присуща карбонатность [282].

**2.2 Характеристика почв**

Казахстан - это страна, которая занимает территорию протяженностью с севера на юг около 750 км, а с запада на восток – 1300 км и занимает площадь 275,2 млн га. Республика Казахстан отличается многообразием природных условий, способствующих факторам почвообразования: климат, рельеф, биологический фактор, представленный растительным, животным миром и почвообразующие породы.

Черноземы степной зоны представлены двумя подтипами: обыкновенные и южные. Они находятся в пределах умеренно-засушливой степи, от Зауральского плато – на западе, до Прииртышской равнины - на востоке на расстоянии 2,2 тыс. км и составляют 26,5 млн. га или 9,7 % всей территории республики [281].

Рельеф черноземной зоны Северного Казахстана - это южная часть Западно-Сибирской низменности, северная часть Казахского мелкосопочника, к которому относится Кокшетауский возвышенный район и значительная часть Торгайского плато.

Почвообразующими породами являются в основном желто-бурые глины и суглинки, залегающие тонким слоем и подстилаемые на небольшой глубине третичными соленосными глинами. Почвообразование происходит по террасам рек Ишима и Тобола на древнем аллювии легкого гранулометрического состава.

Степная зона черноземов состоит из двух подзон: умеренно-засушливая степь черноземов обыкновенных (среднегумусных) и засушливой степи черноземов южных (малогумусных).

Южные черноземы подзоны засушливой степи карбонатны или засолены. Они находятся на низменных террасах рек и озер, западинах [281].

Площадь южных черноземов составляет 11,5 млн. га и они расположены в Акмолинской, Костанайской, Северо-Казахстанской, Павлодарской, Актюбинской областях республики. К землям сельскохозяйственного назначения относятся 9,9 млн. га

Исследования проводились на черноземах южных карбонатных тяжелосуглинистых почвах Акмолинской области степной зоны Северного Казахстана, которые занимают 2347,1 тыс.га, что составляет 24,42% от всей площади этих почв [283].

**Черноземы южные карбонатные среднемощные малогумусные.** Для того, чтобы дать оценку морфологических признаков чернозема южного карбонатного был заложен (12.05.2019 г.) почвенный разрез (координаты 52″13′15″N 70″32′29″Е) на территории опытного поля и проведено полное морфогенетическое описание профиля данного разреза. Рельеф – плоская равнина. Он формируется под степной и разнотравно-степной растительностью и характеризуются запасами органического вещества, что выражается в наличии среднемощного гумусового слоя и низким содержанием гумуса.

**Морфологическое описание чернозема южного карбонатного.** Апах (0-21 см) - темно-серый цвет, мелкокомковатый, рыхлый, влажный, имеются корни растений, бурно вскипает от соляной кислоты, суглинистый, переход в следующий горизонт постепенный по цвету; В1к (22-47 см) - цвет серо-коричневый, структура комковатая, тонкопористая. Плотный, влажный, тяжелосуглинистый, корней растений мало, бурно вскипает от соляной кислоты, переход по цвету постепенный и языковатый; В2к (48-68 см) - цвет желто-бурый, глинистый, плотный, влажный, комковатый, тонкопористый, слабые подтеки гумуса, корней единично, вскипает нормально, переход постепенный; Ск (69-100 см) - цвет желтоватый, бесструктурный, глинистый, плотный, влажный, корни растений не встречаются, слабо вскипает от соляной кислоты.

Почва характеризуется вскипанием от соляной кислоты с поверхности, в пределах горизонта А по всему профилю, отсутствием засоления, солонцеватости и осолодения. Структура гумусового горизонта мелко-комковатая со слабо уплотнённым сложением. Структура нижележащих горизонтов крупнокомковатая и комковато-глыбистая. Профиль карбонатных почв отличается трещиноватостью и в силу этого неравномерной гумусовой окраской в горизонтах В, в котором довольно резко выделяются темно-серые гумусовые языки вдоль трещин и светло-бурые заклинки почвообразующей породы. Переходы между горизонтами постепенные, заклинками иногда не ясные. Карбонатные новообразования в виде примазок обнаруживаются в горизонте В1. Почвообразующими породами служат средние суглинки. Данная почва относятся к пахотнопригодным землям.

В таблице 1 показаны физико-химические свойства исследуемой почвы. По содержанию гумуса относятся к малогумусным, где в пахотном слое содержится 3,71 % и замечено, что вниз по профилю этот показатель снижается: в горизонте В1 – 2,33%, В2к – 1,32%, ВСк – 1,03%. Почвенная среда pH характеризуется в верхнем горизонте - нейтральная и в нижележащих горизонтах – слабощелочная и щелочная.

Анализ суммы поглощенных оснований в пределах всего почвенного профиля находится от 23,86 до 24,29 мг-экв на 100г почвы. Катионы кальция в составе ППК почвы верхнего горизонта составляет 76,28%, а в нижних горизонтах его содержание снижается, но очень слабо: в горизонтах В1, В2, ВСк уменьшается с 75,75% до 74,43%, но в материнской породе Ск (92-120 см) – повышается, 82,8%.

Катионы магния в составе ППК почвы характеризуется пределом от 22,63% до 16,32 %, а содержание натрия – в пределах 1,09-3,16%.Содержание СО2 в верхнем горизонте составляет 4,90% и его наличие сохраняется по всему профилю.

Данные почвы не засолены, по данным водной вытяжки содержание водорастворимых солей по всему профилю не превышает 0,059%.

Гранулометрический состав чернозема южного карбонатного (таблица 2) – тяжелосуглинистый с преобладанием песчано-иловых фракций. Сумма физической глины верхнего горизонта составляет 57,2%, что соответствует тяжелосуглинистому гранулометрическому составу, постепенно увеличиваясь на 1,2% в переходном на 2,4% в горизонте гумусовых затеков и далее слабо снижаясь и увеличиваясь в ВСк и Ск. Сумма физической глины верхнего горизонта чернозема южного составляет 57,2%, постепенно увеличиваясь на 1,2% в переходном и на 2,4% в горизонте гумусовых затеков и затем слабо снижаясь и увеличиваясь в ВСк и Ск горизонтах почвы.

Таблица 1 – Физико-химические свойства чернозема южного карбонатного малогумусного

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс и мощность генетического горизонта, см | Гумус, % | Валовый,% | | углекислота в СО2, % | рН | Поглощенные основания | | | | | | |
| мг/ экв на 100 г | | | | % поглощенных оснований | | |
| азот валовой | фосфор валовой | водный | Ca2+ | Mg2+ | Na+ | Сумма поглощенных оснований | Ca2+ | Mg.. | Na. |
| Апах 0-21 | 3,71 | 0,177 | 0,165 | 4,90 | 7,65 | 18,2 | 5,4 | 0,26 | 23,86 | 76,28 | 22,63 | 1,09 |
| В1к 21-47 | 2,33 | 0,123 | 0,111 | 2,43 | 7,69 | 17,9 | 5,4 | 0,33 | 23,63 | 75,75 | 22,85 | 1,4 |
| В2к 47-68 | 1,32 | 0,073 | 0,061 | 2,80 | 7,94 | 18,2 | 5,4 | 0,77 | 24,37 | 74,68 | 22,16 | 3,16 |
| ВСк 68-92 | 1,05 | 0,055 | 0,060 | 3,96 | 7,71 | 17,1 | 5,3 | 0,48 | 22,88 | 74,73 | 23,16 | 2,11 |
| Ск92-120 | - | - | - | 3,68 | 7,21 | 19,8 | 3,9 | 0,20 | 23,90 | 82,8 | 16,32 | 0,88 |

Таблица 2 – Гранулометрический состав чернозема южного карбонатного малогумусного

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс и мощность генетического горизонта, см | | Содержание фракций | | | | | | | | Сумма частиц < 0,01 | Гранулометрический состав горизонта |
| > 3 | 3-1 | песок | | пыль | | | ил |
| 1-0,25 | 0,25-0,005 | 0,05-0,01 | 0,01-0,005 | 0,005-0,001 | < 0,001 |
| Апах | 0-21 | - | 0,69 | 8,82 | 25,58 | 8,4 | 10,0 | 10,0 | 37,2 | 57,2 | тс |
| В1к | 21-47 | - | 0,69 | 9,70 | 29,90 | 2,0 | 6,4 | 14,8 | 37,2 | 58,4 | тс |
| В2к | 47-68 | - | 0,76 | 8,63 | 29,37 | 2,4 | 6,4 | 14,0 | 39,2 | 59,6 | тс |
| ВСк | 68-92 | 0,05 | 0,79 | 9,56 | 32,44 | 3,2 | 8,8 | 8,8 | 37,2 | 54,8 | тс |
| Ск | 92-120 | - | 0,69 | 8,82 | 25,58 | 8,4 | 10,0 | 10,0 | 37,2 | 57,2 | тс |

Таким образом, название почвы для наших научных исследований следующее: чернозем южный карбонатный среднемощный малогумусированный тяжелосуглинистый.

**2.3 Методика исследований**

Исследования проводились на черноземе южном карбонатном степной зоны Северного Казахстана, опыты закладывались по 14 вариантной схеме, где были естественный фон (контрольный вариант без внесения удобрений), два азотных варианта, шесть уровней фосфора и 5 парных азотно-фосфорных сочетаний, в трехкратной повторности. Схема опыта следующая:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | О – контроль (без удобрений) | 8 | P180 |
| 2 | N30 | 9 | P210 |
| 3 | N60 | 10 | P90N30 |
| 4 | Р60 | 11 | P60N60 |
| 5 | Р90 | 12 | P120N60 |
| 6 | Р120 | 13 | P120N90 |
| 7 | P150 | 14 | P150N90 |

Схемой предусматривалось создание различных уровней содержания в почве фосфора и азота (от низкого до избыточно высокого) с целью определения количественной взаимосвязи между уровнем содержания элементов питания в почве и продуктивностью горчицы, с одной стороны, и эффективностью удобрений с другой. Варианты с калийными удобрениями не закладывались так, как содержание калия в почве было высоким.

В качестве азотных удобрений применялась аммиачная селитра (N – 34,6% д.в.), из фосфорных удобрений – аммофос (P2O5 – 46% д.в., N – 11-12% д.в.). Аммиачную селитру вносили весной до посева, а фосфорные удобрения вносились в виде аммонизированного фосфата (аммофос) осенью под основную обработку. Аммофос действует намного быстрее по сравнению с другими фосфорсодержащими удобрениями (в т.ч. суперфосфатами), так как действующее вещество, которое содержится в составе, находится в усвояемой форме, а содержание аммония незначительно повышает содержание азота почвы всего на 1,1-1,2 мг/кг на га (рисунок 1,2).

Выбор и разбивка опытного участка на варианты были проведены по методике Б.А.Доспехова [284]. Площадь одной делянки - 54 м2, всего - 84 опытных делянок.

|  |  |
| --- | --- |
|  | C:\Users\user\Desktop\IMG-20190525-WA0222.jpg |
| Рисунок 1 - Внесение минеральных удобрений | Рисунок 2 – Опытный участок после внесения удобрений и посева горчицы |

В опытах использовались сорта горчицы Рушена, Профи [285,286]: (таблица 3). Характеристика этих сортов горчицы и их биологические особенности соответствуют и рекомендуется для выращивания в исследуемой почвенно-климатической зоне.

Таблица 3 - Сравнительная характеристика сортов горчицы, используемые в исследованиях (2019-2021 гг)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Характеристика  сортов | Сорта | |
| Рушена  (Горчица сарептская (Brassica juncea (L.) Czern.) | Профи  (Горчица белая (Sinapis alba L.) |
|  | Год выведения | 1992 | 2011 |
|  | Вегетационный период, дней | 82-98 | 110 |
|  | Урожай семян, ц/га | 16,0 | 20,9 |
|  | Содержание жира, % | 37,7 | 37,4 |
|  | Восприимчивость к болезням | слабой восприимчива к ложной мучнистой росе. | очень слабо поражается  мучнистой росой, килой крестоцветных, слабо - альтернариозом |
|  | Восприимчивость к вредителям | Очень восприимчива к капустной блошке | устойчив к свекловичной нематоде |
|  | Содержание эруковой кислоты, % | нет | имеется |
|  | Содержание олеиновой, % | 36,0 | 26,0 |
|  | Содержание линоленовой, % | 19,4 | 32,0 |
|  | Районирование в Республике Казахстан | да | нет |

**Агротехника, учет и наблюдения в опытах.** Осенью после разбивки полевого участка, были внесены фосфорные удобрения. Весной проведено закрытие влаги БИГ-3 на глубину 3-4 см. До посева горчицы были внесены азотные удобрения. Посевные качества семян горчицы определялись в лабораторных исследованиях на основе «СТ РК 1363-2005 «Семена масличных культур. Семена горчицы. Сортовые и посевные качества. Технические условия».

Посев горчицы проводился посевным комплексом Bourgault 3710в оптимальные сроки во второй декаде мая, норма высева - 10 кг/га. Глубина заделки семян 3-4 см.

**Влажность почвы** определялись в трехкратной повторности термостатно-весовым методом по Н.М.Бакаеву, И.А.Васько [287]. С каждого варианта опыта почвенные образцы отбирались перед посевом горчицы, затем по ее фазам развития и перед уборкой на глубину 0-20, 20-40 см, а на контрольном варианте до 1 м через каждые 20 см.

**Для оценки условий увлажнения вегетационного периода** использовали гидрометрический коэффициент (ГТК) [287], который рассчитывается по формуле:

, где (1)

Σ - количество осадков за вегетационный период, мм;

Σt> 10оС - сумма температур воздуха свыше 10оС за вегетационный период, град.

При значениях ГТК 2,0 и более – условия избыточно влажные; 1,5-2,0 – влажные; 1,0-1,5 - незначительно засушливые; 1,0-0,7 – засушливые; 0,5-0,7 - очень засушливые; менее 0,5 – сухие.

**Анализы почв** проводились общепринятыми в агрохимии методами для карбонатных почв. Для определения элементов питания весной до посева и во время вегетации со всех вариантов опыта отбирались почвенные образцы на глубину 0-20, 20-40 см, а на контрольном варианте до 1 м через каждые 20 см.

В отобранных образцах определялись:

**Нитратный азот** на нитрат-анализаторе 150.1 МИ (ГОСТ 26951-86);

**Подвижный фосфор и обменный калий** из одной вытяжки по Мачигину (ГОСТ 26205-91);

**Гумус** по Тюрину (ГОСТ 26213-91);

**рН водной вытяжки** ионометрически, на иономере – И - 161 МИ (ГОСТ 26483-85);

**Поглощенные Са2+ , Mg2+** трилонометрическим методом (ГОСТ 26428- 85);

**Масличность** - ГОСТ 10857-64 «Семена масличные. Методы определения масличности» (аппарат Сокслета).

Все анализы выполнялись в 2-х кратной повторности.

Во время вегетации: всходы, фаза бутонизации, фаза цветения, созревание отбирались растительные образцы со всех вариантов всех опытов по 50 растений горчицы с делянки проходом по диагонали для определения накопления сухого вещества и химического состава растений.

**Анализ химического состава растений** горчицы (азота, фосфора и калия) определялся из одной навески по Пиневичу в модификации Куркаева [288].

**Перед уборкой урожая** отбирались снопы для структурного анализа урожая: число растений на 1 м2, число стручков с 1 растения, число семян с 1 растения, масса 1000 семян [289].

**Учет урожая** проводился снопами в 6 кратной повторности, с последующим обмолотом в колосовой молотилке LD 180.

**Математическая обработка** проведена по Доспехову Б.А. [284].

**Экономическая эффективность** определялась по П.Ф. Меньшикову [290].

Результаты полевых и лабораторных исследований подвергались математической обработке и корреляционному анализу. Взаимосвязь между содержанием элементов питания почвы и продуктивностью горчицы установлена на основе корреляционно-регрессионного анализа.

**3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**3.1 Метеорологические условия в годы исследований**

Для изучения минерального питания растений и действий применяемых минеральных удобрений в посевах горчицы в зависимости от сложившихся климатических условий были заложены полевые опыты [21,291-293]. Как отмечалось [294,295], горчица является культурой холодного сезона, хорошо подходящей для условий короткого вегетационного периода и может произрастать в полузасушливых условиях Северного Казахстана.

В годы проведения исследований (2019-2021 годы) погодные условия были достаточно характерными для климата степной зоны Северного Казахстана, они отличались по количеству и характеру распределения осадков и температурному режиму. Исследуемый участок расположен в умеренно-засушливой зоне, с резкой сменой температуры воздуха и с малым количеством атмосферных осадков за сельскохозяйственный год (средние многолетние – 365 мм).

По количеству выпавших осадков все годы исследований были засушливыми и крайне неравномерно распределены по месяцам и периодам (рисунок 3, приложение А.1-А.3). Недобор осадков в 2019 году наблюдался в период вегетации горчицы, что отражалось на росте и развитии растений, но запасы продуктивной влаги за счет осенних и зимних осадков по-разному влияли на действие минеральных удобрений и, в конечном счете, на урожай сортов растений горчицы. В 2019 году за вегетационный период в сумме по средним многолетним данным из 177 мм осадков недобор оставил более 70 мм.

Недостаток осадков сопровождался высокой температурой воздуха и в среднем она была выше на 0,5-1,0°С (рисунок 4, приложение А.4-А.6).

Метеорологические условия существенно отразились как на почвенных процессах, так и особенностях роста и развития растений горчицы в формировании ее урожая.

В наших исследованиях ГТК составляет в 2019 году 0,5, в 2020 – 0,6, в 2021 – 0,4, что указывает на степень засушливости вегетационного периода развития горчицы. Этот показатель в дальнейшем скажется на урожайности сортов горчицы при внесении минеральных удобрений.

Рисунок 3 - Количество и распределение осадков за вегетационный период, мм (по данным метеопоста «Алтынды» Буландинского района Акмолинской области)

Рисунок 4 - Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период, оС (по данным метеопоста «Алтынды» Буландинского района Акмолинской области)

Анализ выпавших осадков в 2019 году (331,9 мм) показал, что их значение на 9,1% меньше многолетних данных. За осенне-зимний период выпало на 40,3 мм больше и в весенне-летний период на 74,2 мм меньше, чем за многолетние значения, что скажется в дальнейшем на урожайности горчицы. Отклонения температурных условий от нормы в 2019 году были незначительны и оказывали влияния на развитие растений горчицы. Температура воздуха в весенний период была ниже обычного в среднем на +1,8°С и сохранилась до конца мая. Количество осадков за два весенних месяца составило 44,0 и 7,0 мм, что значительно выше нормы за апрель на 76% и ниже нормы за май на 20%. Летний период характеризовался умеренно-теплой погодой – от +15,7°С до +19,9°С. В сравнении с многолетними нормами, летние осадки были ниже от фактических показателей почти в два раза. За счет выпавших осенних осадков сформировались высокие запасы продуктивной влаги.

В 2020 году май был сухим. Выпало осадков на 34,4 мм ниже нормы, а в июне месяце выпало больше осадков на 18 мм, но к фазе бутонизации недобор составил 8-10 мм. Температура за вегетационный период +17,9°С- +19,4°С.

Осенне-зимний период 2021 года характеризовался низким выпадением осадков, но теплым. Осенне-весенние осадки 2020-2021 гг обеспечили удовлетворительную влагозарядку, что сказалось на дружной всхожести семян сортов горчицы. Однако, недобор осадков и высокая температура воздуха (+1,6°С за V-VIII) отрицательно сказалось на дальнейшем развитии надземной массы и формирование урожая сортов горчицы.

Как показал, анализ гидротермических данных осадков и температуры воздуха в годы исследований существенно влияли на произрастание растений горчицы, что сказалось на формирование урожая сортов культуры.

**3.2 Влагообеспеченность горчицы**

Среди факторов жизни растений воде принадлежит первое место по размерам ее потребления. Почвенная влага является жизненной основой растений, почвенной фауны и микрофлоры, получающих воду, главным образом, из почвы. В условиях Северного Казахстана с небольшим количеством годовых осадков (около 300 мм) накопление, сохранение и рациональное использование влаги являются неотъемлемой частью зональной агротехники.

Для успешного ведения сельскохозяйственного производства необходимо полностью использовать выпадающие осадки, а вследствие глубокого залегания грунтовых вод в этой зоне формирование запасов влаги в почве происходит исключительно за счет осенне-весенних атмосферных осадков. Весенние дожди целиком испаряются с поверхности полей, значительная часть летних дождей также непроизводительно теряется на испарение, вследствие чего создается дефицит влаги в почве, что в свою очередь, является причиной нестабильных урожаев. В Северном Казахстане продуктивная влага является основным источником водоснабжения растений в период вегетации [296].

Как известно, от содержания воды в почве зависят интенсивность протекающих в ней биологических, химических и физико-химических процессов, передвижение веществ и формирование почвенного профиля, водно-воздушный, питательный и тепловой режимы, ее физико-механические свойства, и она оказывает прямое и косвенное влияние на развитие и урожайность растений [297].

Динамика запасов продуктивной влаги в течение вегетации горчицы было одинаковым для обоих сортов и всех вариантов опыта, не зависело от изучаемых приемов. Влагообеспеченность горчицы в опытах зависела не только от условий вегетационного периода, но и весенних запасов продуктивной влаги, накопившейся за счет осенне-зимних осадков (рисунок 5, приложение Б,Б.1).

Запасы продуктивной влаги в метровом слое в период 2019-2021 годах перед посевом горчицы обоих сортов была примерно одинаковой и составила по сорту Профи соответственно 169,6мм, 185,2мм и 129,8мм, по сорту Рушена - 169,0мм, 179,5мм и 131,5мм.

Рисунок 5 - Содержание и динамика продуктивной влаги под посевами горчицы, мм

Влагообеспеченность растений горчицы в 2019 году перед посевом (слой 0-20 см) по шкале С.А.Вериго и П.А.Разумовой [298] удовлетворительной, а в фазы бутонизации и цветения в слое 0-100 см хорошей (по Рушене - 101,0мм и 155,3мм, по Профи - 93,9мм и 135,9мм), что и определило уровень урожайности (по контролю сорта Рушена - 14,1, сорта Профи - 19,1ц/га). Влагообеспеченность растений горчицы объясняется количеством выпавших осадков за этот период (июнь, июль, август - 16,8мм, 45,0мм, и 34,0мм).

В 2020 году в период бутонизации-цветение в метровом слое почвы запас продуктивной влаги был примерно на 11,5мм выше, чем в 2019 году. В дальнейшем выпавшие осадки в августе месяце создали хороший фон влажности, что благоприятно повлияло на фазу цветения и полной спелости горчицы, но затянуло их продолжительность. Высокие температуры воздуха без осадков способствовали быстрому созреванию зерен горчицы, что благоприятно сказалось на формировании качественного урожая.

В 2021 году влагообеспеченность сортов горчицы в фазу бутонизации-цветении в слое 0-100см была оптимальной, что сказалось на урожайности в дальнейшем. Наибольшая положительная реакция на улучшение условий влагообеспеченности у горчицы отмечается в фазы от бутонизации до цветения. Из-за засушливого периода запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см снизилось в полтора раза (от 9,6 до 17,9 сорта Рушена и от 11,5 до 18,0 мм сорта Профи), что в дальнейшем окажет влияние на уровень урожайности культуры.

Таким образом, анализ влагообеспеченности горчицы указывает на то, что запасы продуктивной влаги в почве в дальнейшем охарактеризует степень воздействия на ее продуктивность.

**3.3 Условия азотного питания**

Водно-физические условия сказались не только на водном балансе почв, но и значительно ослабили основные факторы, способствующие формированию подвижных форм элементов питания растений, вследствие чего показатели динамики пищевого режима были значительно ниже, чем в предыдущие года, но выше исходного состояния.

Азотное питание сельскохозяйственных культур в основном обеспечивается за счет нитратного и аммонийного азота почвы. Их обеспеченность в почве является решающим в определении доз минеральных удобрений под различные культуры в зависимости их биологии, гидротермического режима, агротехнических приемов земледелия. В отличие от стабильных форм фосфора и калия, азотные соединения подвижные и нестабильные в почве и требуют более пристального внимания при разработке систем удобрения под те или иные культуры.

Прежде всего, надо рассматривать азотное питание сельскохозяйственных культур в свете зональности. В условиях Северного Казахстана проблема азотного питания культур были изучены Черненок В.Г. [306], выявлены и приведены научно обоснованные аспекты диагностики и оптимизации использования минеральных удобрений в условиях изменения азотного режима почвы и увеличения урожайности культур

Руководствуясь предыдущим опытом исследователей условий азотного питания, в наших исследованиях проведем анализ полученных данных по содержанию азота нитратов в почве, для установления динамики его содержания в годы исследований (2019-2021 гг.) (таблица 5, приложение В.1). Максимальное количество нитратного азота отмечается перед посевом горчицы, чему способствует период отсутствия потребления азота почвы непосредственно растениями. Так, в слое 0-40 см содержание нитратов в почве до посева отличалось стабильностью, и изменилось в посевах сорта Рушена от 10,7 до 14,5 мг/га почвы и по сорту Профи – от 10,3до 15.

Надо отметить, что в засушливый 2021 год, в условиях повышенной температуры воздуха и замедленного развития горчицы, после выпавших осадков отмечалось небольшое накопление азота нитратов в июне месяце (фаза бутонизации), а в 2019 г. и 2020 г. к фазе цветения (июль), за счет процессов нитрификации.

По профилю почвы во все годы содержание нитратов постепенно снижалось. В более благоприятные по увлажнению годы в весенне-летний период нитратный азот интенсивно использовался на урожай, причем не только из верхних, но и из более глубоких слоев почвы, о чем говорит снижение содержания азота нитратов к концу вегетации в слое почвы 60-100 см по сравнению с исходным весенним содержанием. В слое 80-100 содержание азота нитратов по сорту горчицы Рушена не превышало 5,6 мг (2020 г.), а по сорту Профи – 5,2 мг. В остальные годы по обоим сорта достигало от 0,3 до 1,3 мг.

Наибольшее количество азота нитратов во все годы исследований находилось в пахотном слое почвы в пределах 14,5-15,0 мг/кг. От посева к уборке, как правило, отмечалось снижение нитратов в почве, что объясняется выносом их урожаем.

Следует отметить, что в годы исследований(2019-2021гг), при наличии продуктивной влаги в условиях высоких температур и замедленном развитии растений, в почве отмечалось усиление текущей нитрификации и накопление нитратов в значительном количестве.

К фазе бутонизации содержание нитратного азота в почве резко  
снижалось (на 10%) по сравнению с предыдущим сроком отбора  
почвенных образцов.

Таким образом, исследования показали, что хотя в питании горчицы участвовал азот всего метрового профиля, но основную роль играл азот пахотного и подпахотного слоев почвы. Горчица сорта Рушена использовала азот верхнего полуметра, а сорта Профи – азот нижних слоев почвы, что объясняется их биологией, особенностями развития корневой системы. Последнее весьма важно для решения вопроса диагностики азотного питания горчицы. Во все годы исследований содержание нитратов на контроле было на уровне средней обеспеченности (10,3-15,0 мг/кг).

Как показано выше, определяющим фактором формирования урожая горчицы является влагообеспеченность почвы, что связано, в первую очередь с увеличением доступных форм элементов питания, в том числе и нитратного азота.

Таблица 5 – Содержание и динамика N–NO3 в посевах горчицы, мг/кг почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы,  см | 2019 г. | | | | 2020 г. | | | | 2021 г. | | | |
| Допосева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | Допосева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | Допосева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки |
| Сорт Рушена | | | | | | | | | | | | |
| 0–20 | 13,0 | 11,7 | 10,7 | 9,6 | 14,5 | 13,5 | 11,5 | 10,7 | 14,1 | 12,7 | 12,7 | 11,2 |
| 20-40 | 8,6 | 6,1 | 4,2 | 8,2 | 9,1 | 8,6 | 7,6 | 8,3 | 8,60 | 12,0 | 9,2 | 7,5 |
| 0-40 | 10,8 | 8,9 | 7,5 | 8,9 | 11,8 | 10,2 | 9,6 | 9,5 | 11,3 | 12,3 | 10,9 | 9,4 |
| 40-60 | 7,0 | 5,3 | 4,6 | 5,6 | 8,9 | 8,9 | 6,6 | 5,3 | 5,7 | 5,3 | 5,6 | 6,2 |
| 60-80 | 5,0 | 2,3 | 4,0 | 5,0 | 5,6 | 7,5 | 4,3 | 4,0 | 2,2 | 2,3 | 3,0 | 5,7 |
| 80-100 | 2,8 | 3,9 | 3,8 | 4,0 | 4,3 | 5,6 | 3,3 | 3,0 | 1,3 | 2,2 | 1,8 | 2,2 |
| Сорт Профи | | | | | | | | | | | | |
| 0–20 | 10,8 | 10,3 | 10,5 | 9,6 | 14,8 | 12,3 | 10,7 | 8,9 | 15,0 | 12,8 | 10,7 | 8,5 |
| 20-40 | 8,3 | 9,7 | 7,4 | 6,7 | 11,3 | 9,0 | 8,3 | 7,2 | 8,3 | 5,9 | 7,4 | 7 |
| 0-40 | 9,6 | 10,0 | 8,9 | 8,2 | 13,0 | 11,4 | 9,5 | 8,1 | 11,7 | 9,4 | 9,1 | 7,75 |
| 40-60 | 5,6 | 7,2 | 7,1 | 6,0 | 8,3 | 6,5 | 7,5 | 6,5 | 5,6 | 3,2 | 4,1 | 4,0 |
| 60-80 | 4,7 | 5,2 | 6,5 | 5,0 | 5,6 | 4,5 | 6,3 | 5,5 | - | 1,7 | 1,5 | 3,5 |
| 80-100 | 3,2 | 4,3 | 4,8 | 4,1 | 4,4 | 3,2 | 5,2 | 3,2 | - | 0,3 | 0,6 | 1,2 |

Результаты применения азотных удобрений в посевах сортов горчицы Рушена и Профи направлено на повышение содержания азота нитратов в почве, что ведет к улучшению азотного питания растений, накоплению вегетативной массы культуры, появлению большего количества стручков и семян в них.

В таблице 6, приложении В.2 видна степень влияния минеральных удобрений на содержание азота нитратов в почве. С каждым 30 кг внесенного фосфора вносилась 7 кг/га азота. Анализ трехлетних исследований показывает, что это не вызвало его значительное повышение. В среднем за три года в слое почвы 0-40 см содержание N-NO3 на азотных вариантах N30 и N60повышалось по сорту горчицы Рушена на 2,0-3,0 мг/кг почвы, что соответствует варианту с внесением чистого аммофоса варианта P90и P180 и совместного внесения аммиачной селитры и аммофоса P60N60, а по сорту Профи 1,7-3,4 мг/кг почвы, что в два раза больше и соответствует вариантам опыта P90N30 и P120N90.

Таблица 6 - Содержание азота нитратов в почве при внесении удобрений перед посевом горчицы, мг/кг в слое 0-40 см

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено,  кг д.в./га | Годы исследований | | | | |
| 2019 | 2020 | 2021 | Среднее | ±  к контролю |
| Сорт Рушена | | | | | |
| O | 9,9 | 13,7 | 11,9 | 11,8 | - |
| N30 | 12,1 | 15,6 | 13,7 | 13,8 | 2,0 |
| N60 | 13,5 | 16,8 | 14,2 | 14,8 | 3,0 |
| P60 | 11,3 | 15,4 | 12,1 | 12,9 | 1,1 |
| P90 | 14,9 | 15,8 | 14,9 | 15,2 | 3,4 |
| P120 | 13,5 | 15,2 | 12,1 | 13,6 | 1,8 |
| P150 | 12,9 | 12,8 | 13,2 | 13,0 | 1,1 |
| P180 | 14,0 | 17,3 | 13,2 | 14,8 | 3,0 |
| P210 | 14,8 | 18,8 | 15,8 | 16,5 | 4,6 |
| P90N30 | 16,1 | 15,1 | 16,3 | 15,8 | 4,0 |
| P60N60 | 13,7 | 15,8 | 15,1 | 14,9 | 3,0 |
| P120N60 | 16,3 | 17,8 | 16,4 | 16,8 | 5,0 |
| P120N90 | 18,4 | 18,4 | 16,4 | 17,7 | 5,9 |
| P150N90 | 18,4 | 18,3 | 18,4 | 18,4 | 6,5 |
| Сорт Профи | | | | | |
| O | 10,9 | 12,3 | 11,8 | 11,7 | - |
| N30 | 12,2 | 14,4 | 13,5 | 13,4 | 1,7 |
| N60 | 13,5 | 16,4 | 15,4 | 15,1 | 3,4 |
| P60 | 11,6 | 14,3 | 11,8 | 12,6 | 0,9 |
| P90 | 10,7 | 13,8 | 13,6 | 12,7 | 1,0 |
| P120 | 13,0 | 13,6 | 12,7 | 13,1 | 1,4 |
| P150 | 14,7 | 14,2 | 13,9 | 14,3 | 2,6 |
| P180 | 14,0 | 15,5 | 14,4 | 14,6 | 3,0 |
| P210 | 16,3 | 16,8 | 16,3 | 16,5 | 4,8 |
| P90N 30 | 13,4 | 17,8 | 16,4 | 15,9 | 4,2 |
| P60N60 | 13,7 | 18,3 | 18,8 | 16,9 | 5,3 |
| P120N60 | 12,6 | 17,7 | 17,5 | 15,9 | 4,3 |
| P120N90 | 17,8 | 18,1 | 18,4 | 18,1 | 6,4 |
| P150N90 | 19,5 | 18,9 | 19,8 | 19,4 | 7,7 |

Таким образом, в результате оценки условий азотного питания сортов горчицы наблюдается, что содержание азота нитратов в почве повышается за счет внесения азотного удобрения. Как показали исследования (таблица 6), азотное питание почвы связано с её гидротермическим режимом и запасами продуктивной влаги в ней и в дальнейшем наших исследований появилась возможность анализировать урожайность.

**3.4 Условия фосфорного питания**

Содержание фосфора в почве характеризуется наличием его подвижных форм, необходимых для сельскохозяйственных культур и получения высококачественных урожаев. Они находятся в тесной связи между собой. Для формирования запасов подвижных форм фосфора эффективно использование минеральных фосфорных удобрений и тенденция их использования в сельском хозяйстве под различные культуры и типов почв возрастает. Кроме того повысить содержание этого элемента возможно с помощью органических удобрений, использование которых даст возможность улучшить баланс фосфора и условий фосфорного питания растений [299].

Из вышеизложенного следует то, что обеспеченность почвы подвижным фосфором зависит от степени применения минеральных удобрений и других факторов роста растений. Поэтому возникла необходимость дать оценку условиям фосфорного питания растений сортов горчицы.

Начальное содержание подвижного фосфора почвы на опытном участке (2019-2021 гг) (таблица 7, приложение Г.1) в посевах обеих сортов горчицы соответствует уровню низкой обеспеченности. Это ясно замечено на естественном фоне в период вегетации до посева, по сорту Рушена по всем годам от 17,1 до 20,5 мг/кг почвы и по сорту Профи – 19,2-21,5 мг/кг почвы.

Из полученных результатов видно, что практически по всем фазам сохранялось в слое 0-20 см на уровне 13,8-22,8 мг/кг по посевам сорта Рушена и 14,7-22,7 мг/кг почвы – по сорту Профи, то есть на том же уровне обеспеченности – низкой. Та же тенденция сохраняется в слое почвы 20-40 см.

Таблица 7 – Содержание и динамика Р2О5 в годы исследований в посевах горчицы, мг/кг почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы,  см | 2019 г. | | | | 2020 г. | | | | 2021 г. | | | |
| До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки |
| Сорт Рушена | | | | | | | | | | | | |
| 0–20 | 20,5 | 22,0 | 22,8 | 16,5 | 19,3 | 20,6 | 20,9 | 14,8 | 17,1 | 15,0 | 13,8 | 9,6 |
| 20-40 | 7,7 | 7,3 | 11,0 | 10,8 | 8,5 | 8,3 | 7,8 | 5,6 | 7,9 | 7,3 | 11,0 | 5,3 |
| 40-60 | 3,3 | 2,1 | 5,1 | 3,7 | 4,0 | 3,3 | 2,1 | 3,3 | 3,3 | 4,6 | 5,1 | 4,2 |
| 60-80 | 2,1 | 1,5 | 2,2 | 1,6 | 2,0 | 1,2 | 0,8 | 0,8 | 2,3 | 1,6 | 1,2 | 2,0 |
| 80-100 | 1,1 | 0,9 | 1,6 | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 1,2 | 0,5 | 1,8 | 1,0 | 0,8 | 1,0 |
| Сорт Профи | | | | | | | | | | | | |
| 0–20 | 21,5 | 22,2 | 22,7 | 16,3 | 20,6 | 18,6 | 16,3 | 14,6 | 19,2 | 16,2 | 14,7 | 10,6 |
| 20-40 | 6,8 | 8,9 | 9 | 9,8 | 7,6 | 5,8 | 3,3 | 6,6 | 7,0 | 8,9 | 9,0 | 7,2 |
| 40-60 | 5,2 | 5,9 | 5,1 | 5,4 | 5,4 | 3,8 | 2,3 | 4,3 | 5,3 | 6,7 | 5,1 | 5,4 |
| 60-80 | 4,3 | 4,0 | 4,0 | 2,7 | 3,6 | 2,8 | 1,5 | 2,6 | 1,8 | 1,6 | 1,3 | 2,4 |
| 80-100 | 2,9 | 3,2 | 2,1 | 0,5 | 2,0 | 1,8 | 0,9 | 1,3 | 1,6 | 0,9 | 0,1 | 1,0 |

В целом, надо сказать, установлено, что динамика подвижного фосфора по профилю почвы слабо выражена, что видно в других исследованиях [300]. В нижних слоях его мало, чем объясняется факт того, что растениями усваивается из верхних слоев почвы. Поэтому в дальнейшем для установления влияния минеральных удобрений на содержание подвижного фосфора в почве мы определяли его значение в слое 0-20 см.

В таблице 8, приложении Г.2 указано влияние внесения минеральных удобрений в годы исследований (2019-2021 гг.) по вариантам опыта в посевах сортов горчицы. Содержание подвижного фосфора в почве в посевах обеих сортов было отмечено уровнем низкой обеспеченности. Внесение азотных удобрений не действовало на повышение содержания фосфора в почве по всем годам и по обоим сортам горчицы. По Рушене она составляет N30 – 19,9-24,0 мг/кг почвы, N60– 22,4-27,9 мг/кг почвы. Та же тенденция сохранилась и по сорту Профи N30 – 19,7-20,9 мг/кг почвы, N60– 22,4-23,0 мг/кг почвы. Оно оставалось на низком уровне обеспеченности, что можно объяснить гидротермическими условиями, когда годы исследований определились, как засушливыми.

При внесении 60 кг д.в. в 2019 году по обеим сортам содержание подвижного фосфора P2O5 повысилось до 26,7 мг/кг, 120 кг – 29,1-29,3 мг/кг, 120 кг – 36,0-36,6 мг/кг, 150 кг – 39,7 мг/кг, 180 кг – 40,1-42,6 мг/кг и 210 кг – 44,1-44,6 мг/кг при содержании на контроле сорта Рушена – 20,0 мг/кг, Профи – 20,6 кг/кг почвы.

В 2020 году подвижного фосфора было на контроле по сорту Рушена 19,8, по Профи21,0 мг/кг и по дозам фосфорных удобрений соответственно составило – 26,8-29,2; 30,2-31,7; 36,1-39,4; 39,9-42,7; 44,1-46,2 мг/кг почвы.

В 2021 году контроль по Рушене – 18,3 и по Профи – 19,0 мг/кг почвы и по вариантам - 21,8-22,0; 25,6; 27,4-28,4; 31,9-32,0; 26,4-37,6 мг/кг почвы.

Таблица 8 – Содержание подвижного фосфора в почве при внесении минеральных удобрений в слое 0-20 см перед посевом горчицы, мг/кг

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено | Годы исследований | | | | |
| 2019 | 2020 | 2021 | Среднее | ± к контролю |
| Сорт Рушена | | | | | |
| O | 20,0 | 19,8 | 18,3 | 19,4 | - |
| P 60 | 26,7 | 29,2 | 22,0 | 26,0 | 6,6 |
| P 90 | 29,3 | 30,2 | 25,6 | 28,4 | 9,0 |
| P120 | 36,0 | 36,1 | 28,4 | 33,5 | 14,1 |
| P150 | 39,7 | 39,2 | 31,9 | 36,9 | 17,5 |
| P180 | 40,1 | 39,9 | 35,4 | 35,8 | 16,4 |
| P210 | 44,1 | 44,1 | 37,6 | 40,9 | 21,5 |
| P90 N 30 | 31,5 | 45,9 | 27,8 | 34,1 | 14,7 |
| P60 N60 | 30,8 | 31,1 | 27,5 | 29,8 | 10,4 |
| P120N60 | 32,4 | 40,3 | 31,1 | 34,6 | 15,2 |
| P120N90 | 35,6 | 47,9 | 32,0 | 38,5 | 19,1 |
| P150 N 90 | 39,9 | 43,9 | 33,8 | 39,2 | 19,8 |
| Сорт Профи | | | | | |
| O | 20,6 | 21,0 | 19,0 | 20,2 | - |
| P 60 | 26,7 | 26,8 | 21,8 | 25,1 | 4,9 |
| P 90 | 29,1 | 31,7 | 25,6 | 28,8 | 8,6 |
| P120 | 36,6 | 36,9 | 27,4 | 33,6 | 13,4 |
| P150 | 39,7 | 39,4 | 32,0 | 37,0 | 16,8 |
| P180 | 42,6 | 42,7 | 26,4 | 37,2 | 17,0 |
| P210 | 44,6 | 46,2 | 32,7 | 41,2 | 21,0 |
| P90 N 30 | 31,5 | 30,5 | 25,1 | 29,0 | 8,8 |
| P60 N60 | 30,3 | 30,2 | 28,6 | 29,7 | 9,5 |
| P120N60 | 31,5 | 32,5 | 31,6 | 31,9 | 11,7 |
| P120N90 | 35,6 | 44,6 | 33,0 | 37,7 | 17,5 |
| P150 N 90 | 37,6 | 44,3 | 33,5 | 38,5 | 18,3 |

Внесение азотно-фосфорных удобрений под посевы горчицы изменило содержание подвижного фосфора следующим образом.

При совместном внесении с учетом действия азота и фосфора в почве, что отразилось на содержании фосфора. С увеличением доз фосфорных удобрений совместно с азотными, наблюдается повышение.

В 2019 году содержание P2O5 по совместному внесению достигало уровня средней обеспеченности практически по обоим сортам горчицы по сравнению с контролем – по сорту Рушена – 31,5-39,9 мг/кг, Профи – 30,3-37,6 мг/кг почвы.

В 2020 году уровень обеспеченности был от среднего до высокого, также по обоим сортам, внесение доз P90N30, P60N60, изменяется от 31,1-40,3 мг/кг (сорт Рушена), -30,2-32,5 мг/кг (сорт Профи) почвы.

В 2021 году наблюдаются следующие изменения содержания подвижного фосфора в вариантах – оно остается на низком уровне обеспеченности по вариантам - P90N30, P60N60 – 27,5-27,8 мг/кг по Рушене, 25,1-28,6 мг/кг по Профи и на среднем уровне по вариантам P120N60, P120N90, P150N90 – 31,1-33,8 мг/кг по Рушене и по Профи - 31,6-33,5 мг/кг почвы.

Таким образом, результаты показывают дефицит подвижного фосфора в почве, что связано с увлажнением года выращивания растений сортов горчицы, и внесение минеральных удобрений меняет его содержание в почве. Чтобы знать сколько надо вносить удобрений, при создании оптимальных условий питания горчицы необходимо это всё решить в дальнейшем.

**3.5 Условия калийного питания**

Калийное питание почвы зависит содержания в ней обменного калия. Условия калийного питания оказывает существенное влияние при невысоких дозах калийных удобрений в течение 1-2 лет и высоких дозах - 4-5 лет [301].

Динамику обменного калия в почве рассматриваем в таблице 9, приложении Д.1 она слабо выражена во время роста и развития растений. Анализ таблицы показывает, что содержание калия в течение вегетации растений сортов горчицы оставалось высоким.

Таблица 9 – Содержание и динамика K2О в годы исследований в посевах горчицы, мг/кг почвы, среднее за 2019-2021 гг

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы,  см | 2019 г. | | | | 2020 г. | | | | 2021 г. | | | |
| Допосева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время уборки | Допосева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время уборки | Допосева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время уборки |
| 0–20 | 580 | 556 | 542 | 507 | 571 | 533 | 528 | 502 | 562 | 566 | 595 | 571 |
| 20-40 | 433 | 419 | 462 | 481 | 443 | 416 | 415 | 425 | 453 | 476 | 451 | 443 |
| 0-40 | 507 | 488 | 502 | 494 | 507 | 475 | 472 | 464 | 508 | 521 | 523 | 507 |
| 40-60 | 332 | 384 | 366 | 344 | 333 | 308 | 337 | 325 | 335 | 384 | 341 | 333 |
| 60-80 | 215 | 297 | 243 | 396 | 312 | 239 | 231 | 211 | 208 | 297 | 240 | 245 |
| 80-100 | 206 | 252 | 230 | 202 | 205 | 238 | 209 | 200 | 203 | 252 | 231 | 205 |
| 0–20 | 553 | 583 | 588 | 576 | 585 | 598 | 529 | 513 | 575 | 586 | 524 | 512 |
| 20-40 | 428 | 410 | 474 | 481 | 558 | 491 | 411 | 401 | 419 | 410 | 427 | 452 |
| 0-40 | 491 | 497 | 531 | 529 | 572 | 545 | 470 | 457 | 497 | 498 | 476 | 482 |
| 40-60 | 322 | 306 | 370 | 313 | 532 | 356 | 385 | 356 | 325 | 341 | 378 | 356 |
| 60-80 | 248 | 215 | 242 | 214 | 516 | 210 | 201 | 256 | 217 | 238 | 274 | 258 |
| 80-100 | 223 | 219 | 218 | 202 | 522 | 216 | 207 | 210 | 291 | 272 | 255 | 230 |

При внесении минеральных удобрений во всех вариантах опыта мало воздействуют на содержание калия в почве, что нецелесообразно (таблица 10, приложение Д.2).

Таблица 10 - Содержание подвижного калия в почве при внесении минеральных удобрений перед посевом горчицы, мг/кг

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено | Годы исследований | | | |
| 2019 | 2020 | 2021 | Среднее |
| Сорт Рушена | | | | |
| O | 575 | 589 | 549 | 571 |
| N30 | 545 | 544 | 529 | 539 |
| N60 | 547 | 586 | 586 | 573 |
| P 60 | 594 | 546 | 553 | 564 |
| P 90 | 449 | 557 | 578 | 528 |
| P120 | 537 | 551 | 581 | 556 |
| P150 | 538 | 518 | 535 | 530 |
| P180 | 540 | 484 | 529 | 518 |
| P210 | 547 | 491 | 488 | 509 |
| P90N30 | 524 | 509 | 478 | 504 |
| P60N60 | 493 | 507 | 482 | 494 |
| P120N60 | 500 | 500 | 447 | 482 |
| P120N90 | 515 | 511 | 463 | 496 |
| P150N 90 | 514 | 489 | 452 | 485 |
| Сорт Профи | | | | |
| O | 580 | 579 | 541 | 567 |
| N30 | 576 | 593 | 552 | 574 |
| N60 | 564 | 579 | 571 | 571 |
| P 60 | 558 | 558 | 552 | 556 |
| P 90 | 560 | 547 | 540 | 549 |
| P120 | 542 | 531 | 529 | 534 |
| P150 | 520 | 547 | 564 | 544 |
| P180 | 467 | 562 | 588 | 539 |
| P210 | 467 | 517 | 586 | 523 |
| P90 N 30 | 477 | 577 | 523 | 526 |
| P60 N60 | 466 | 560 | 514 | 513 |
| P120N60 | 440 | 524 | 558 | 507 |
| P120N90 | 454 | 575 | 528 | 519 |
| P150 N 90 | 483 | 580 | 533 | 532 |

**3.6 Рост и развитие горчицы в зависимости от почвенных условий и удобрений**

**Влияние почвенных условий и удобрений на накопление сухого вещества растениями горчицы.** Рассмотрим, как происходит при произрастании сортов горчицы накопление сухого вещества (таблица 15, 16, приложение З.1). В наших опытах практически все годы исследований (2019-2021 гг.) характеризуются, как засушливые для роста и развития растений горчицы.

Так в 2019 году фаза всходы-начало бутонизации (вторая декада мая -конец июня месяца) проходила в условиях, когда осадки выпали за это время меньше, чем среднемноголетние данные. Масса растений составила от 42,5-199,6 г сухого вещества по сорту Рушена и 30,2-173,7 г – по Профи.

Накопление сухого вещества в фазу начало цветения-конец цветения у горчицы продолжался около 20 дней в сравнении с фазой бутонизации в 1,5-2,0 раза больше биомассы растений, которая составила 84,5-264,3 г. В эту фазу запасы продуктивной влаги составили среднее значение обеспеченности. Это объясняется биологической особенностью стержневой корневой системы, которая глубоко проникала в почву.

К фазе полная спелость биомасса растений выросла по отношению к контролю практически в 2,5 раза и наступила быстро (во второй декаде августа), так как выпало небольшое количество осадков.

В условиях 2020 года, когда осадки в мае при посеве составили 2,6 мм всходы были дружными за счет запасов влаги в зимне-весенний период. Осадки июня и июля в фазу бутонизация-цветения дают хорошую сухую биомассу.

Исследования 2021 года показали, что недостаток осадков во время произрастания сказались на накоплении биомассы растений сортов горчицы. Особенно это сказалось в фазу бутонизации и цветения, что повлияло на продуктивность горчицы.

Наибольшая положительная реакция на улучшение условий влагообеспеченности у горчицы отмечается в фазы от бутонизации до цветения: из-за засушливого периода запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см снизилось в полтора раза (от 9,6 до 17,9 сорта Рушена и от 11,5 до 18,0 мм сорта Профи), что в дальнейшем окажет влияние на уровень урожайности культуры.

Таблица 15 – Накопление сухого вещества сорта Рушена горчицы при внесении удобрений, г/100 растений, 2019-2021 гг

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено, кг д.в./га | Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | | Полная спелость | |
| г | % к «О» | % от полной спелости | г | %  к «О» | % от полной спелости | | г | %  к «О» |
| 2019 г. | | | | | | | | | |
| O | 42,5 | 100 | 45,7 | 67,7 | 100 | 72,8 | | 92,9 | 100 |
| N30 | 38,2 | 89,9 | 42,7 | 63,8 | 94,2 | 71,4 | | 89,4 | 96,2 |
| N60 | 36,7 | 86,4 | 40,7 | 63,4 | 93,7 | 70,4 | | 90,1 | 97 |
| P 60 | 71,2 | 167,5 | 26,4 | 170,4 | 25,1 | 63,2 | | 269,7 | 34,4 |
| P 90 | 131,2 | 308,7 | 47,7 | 203 | 11,9 | 73,8 | | 274,8 | 98,1 |
| P120 | 151,7 | 356,9 | 58,3 | 205,9 | 10,1 | 79,1 | | 260,1 | 105,6 |
| P150 | 174,7 | 411,1 | 54,4 | 242 | 11,7 | 75,3 | | 321,3 | 80,9 |
| P180 | 134 | 315,3 | 42,3 | 225,3 | 9,3 | 71,1 | | 316,6 | 101,4 |
| P210 | 192,9 | 453,9 | 46,5 | 303,9 | 13,4 | 73,2 | | 414,9 | 76,3 |
| P90 N 30 | 167,6 | 394,4 | 49,2 | 242,1 | 357,6 | 71,1 | | 340,6 | 366,6 |
| P60 N60 | 138,6 | 326,1 | 53,0 | 200 | 295,4 | 76,5 | | 261,3 | 281,3 |
| P120N60 | 188,2 | 442,8 | 66,0 | 221,7 | 327,5 | 77,7 | | 285,2 | 307 |
| P120N90 | 172 | 404,7 | 67,9 | 212,7 | 314,1 | 84 | | 253,3 | 272,7 |
| P150 N 90 | 179,6 | 422,6 | 47,1 | 290,4 | 428,9 | 76,2 | | 381,1 | 410,2 |
| 2020 г. | | | | | | | | | |
| O | 42,4 | 100,0 | 53,5 | 55,5 | 100,0 | | 70,0 | 79,3 | 100,0 |
| N30 | 72,0 | 169,8 | 84,5 | 59,7 | 107,6 | | 70,0 | 85,3 | 107,6 |
| N60 | 62,8 | 148,1 | 68,7 | 85,0 | 153,2 | | 93,0 | 91,4 | 115,3 |
| P 60 | 103,0 | 242,9 | 66,3 | 107,5 | 193,7 | | 69,2 | 155,3 | 195,8 |
| P 90 | 84,9 | 200,2 | 44,1 | 134,7 | 242,7 | | 70,0 | 192,5 | 242,7 |
| P120 | 93,6 | 220,8 | 30,8 | 204,2 | 367,9 | | 67,3 | 303,6 | 382,8 |
| P150 | 109,0 | 257,1 | 54,8 | 238,9 | 610,6 | | 69,1 | 370,8 | 467,6 |
| P180 | 121,6 | 286,8 | 30,5 | 216,2 | 389,6 | | 71,9 | 390,7 | 492,7 |
| P210 | 135,8 | 320,3 | 37,0 | 175,6 | 316,4 | | 76,1 | 430,7 | 543,1 |
| P90 N 30 | 86,6 | 204,2 | 25,0 | 242,4 | 436,8 | | 70,0 | 246,3 | 310,6 |
| P60 N60 | 322,0 | 759,4 | 72,8 | 309,7 | 558,0 | | 70,0 | 242,4 | 305,7 |
| P120N60 | 104,6 | 246,7 | 27,2 | 269,4 | 485,4 | | 70,0 | 384,9 | 485,4 |
| P120N90 | 87,4 | 206,1 | 39,0 | 156,7 | 282,3 | | 70,0 | 223,9 | 282,3 |
| P150 N 90 | 58,9 | 138,9 | 21,4 | 192,6 | 347,0 | | 70,0 | 275,1 | 346,9 |
| 2021 г. | | | | | | | | | |
| O | 22,7 | 100,0 | 28,6 | 57,1 | 100,0 | | 45,4 | 79,5 | 100,0 |
| N30 | 35,6 | 156,8 | 41,6 | 61,5 | 107,7 | | 46,7 | 85,5 | 107,5 |
| N60 | 46,3 | 204,0 | 45,5 | 66,1 | 115,8 | | 22,4 | 101,8 | 128,1 |
| P 60 | 104,3 | 459,5 | 78,2 | 206,5 | 361,6 | | 54,5 | 133,3 | 167,7 |
| P 90 | 119,3 | 525,6 | 69,4 | 210,9 | 369,3 | | 55,3 | 172,0 | 216,4 |
| P120 | 124,8 | 549,8 | 49,6 | 305,9 | 535,7 | | 59,5 | 251,5 | 316,4 |
| P150 | 135,8 | 598,2 | 41,9 | 335,7 | 587,9 | | 58,7 | 324,3 | 407,9 |
| P180 | 198,6 | 874,9 | 55,4 | 300,2 | 525,7 | | 67,6 | 358,8 | 451,3 |
| P210 | 240,7 | 1060,4 | 57,2 | 336,1 | 588,6 | | 65,8 | 420,8 | 529,3 |
| P90 N 30 | 186,5 | 821,6 | 57,1 | 195,8 | 342,9 | | 56,6 | 326,5 | 410,7 |
| P60 N60 | 170,3 | 750,2 | 56,2 | 200,3 | 350,8 | | 48,8 | 302,8 | 380,9 |
| P120N60 | 180,7 | 796,0 | 55,6 | 350,6 | 614,0 | | 63,2 | 324,8 | 408,6 |
| P120N90 | 136,9 | 603,1 | 67,2 | 231,0 | 404,6 | | 62,1 | 203,8 | 256,4 |
| P150 N 90 | 138,8 | 611,5 | 61,6 | 156,2 | 273,6 | | 54,5 | 225,3 | 283,4 |

Таблица 16 – Накопление сухого вещества сорта горчицы Профи при внесении удобрений, г/100 растений, 2019-2021 гг

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено, кг д.в. | | Фаза бутонизации | | | | | | | Фаза цветения | | | | | | | | Полная спелость | | | |
| г | | % к «О» | | | % от полной спелости | | г | | %  к «О» | | | % от полной спелости | | | г | | | %  к «О» |
|  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 г. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 30,2 | | 100 | | | 19,4 | | 92,9 | | 100 | | 59,7 | | | 155,6 | | | 100 | | |
| N30 | 48,7 | | 161,3 | | | 52,3 | | 84,5 | | 91,0 | | 56,2 | | | 150,3 | | | 96,6 | | |
| N60 | 56,2 | | 115,4 | | | 46,1 | | 98,5 | | 116,6 | | 70,0 | | | 140,7 | | | 93,6 | | |
| P 60 | 66,6 | | 118,5 | | | 34,8 | | 146,7 | | 148,9 | | 64,7 | | | 226,7 | | | 161,1 | | |
| P 90 | 73,7 | | 110,7 | | | 31,0 | | 168,3 | | 114,7 | | 64,0 | | | 262,9 | | | 116,0 | | |
| P120 | 62,5 | | 84,8 | | | 24,6 | | 139 | | 82,6 | | 64,5 | | | 215,4 | | | 81,9 | | |
| P150 | 173,7 | | 277,9 | | | 154,1 | | 213,5 | | 153,6 | | 68,2 | | | 313,2 | | | 145,4 | | |
| P180 | 180 | | 103,6 | | | 52,9 | | 264,3 | | 123,8 | | 75,0 | | | 352,6 | | | 112,6 | | |
| P210 | 119,7 | | 66,5 | | | 20,5 | | 163,6 | | 61,9 | | 42,2 | | | 387,5 | | | 109,9 | | |
| P90 N 30 | 84,6 | | 70,7 | | | 17,2 | | 200,7 | | 122,7 | | 57,9 | | | 346,7 | | | 89,5 | | |
| P60 N60 | 99,1 | | 117,1 | | | 38,4 | | 150,8 | | 75,1 | | 49,9 | | | 302,4 | | | 87,2 | | |
| P120N60 | 122,5 | | 123,6 | | | 40,6 | | 253 | | 167,8 | | 67,8 | | | 373,4 | | | 123,5 | | |
| P120N90 | 87,5 | | 71,4 | | | 17,7 | | 215,6 | | 85,2 | | 61,0 | | | 353,7 | | | 94,7 | | |
| P150 N 90 | 88,2 | | 100,8 | | | 26,5 | | 220,8 | | 102,4 | | 65,8 | | | 335,4 | | | 94,8 | | |
| 2020 г. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 42,6 | | 100 | | 33,9 | | | 71,7 | | 100 | | 57 | | | 125,6 | | | 100 | | |
| N30 | 45,5 | | 106,8 | | 34,6 | | | 85,1 | | 118,7 | | 64,7 | | | 131,6 | | | 104,8 | | |
| N60 | 47,5 | | 104,4 | | 16,1 | | | 210,1 | | 293 | | 71,3 | | | 294,6 | | | 234,5 | | |
| P 60 | 114,1 | | 240,2 | | 30,1 | | | 245,6 | | 342,5 | | 64,8 | | | 378,8 | | | 301,5 | | |
| P 90 | 139,7 | | 122,4 | | 36,6 | | | 250 | | 348,7 | | 65,6 | | | 380,8 | | | 303,1 | | |
| P120 | 144,5 | | 103,4 | | 28,1 | | | 345,8 | | 482 | | 67,3 | | | 513,5 | | | 408,8 | | |
| P150 | 150 | | 103,8 | | 26,2 | | | 375 | | 523 | | 65,6 | | | 571,2 | | | 454,7 | | |
| P180 | 207,8 | | 138,5 | | 46,8 | | | 310,1 | | 432,5 | | 69,8 | | | 444 | | | 353,5 | | |
| P210 | 261,5 | | 125,8 | | 51,2 | | | 352,7 | | 491,9 | | 69 | | | 510,6 | | | 406,5 | | |
| P90 N 30 | 207,9 | | 79,5 | | 60,1 | | | 202,5 | | 282,4 | | 58,6 | | | 345,9 | | | 275,3 | | |
| P60 N60 | 194,6 | | 93,6 | | 47,4 | | | 239,5 | | 334 | | 58,4 | | | 510,3 | | | 326,6 | | |
| P120N60 | 147,1 | | 75,6 | | 24,7 | | | 398,1 | | 555,2 | | 71,8 | | | 554,9 | | | 441,7 | | |
| P120N90 | 120,1 | | 81,6 | | 37,6 | | | 251,7 | | 351,1 | | 67,6 | | | 372,3 | | | 296,3 | | |
| P150 N 90 | 127,8 | | 106,4 | | 65,5 | | | 198,2 | | 276,4 | | 69,2 | | | 386,6 | | | 228,2 | | |
| 2021 г. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| O | 33,8 | | 100 | | 24,9 | | | 53,5 | | 100 | | | 39,4 | | | 135,8 | | | 100 | |
| N30 | 52 | | 153,9 | | 36,5 | | | 57,9 | | 108,2 | | | 40,6 | | | 142,6 | | | 105,0 | |
| N60 | 57,6 | | 170,4 | | 39,3 | | | 65 | | 121,5 | | | 44,3 | | | 146,7 | | | 102,9 | |
| P 60 | 93,6 | | 276,9 | | 46,0 | | | 100,5 | | 131,3 | | | 49,4 | | | 203,6 | | | 138,8 | |
| P 90 | 98,6 | | 291,7 | | 41,6 | | | 122,6 | | 107,2 | | | 51,8 | | | 236,8 | | | 116,3 | |
| P120 | 103,5 | | 306,2 | | 39,0 | | | 156,3 | | 76,9 | | | 58,9 | | | 265,2 | | | 112,0 | |
| P150 | 146,3 | | 432,8 | | 48,4 | | | 288,9 | | 64,5 | | | 95,5 | | | 302,5 | | | 114,1 | |
| P180 | 101,8 | | 301,2 | | 30,2 | | | 298,7 | | 73,5 | | | 88,7 | | | 336,8 | | | 111,3 | |
| P210 | 95,9 | | 283,7 | | 27,7 | | | 295,6 | | 81,2 | | | 85,5 | | | 345,7 | | | 102,6 | |
| P90 N 30 | 102,3 | | 302,7 | | 38,5 | | | 252,4 | | 471,8 | | | 95,0 | | | 265,7 | | | 76,9 | |
| P60 N60 | 225,4 | | 666,9 | | 95,6 | | | 300,7 | | 562,1 | | | 127,6 | | | 235,7 | | | 88,7 | |
| P120N60 | 98,7 | | 292 | | 29,4 | | | 260,4 | | 486,7 | | | 77,5 | | | 335,8 | | | 142,5 | |
| P120N90 | 89,5 | | 264,8 | | 34,9 | | | 256,7 | | 479,8 | | | 100,0 | | | 256,8 | | | 76,5 | |
| P150 N 90 | 98,8 | | 292,3 | | 36,8 | | | 198,6 | | 371,2 | | | 73,9 | | | 268,7 | | | 104,6 | |

По вариантам опыта при внесении удобрений происходит накопление сухого вещества в растениях сортов горчицы. Внесение азотных удобрений в среднем 2019 и 2020 гг. к уборке вегетативная масса практически нарастала равномерно по всем вариантам опыта, но по сортам горчицы варианта P120N90 и P150N90 - Рушена (223,9-275,1 г) и Профи (372,2-386,6 г) масса сухого вещества уменьшается, это тенденция сохраняется и в 2021 году.

Анализ внесения фосфорных удобрений показывал о значении фосфора в развитии корневой системы, недостаток которого действует на продуктивность горчицы. Фосфорные удобрения по-разному влияли на накопление сухого вещества, при этом положительно влияли на произрастание растений сортов горчицы. При увеличении доз фосфорных удобрений биомасса сорта Рушена увеличивалась по отношению к контрольному варианту. В 2019 и 2021 годах в период фазы бутонизация-полное созревание сухого вещества было в 4,5 раза больше, когда как в 2020 году - в 5,5-7,5 раза. По Профи разница была меньше, почти в два раза по всем годам исследований.

При анализе прироста сухого вещества при полном созревании в растениях сорта горчицы Рушена отмечалось в 2019 году наибольшее значение на варианте Р210 (446,6%), в 2020, 2021 году – Р150 (619,3% и 454,8%).

Отмечалось, что наиболее решающим в накоплении сухой массы является фазы вегетации бутонизация-цветение и практически на это время приходится формирование основного урожая растений горчицы. К полному созреванию биомасса увеличивается в 1,5 раза.

Применение азотно-фосфорных удобрений по-разному влияло на накопление биомассы. Условия минерального питания растений, формируемые за счет агрометеорологических факторов и вносимых удобрений, оказали большое влияние на накопление сухого вещества сортов горчицы, и особенно во второй половине вегетации. Масса сухого вещества по вариантам опыта составила в начальной фазе бутонизации сорта Рушена – 35,9-210,3, в фазу цветения – 60,1-280,6 и в фазу полного созревания – 99,3-408,3 г. Прирост от удобрений по лучшим вариантам соответственно составил – 612,0; 475,6; 411,4%. По Профи прирост составляет в зависимости от фазы вегетации 173,0-514,4 г, в процентном соотношении в сравнении с контролем составляет от 427,8-483,9%.

К фазе цветения фосфорные удобрения обеспечили прирост сухого вещества в 1,4-1,7 раза; азотные в 1,2-1,7 раза. Совместное применение азотно-фосфорных удобрений не имело преимуществ. Одним из сдерживающих факторов были гидротермические условия сельскохозяйственного года.

Исходя из вышеизложенного, накопление сухого вещества в растениях сортов горчицы зависят от условий влагообеспеченности и наличия в почве элементов питания. Однако, надо заметить вегетативная масса увеличивалась к фазе полного созревания и сорта различались по вегетативной массе.

**Влияние почвенных условий и удобрений на химический состав растений и вынос элементов питания.** Выявляется, что действие азотных и фосфорных удобрений и их совместное применение повышает содержание общего азота и тесная связь между химическим составом растений и продуктивностью. Содержание в растениях горчицы элементов питания зависят о внесения определенных доз минеральных удобрений, что изучено и выявлено опытным путем и в наших научных исследованиях.

Применение минеральных удобрений оказало положительное действие на содержание NPK в вегетативной массе и зерне растений сортов горчицы (таблица 17,18, приложение З.2).

Внесение азотных удобрений в дозе 30 и 60 кг не оказывали влияние на содержание азота в фазу бутонизации (в среднем за годы исследований) составил 1,16-1,25% по сорту Рушена и 1,48-1,53% - по Профи, причиной чего являются погодные условия во время исследований. В фазу цветения происходит снижение содержания азота 0,78-0,86% в сравнении с фазой бутонизации и далее идет незначительное снижение 0,68-0,73% в фазу полной спелости сортов горчицы.

Внесение фосфорных и азотно-фосфорных удобрений значительно повышает содержание азота в растениях. В фосфорных вариантах по сравнению с контролем азота содержится на 27,4-35,4% больше в растениях горчицы сорта Рушена и 9,5-26,4% - сорта Профи. При внесении азотно-фосфорных удобрений также азота находится больше в растениях горчицы сорта Рушена, чем Профи, соответственно – 38,1-49,6% и 12,8-32,4%.

Содержание элементов питания в растениях горчицы по годам исследования и действие минеральных удобрений противоречиво. Так, фосфорные удобрения в 2019 г. содержание азота в фазу бутонизации поднималось от 1,37 до 1,48 %, а по совместным вариантам происходит повышение азота. В фазу цветения азот увеличивается практически по всем вариантам. Все эти изменения происходят при произрастании горчицы сорта Рушена. По сорту Профи содержание азота начиная с фазы бутонизации и заканчивая фазой полной спелости уменьшается по всем фонам, что говорит о том, что растения горчицы Профи более выше и мощнее, чем растения сорта Рушена. Содержание фосфора в 2019 году в фазу бутонизации повышалась на фонах P60 и P150 и азотно-фосфорных фонах по сортам горчицы в среднем на 6-20%. По содержанию калия по вариантам опыта растений сортов горчицы наблюдается незначительная разница.

Содержание азота в 2020 году при внесении азотных удобрений в дозе 30 и 60 кг д.в. повышается в сравнении с контролем на 11% в фазу бутонизации, 13% - фаза цветения и 8 % - фаза полной спелости. Содержание фосфора увеличилось не намного, около 3-9 % по всем фазам вегетации сортов горчицы. Содержание калия не изменилось.

В сравнении по годам в фазу бутонизации содержание фосфора при внесении фосфорных удобрений в 2019 и 2021 году было больше становится в фазу цветения и полной спелости, на 7-37%, а 2020 году – в фазу полной спелости.

Таблица 17 - Химический состав вегетативной массы сорта Рушена горчицы (% на сухое вещество) за годы исследований

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено | Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | Фаза полной спелости | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| 2019 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,09 | 0,50 | 1,99 | 0,62 | 0,45 | 0,99 | 0,52 | 0,43 | 0,90 |
| N30 | 1,18 | 0,60 | 1,98 | 0,64 | 0,46 | 1,02 | 0,54 | 0,44 | 1,00 |
| N60 | 1,19 | 0,56 | 1,97 | 0,66 | 0,46 | 1,07 | 0,55 | 0,44 | 1,03 |
| P 60 | 1,48 | 0,54 | 2,02 | 0,74 | 0,56 | 1,57 | 0,64 | 0,46 | 1,47 |
| P 90 | 1,45 | 0,53 | 2,03 | 0,73 | 0,60 | 1,57 | 0,73 | 0,50 | 1,50 |
| P120 | 1,48 | 0,44 | 2,05 | 0,70 | 0,67 | 1,65 | 0,74 | 0,57 | 1,53 |
| P150 | 1,37 | 0,54 | 1,99 | 0,89 | 0,44 | 1,75 | 0,80 | 0,44 | 1,55 |
| P180 | 1,43 | 0,56 | 2,03 | 0,94 | 0,40 | 1,76 | 0,90 | 0,44 | 1,56 |
| P210 | 1,40 | 0,45 | 2,04 | 0,97 | 0,38 | 1,80 | 0,90 | 0,48 | 1,60 |
| P90 N 30 | 1,55 | 0,43 | 2,09 | 0,93 | 0,33 | 1,49 | 0,93 | 0,50 | 1,50 |
| P60 N60 | 1,50 | 0,56 | 1,95 | 0,91 | 0,39 | 1,35 | 0,90 | 0,53 | 1,50 |
| P120N60 | 1,54 | 0,47 | 2,06 | 0,77 | 0,40 | 1,46 | 0,89 | 0,57 | 1,53 |
| P120N90 | 1,55 | 0,41 | 2,00 | 0,92 | 0,34 | 1,75 | 0,91 | 0,56 | 1,55 |
| P150 N 90 | 1,78 | 0,60 | 2,03 | 0,98 | 0,49 | 1,63 | 0,96 | 0,56 | 1,58 |
| 2020 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,15 | 0,56 | 1,87 | 0,75 | 0,60 | 1,89 | 0,60 | 0,55 | 1,70 |
| N30 | 1,15 | 0,60 | 1,86 | 0,85 | 0,62 | 1,88 | 0,65 | 0,58 | 1,75 |
| N60 | 1,28 | 0,59 | 1,87 | 0,96 | 0,45 | 1,87 | 0,67 | 0,60 | 1,80 |
| P 60 | 1,49 | 0,55 | 1,91 | 0,93 | 0,53 | 1,92 | 0,75 | 0,53 | 1,82 |
| P 90 | 1,52 | 0,20 | 1,93 | 1,13 | 0,60 | 1,95 | 0,78 | 0,58 | 1,85 |
| P120 | 1,56 | 0,50 | 2,05 | 0,86 | 0,55 | 1,96 | 0,82 | 0,62 | 1,86 |
| P150 | 1,58 | 0,60 | 1,99 | 0,95 | 0,48 | 1,99 | 0,85 | 0,68 | 1,89 |
| P180 | 1,44 | 0,42 | 2,00 | 0,96 | 0,56 | 2,03 | 0,88 | 0,72 | 1,90 |
| P210 | 1,55 | 0,46 | 1,94 | 0,86 | 0,53 | 1,89 | 0,92 | 0,76 | 1,95 |
| P90 N 30 | 1,62 | 0,44 | 1,91 | 0,98 | 0,61 | 1,99 | 0,92 | 0,60 | 1,85 |
| P60 N60 | 1,59 | 0,59 | 1,95 | 0,99 | 0,63 | 1,95 | 0,78 | 0,55 | 1,85 |
| P120N60 | 1,59 | 0,62 | 1,85 | 1,00 | 0,68 | 1,95 | 0,82 | 0,58 | 1,86 |
| P120N90 | 1,61 | 0,63 | 1,80 | 1,01 | 0,62 | 1,99 | 0,85 | 0,60 | 1,87 |
| P150 N 90 | 1,65 | 0,74 | 1,83 | 1,00 | 0,53 | 1,95 | 0,85 | 0,67 | 1,91 |
| 2021 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,15 | 0,56 | 1,55 | 0,75 | 0,60 | 1,00 | 0,75 | 0,60 | 1,00 |
| N30 | 1,15 | 0,60 | 1,57 | 0,85 | 0,62 | 1,23 | 0,85 | 0,62 | 1,23 |
| N60 | 1,28 | 0,59 | 1,57 | 0,96 | 0,45 | 1,30 | 0,96 | 0,45 | 1,30 |
| P 60 | 1,49 | 0,55 | 1,85 | 0,93 | 0,53 | 1,75 | 0,93 | 0,53 | 1,75 |
| P 90 | 1,52 | 0,20 | 1,90 | 1,13 | 0,60 | 1,78 | 1,13 | 0,60 | 1,78 |
| P120 | 1,56 | 0,50 | 1,95 | 0,86 | 0,55 | 1,83 | 0,86 | 0,55 | 1,83 |
| P150 | 1,58 | 0,60 | 1,86 | 0,95 | 0,48 | 1,88 | 0,95 | 0,48 | 1,88 |
| P180 | 1,44 | 0,42 | 1,98 | 0,96 | 0,56 | 1,93 | 0,96 | 0,56 | 1,93 |
| P210 | 1,55 | 0,46 | 1,99 | 0,86 | 0,53 | 1,95 | 0,86 | 0,53 | 1,95 |
| P90 N 30 | 1,62 | 0,44 | 2,00 | 0,98 | 0,61 | 1,98 | 0,98 | 0,61 | 1,98 |
| P60 N60 | 1,59 | 0,59 | 1,85 | 0,99 | 0,63 | 1,78 | 0,99 | 0,63 | 1,78 |
| P120N60 | 1,59 | 0,62 | 1,86 | 1,00 | 0,68 | 1,70 | 1,00 | 0,68 | 1,70 |
| P120N90 | 1,61 | 0,63 | 1,99 | 1,01 | 0,62 | 1,87 | 1,01 | 0,62 | 1,87 |
| P150 N 90 | 1,65 | 0,74 | 2,00 | 1,00 | 0,53 | 1,89 | 1,00 | 0,53 | 1,89 |

Таблица 18 - Химический состав вегетативной массы сорта Профи горчицы (% на сухое вещество) за годы исследований

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено | Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | Фаза полной спелости | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| 2019 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,61 | 0,65 | 2,29 | 1,41 | 0,42 | 1,89 | 1,41 | 0,42 | 1,89 |
| N30 | 1,62 | 0,75 | 2,28 | 1,43 | 0,35 | 1,72 | 1,43 | 0,35 | 1,72 |
| N60 | 1,63 | 0,78 | 2,37 | 1,45 | 0,38 | 1,77 | 1,45 | 0,38 | 1,77 |
| P 60 | 1,74 | 0,78 | 2,32 | 1,53 | 0,40 | 1,90 | 1,53 | 0,40 | 1,90 |
| P 90 | 1,87 | 0,81 | 2,38 | 1,53 | 0,40 | 1,97 | 1,53 | 0,40 | 1,97 |
| P120 | 1,88 | 0,86 | 2,42 | 1,56 | 0,42 | 1,95 | 1,56 | 0,42 | 1,95 |
| P150 | 1,89 | 0,87 | 2,59 | 1,50 | 0,65 | 1,95 | 1,50 | 0,65 | 1,95 |
| P180 | 1,89 | 0,89 | 2,63 | 0,59 | 0,72 | 1,96 | 0,59 | 0,72 | 1,96 |
| P210 | 1,90 | 0,99 | 2,74 | 1,63 | 0,72 | 1,90 | 1,63 | 0,72 | 1,90 |
| P90 N 30 | 1,95 | 0,99 | 2,39 | 1,65 | 0,71 | 1,99 | 1,65 | 0,71 | 1,99 |
| P60 N60 | 1,68 | 1,01 | 2,35 | 1,70 | 0,75 | 1,95 | 1,70 | 0,75 | 1,95 |
| P120N60 | 1,70 | 1,02 | 2,46 | 1,72 | 0,76 | 1,96 | 1,72 | 0,76 | 1,96 |
| P120N90 | 1,72 | 1,12 | 2,19 | 1,77 | 0,70 | 1,85 | 1,77 | 0,70 | 1,85 |
| P150 N 90 | 1,75 | 1,20 | 2,13 | 1,78 | 0,65 | 1,83 | 1,78 | 0,65 | 1,83 |
| 2020 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,59 | 0,50 | 2,27 | 1,44 | 0,33 | 2,00 | 1,44 | 0,33 | 2,00 |
| N30 | 1,56 | 0,53 | 2,35 | 1,45 | 0,35 | 1,99 | 1,45 | 0,35 | 1,99 |
| N60 | 1,58 | 0,51 | 2,37 | 1,48 | 0,37 | 1,95 | 1,48 | 0,37 | 1,95 |
| P 60 | 1,68 | 0,59 | 2,38 | 1,48 | 0,41 | 2,13 | 1,48 | 0,41 | 2,13 |
| P 90 | 1,68 | 0,67 | 2,42 | 1,50 | 0,67 | 2,15 | 1,50 | 0,67 | 2,15 |
| P120 | 1,64 | 0,61 | 2,45 | 1,52 | 0,58 | 2,16 | 1,52 | 0,58 | 2,16 |
| P150 | 1,67 | 0,65 | 2,59 | 1,60 | 0,62 | 2,29 | 1,60 | 0,62 | 2,29 |
| P180 | 1,67 | 0,66 | 2,60 | 1,63 | 0,56 | 2,33 | 1,63 | 0,56 | 2,33 |
| P210 | 1,66 | 0,68 | 2,64 | 1,65 | 0,51 | 2,42 | 1,65 | 0,51 | 2,42 |
| P90 N 30 | 1,60 | 0,60 | 2,55 | 1,37 | 0,50 | 2,16 | 1,37 | 0,50 | 2,16 |
| P60 N60 | 1,65 | 0,46 | 2,35 | 1,65 | 0,49 | 2,05 | 1,65 | 0,49 | 2,05 |
| P120N60 | 1,58 | 0,50 | 2,45 | 1,39 | 0,50 | 2,18 | 1,39 | 0,50 | 2,18 |
| P120N90 | 1,59 | 0,57 | 2,30 | 1,40 | 0,50 | 2,03 | 1,40 | 0,50 | 2,03 |
| P150 N 90 | 1,56 | 0,69 | 2,33 | 1,43 | 0,52 | 2,05 | 1,43 | 0,52 | 2,05 |
| 2021 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,25 | 0,50 | 1,58 | 0,65 | 0,50 | 1,01 | 0,65 | 0,69 | 1,06 |
| N30 | 1,25 | 0,65 | 1,62 | 0,75 | 0,64 | 1,28 | 0,75 | 0,65 | 1,33 |
| N60 | 1,38 | 0,75 | 1,68 | 0,86 | 0,48 | 1,32 | 0,90 | 0,49 | 1,31 |
| P 60 | 1,45 | 0,45 | 1,74 | 0,83 | 0,50 | 1,65 | 0,95 | 0,56 | 1,85 |
| P 90 | 1,55 | 0,50 | 1,89 | 1,10 | 0,65 | 1,75 | 1,11 | 0,62 | 1,88 |
| P120 | 1,60 | 0,70 | 1,97 | 0,76 | 0,58 | 1,80 | 0,75 | 0,65 | 1,93 |
| P150 | 1,88 | 0,80 | 1,97 | 0,85 | 0,49 | 1,85 | 0,85 | 0,68 | 1,98 |
| P180 | 1,94 | 0,85 | 1,92 | 0,86 | 0,55 | 1,90 | 0,91 | 0,76 | 1,99 |
| P210 | 2,05 | 0,92 | 1,90 | 0,76 | 0,43 | 1,90 | 0,95 | 0,83 | 1,99 |
| P90 N 30 | 1,72 | 0,64 | 2,01 | 0,88 | 0,58 | 1,94 | 1,12 | 0,69 | 1,88 |
| P60 N60 | 1,69 | 0,80 | 1,76 | 0,89 | 0,60 | 1,72 | 0,99 | 0,53 | 1,98 |
| P120N60 | 2,00 | 0,98 | 1,88 | 1,05 | 0,65 | 1,65 | 0,85 | 0,78 | 1,80 |
| P120N90 | 2,31 | 0,99 | 2,01 | 1,04 | 0,52 | 1,87 | 1,20 | 0,80 | 1,97 |
| P150 N 90 | 2,56 | 0,99 | 2,00 | 1,02 | 0,58 | 1,90 | 1,23 | 0,81 | 1,99 |

На азотно-фосфорных вариантах содержание азота было выше, чем на азотных и фосфорных вариантах. Это было характерно для сортов горчицы и во все года исследований.

Исходя из выше изложенного, видно, химический состав вегетативной массы сортов горчицы зависит от метеоусловий года, от вида и доз внесенных удобрений, соотношения элементов питания в почве и фаз вегетации.

Исследования показали, что кроме вегетативной массы элементы питания содержат и семена горчицы (таблица 19,20). На их содержание подействовали те же факторы.

При применении азотного удобрения за годы исследований (2019-2021 гг) в дозах 30 и 60 кг/га д.в. содержание общего азота в зерне сорта Рушена повышалось только при дозе N60 на 23,5% в сравнении с контролем. Применение фосфорных удобрений повышает азот на 18,6-28,4%, а совместные удобрения увеличивали его в два раза. Когда как по сорту Профи была другая ситуация: повышалось содержание общего азота при дозе N30 и N60 на 34-39% (содержание от 1,12 до 1,16%). Фосфорные удобрения увеличивали концентрацию азота от 3% до 63,9% в зависимости от доз. Азотно-фосфорные удобрения по сравнению с неудобренным фоном этот показатель повышали на 20,5-32,5%. Наибольшее увеличение общего азота в зерне отмечено по варианту P180 и P210, соответственно 43,4 и 63,9%.

Содержание калия по всем вариантам и сортам горчицы внесение удобрений практически не меняется.

Анализ содержания общего фосфора в семенах растений сорта Рушена горчицы также изменяются при применении удобрений, особенно фосфорные и азотно-фосфорные. Отличились варианты P180 и P120N60, где фосфора содержалось на 31,9% по сравнению с контролем. В отличие с дозой 60 кг/га д.в. азота и фосфора наличие фосфора в зерне увеличилось с на 2,1%, (6,4 до 8,5%). Использование минеральных удобрений при выращивании горчицы сорта Профи показало, что содержание общего фосфора повысилось при дозах P120 и P210, когда на остальных вариантах не было повышения содержания общего фосфора в семенах горчицы.

Таблица 19 - Химический состав семян сорта Рушена горчицы, среднее (2019-2021 гг), %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено | Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | Фаза полной спелости | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| 2019 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,09 | 0,50 | 1,99 | 0,62 | 0,45 | 0,99 | 0,52 | 0,43 | 0,90 |
| N30 | 1,18 | 0,60 | 1,98 | 0,64 | 0,46 | 1,02 | 0,54 | 0,44 | 1,00 |
| N60 | 1,19 | 0,56 | 1,97 | 0,66 | 0,46 | 1,07 | 0,55 | 0,44 | 1,03 |
| P 60 | 1,48 | 0,54 | 2,02 | 0,74 | 0,56 | 1,57 | 0,64 | 0,46 | 1,47 |
| P 90 | 1,45 | 0,53 | 2,03 | 0,73 | 0,60 | 1,57 | 0,73 | 0,50 | 1,50 |
| P120 | 1,48 | 0,44 | 2,05 | 0,70 | 0,67 | 1,65 | 0,74 | 0,57 | 1,53 |
| P150 | 1,37 | 0,54 | 1,99 | 0,89 | 0,44 | 1,75 | 0,80 | 0,44 | 1,55 |
| P180 | 1,43 | 0,56 | 2,03 | 0,94 | 0,40 | 1,76 | 0,90 | 0,44 | 1,56 |
| P210 | 1,40 | 0,45 | 2,04 | 0,97 | 0,38 | 1,80 | 0,90 | 0,48 | 1,60 |
| P90 N 30 | 1,55 | 0,43 | 2,09 | 0,93 | 0,33 | 1,49 | 0,93 | 0,50 | 1,50 |
| P60 N60 | 1,50 | 0,56 | 1,95 | 0,91 | 0,39 | 1,35 | 0,90 | 0,53 | 1,50 |
| P120N60 | 1,54 | 0,47 | 2,06 | 0,77 | 0,40 | 1,46 | 0,89 | 0,57 | 1,53 |
| P120N90 | 1,55 | 0,41 | 2,00 | 0,92 | 0,34 | 1,75 | 0,91 | 0,56 | 1,55 |
| P150 N 90 | 1,78 | 0,60 | 2,03 | 0,98 | 0,49 | 1,63 | 0,96 | 0,56 | 1,58 |
| 2020 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,15 | 0,56 | 1,87 | 0,75 | 0,60 | 1,89 | 0,60 | 0,55 | 1,70 |
| N30 | 1,15 | 0,60 | 1,86 | 0,85 | 0,62 | 1,88 | 0,65 | 0,58 | 1,75 |
| N60 | 1,28 | 0,59 | 1,87 | 0,96 | 0,45 | 1,87 | 0,67 | 0,60 | 1,80 |
| P 60 | 1,49 | 0,55 | 1,91 | 0,93 | 0,53 | 1,92 | 0,75 | 0,53 | 1,82 |
| P 90 | 1,52 | 0,20 | 1,93 | 1,13 | 0,60 | 1,95 | 0,78 | 0,58 | 1,85 |
| P120 | 1,56 | 0,50 | 2,05 | 0,86 | 0,55 | 1,96 | 0,82 | 0,62 | 1,86 |
| P150 | 1,58 | 0,60 | 1,99 | 0,95 | 0,48 | 1,99 | 0,85 | 0,68 | 1,89 |
| P180 | 1,44 | 0,42 | 2,00 | 0,96 | 0,56 | 2,03 | 0,88 | 0,72 | 1,90 |
| P210 | 1,55 | 0,46 | 1,94 | 0,86 | 0,53 | 1,89 | 0,92 | 0,76 | 1,95 |
| P90 N 30 | 1,62 | 0,44 | 1,91 | 0,98 | 0,61 | 1,99 | 0,92 | 0,60 | 1,85 |
| P60 N60 | 1,59 | 0,59 | 1,95 | 0,99 | 0,63 | 1,95 | 0,78 | 0,55 | 1,85 |
| P120N60 | 1,59 | 0,62 | 1,85 | 1,00 | 0,68 | 1,95 | 0,82 | 0,58 | 1,86 |
| P120N90 | 1,61 | 0,63 | 1,80 | 1,01 | 0,62 | 1,99 | 0,85 | 0,60 | 1,87 |
| P150 N 90 | 1,65 | 0,74 | 1,83 | 1,00 | 0,53 | 1,95 | 0,85 | 0,67 | 1,91 |
| 2021 г. | | | | | | | | | |
| O - контроль | 1,15 | 0,56 | 1,55 | 0,75 | 0,60 | 1,00 | 0,75 | 0,60 | 1,00 |
| N30 | 1,15 | 0,60 | 1,57 | 0,85 | 0,62 | 1,23 | 0,85 | 0,62 | 1,23 |
| N60 | 1,28 | 0,59 | 1,57 | 0,96 | 0,45 | 1,30 | 0,96 | 0,45 | 1,30 |
| P 60 | 1,49 | 0,55 | 1,85 | 0,93 | 0,53 | 1,75 | 0,93 | 0,53 | 1,75 |
| P 90 | 1,52 | 0,20 | 1,90 | 1,13 | 0,60 | 1,78 | 1,13 | 0,60 | 1,78 |
| P120 | 1,56 | 0,50 | 1,95 | 0,86 | 0,55 | 1,83 | 0,86 | 0,55 | 1,83 |
| P150 | 1,58 | 0,60 | 1,86 | 0,95 | 0,48 | 1,88 | 0,95 | 0,48 | 1,88 |
| P180 | 1,44 | 0,42 | 1,98 | 0,96 | 0,56 | 1,93 | 0,96 | 0,56 | 1,93 |
| P210 | 1,55 | 0,46 | 1,99 | 0,86 | 0,53 | 1,95 | 0,86 | 0,53 | 1,95 |
| P90 N 30 | 1,62 | 0,44 | 2,00 | 0,98 | 0,61 | 1,98 | 0,98 | 0,61 | 1,98 |
| P60 N60 | 1,59 | 0,59 | 1,85 | 0,99 | 0,63 | 1,78 | 0,99 | 0,63 | 1,78 |
| P120N60 | 1,59 | 0,62 | 1,86 | 1,00 | 0,68 | 1,70 | 1,00 | 0,68 | 1,70 |
| P120N90 | 1,61 | 0,63 | 1,99 | 1,01 | 0,62 | 1,87 | 1,01 | 0,62 | 1,87 |
| P150 N 90 | 1,65 | 0,74 | 2,00 | 1,00 | 0,53 | 1,89 | 1,00 | 0,53 | 1,89 |

Таблица 20 - Химический состав семян сорта Профи горчицы, среднее (2019-2021 гг), %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено | Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | Фаза полной спелости | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| 2019 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,61 | 0,65 | 2,29 | 1,41 | 0,42 | 1,89 | 1,41 | 0,42 | 1,89 |
| N30 | 1,62 | 0,75 | 2,28 | 1,43 | 0,35 | 1,72 | 1,43 | 0,35 | 1,72 |
| N60 | 1,63 | 0,78 | 2,37 | 1,45 | 0,38 | 1,77 | 1,45 | 0,38 | 1,77 |
| P 60 | 1,74 | 0,78 | 2,32 | 1,53 | 0,40 | 1,90 | 1,53 | 0,40 | 1,90 |
| P 90 | 1,87 | 0,81 | 2,38 | 1,53 | 0,40 | 1,97 | 1,53 | 0,40 | 1,97 |
| P120 | 1,88 | 0,86 | 2,42 | 1,56 | 0,42 | 1,95 | 1,56 | 0,42 | 1,95 |
| P150 | 1,89 | 0,87 | 2,59 | 1,50 | 0,65 | 1,95 | 1,50 | 0,65 | 1,95 |
| P180 | 1,89 | 0,89 | 2,63 | 0,59 | 0,72 | 1,96 | 0,59 | 0,72 | 1,96 |
| P210 | 1,90 | 0,99 | 2,74 | 1,63 | 0,72 | 1,90 | 1,63 | 0,72 | 1,90 |
| P90 N 30 | 1,95 | 0,99 | 2,39 | 1,65 | 0,71 | 1,99 | 1,65 | 0,71 | 1,99 |
| P60 N60 | 1,68 | 1,01 | 2,35 | 1,70 | 0,75 | 1,95 | 1,70 | 0,75 | 1,95 |
| P120N60 | 1,70 | 1,02 | 2,46 | 1,72 | 0,76 | 1,96 | 1,72 | 0,76 | 1,96 |
| P120N90 | 1,72 | 1,12 | 2,19 | 1,77 | 0,70 | 1,85 | 1,77 | 0,70 | 1,85 |
| P150 N 90 | 1,75 | 1,20 | 2,13 | 1,78 | 0,65 | 1,83 | 1,78 | 0,65 | 1,83 |
| 2020 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,59 | 0,50 | 2,27 | 1,44 | 0,33 | 2,00 | 1,44 | 0,33 | 2,00 |
| N30 | 1,56 | 0,53 | 2,35 | 1,45 | 0,35 | 1,99 | 1,45 | 0,35 | 1,99 |
| N60 | 1,58 | 0,51 | 2,37 | 1,48 | 0,37 | 1,95 | 1,48 | 0,37 | 1,95 |
| P 60 | 1,68 | 0,59 | 2,38 | 1,48 | 0,41 | 2,13 | 1,48 | 0,41 | 2,13 |
| P 90 | 1,68 | 0,67 | 2,42 | 1,50 | 0,67 | 2,15 | 1,50 | 0,67 | 2,15 |
| P120 | 1,64 | 0,61 | 2,45 | 1,52 | 0,58 | 2,16 | 1,52 | 0,58 | 2,16 |
| P150 | 1,67 | 0,65 | 2,59 | 1,60 | 0,62 | 2,29 | 1,60 | 0,62 | 2,29 |
| P180 | 1,67 | 0,66 | 2,60 | 1,63 | 0,56 | 2,33 | 1,63 | 0,56 | 2,33 |
| P210 | 1,66 | 0,68 | 2,64 | 1,65 | 0,51 | 2,42 | 1,65 | 0,51 | 2,42 |
| P90 N 30 | 1,60 | 0,60 | 2,55 | 1,37 | 0,50 | 2,16 | 1,37 | 0,50 | 2,16 |
| P60 N60 | 1,65 | 0,46 | 2,35 | 1,65 | 0,49 | 2,05 | 1,65 | 0,49 | 2,05 |
| P120N60 | 1,58 | 0,50 | 2,45 | 1,39 | 0,50 | 2,18 | 1,39 | 0,50 | 2,18 |
| P120N90 | 1,59 | 0,57 | 2,30 | 1,40 | 0,50 | 2,03 | 1,40 | 0,50 | 2,03 |
| P150 N 90 | 1,56 | 0,69 | 2,33 | 1,43 | 0,52 | 2,05 | 1,43 | 0,52 | 2,05 |
| 2021 г. | | | | | | | | | |
| O | 1,25 | 0,50 | 1,58 | 0,65 | 0,50 | 1,01 | 0,65 | 0,69 | 1,06 |
| N30 | 1,25 | 0,65 | 1,62 | 0,75 | 0,64 | 1,28 | 0,75 | 0,65 | 1,33 |
| N60 | 1,38 | 0,75 | 1,68 | 0,86 | 0,48 | 1,32 | 0,90 | 0,49 | 1,31 |
| P 60 | 1,45 | 0,45 | 1,74 | 0,83 | 0,50 | 1,65 | 0,95 | 0,56 | 1,85 |
| P 90 | 1,55 | 0,50 | 1,89 | 1,10 | 0,65 | 1,75 | 1,11 | 0,62 | 1,88 |
| P120 | 1,60 | 0,70 | 1,97 | 0,76 | 0,58 | 1,80 | 0,75 | 0,65 | 1,93 |
| P150 | 1,88 | 0,80 | 1,97 | 0,85 | 0,49 | 1,85 | 0,85 | 0,68 | 1,98 |
| P180 | 1,94 | 0,85 | 1,92 | 0,86 | 0,55 | 1,90 | 0,91 | 0,76 | 1,99 |
| P210 | 2,05 | 0,92 | 1,90 | 0,76 | 0,43 | 1,90 | 0,95 | 0,83 | 1,99 |
| P90 N 30 | 1,72 | 0,64 | 2,01 | 0,88 | 0,58 | 1,94 | 1,12 | 0,69 | 1,88 |
| P60 N60 | 1,69 | 0,80 | 1,76 | 0,89 | 0,60 | 1,72 | 0,99 | 0,53 | 1,98 |
| P120N60 | 2,00 | 0,98 | 1,88 | 1,05 | 0,65 | 1,65 | 0,85 | 0,78 | 1,80 |
| P120N90 | 2,31 | 0,99 | 2,01 | 1,04 | 0,52 | 1,87 | 1,20 | 0,80 | 1,97 |
| P150 N 90 | 2,56 | 0,99 | 2,00 | 1,02 | 0,58 | 1,90 | 1,23 | 0,81 | 1,99 |

2019 и 2020 годы были засушливыми годами, что влияло на отток элементов питания в зерно горчицы. Самое высокое содержание общего фосфора в 2019 г. было по варианту P120N90 24,1% в сравнении с контролем (0,58% против 0,72%) и в 2021 г. - P120N60 – 25,0%. В 2020 году замечено, что фосфора было на 31,9% больше, чем по варианту контроля. В 2019 году содержание фосфора было самое низкое по варианту P90N30.

На контрольных вариантах самое высокое содержание фосфора было в 2019 г. (0,58%) по сорту Рушена и 0,75% по сорту Профи в 2020 г. и самое низкое значение этого элемента наблюдалось 0,36% по сорту Рушена (2019 г.) и 0,65% (2020 г.) по сорту Профи.

В заключении следует сказать, что химический состав горчицы зависят от минеральных условий почвы и внесенных доз удобрений.

**Вынос элементов питания горчицей.** Показателем определения потребности сельскохозяйственных культур в минеральных удобрениях является вынос элементов питания с урожаем. Изучение действия минеральных удобрений на вынос элементов питания показывает, что при совместном применении увеличивается в сравнении с контрольным вариантом и обеспечивает положительный баланс элементов. Вынос азота с урожаем может обеспечивать повышенные дозы удобрений на посевах твердой пшеницы, чем яровой мягкой пшеницы [303,304].

Вынос элементов NPK растениями зависит от норм внесения минеральных удобрений [304] и он определяется химическим составом и уровнем продуктивности растений сортов горчицы.

В наших исследованиях вынос элементов питания растениями сортов горчицы изменялся по годам и в зависимости от урожайности культуры (таблица 21,22, приложение З.3).

Минеральные удобрения способствовали увеличению выноса элементов питания из почвы вместе с урожаем в 1,5-3,0 раза. Для горчицы характерным является то, что из почвы зерном выносится азота и немного фосфора и калия.

Вынос элементов по годам исследований по сорту Рушена на контрольных вариантах варьирует от 4,2 до 18,8 кг/га, на удобренных – от 12,3 до 37,5 кг/га. По сорту Профи в сравнении контрольных вариантов изменяется от 11,7 до 17,2 кг/га, с внесением минеральных удобрений - от 16,1 до 42,0 кг/га. Вынос азота с урожаем колеблется по контролю от 9,2 до 37,5 кг/га по удобренным вариантам, фосфора от 4,2 до 17,7 кг/га, калия – от 14,3 до 34,4 кг/га.

Внесение азотных удобрений оказывает воздействие на вынос азота в 2019, 2021 годах урожаем сорта Рушена в 0,5-1,5 раза, когда как в 2020 г. – не оказывает действия. А по сорту Профи действие азотного удобрения в во все годы равно 1,5-2,0 раза. Азотные удобрения способствовали большему накоплению азота в растениях, что очень важно, так как непосредственно от его содержания зависит качество продукции. Фосфорные удобрения, как правило, повышали содержание фосфора в растениях, а содержание калия под действием азотных и фосфорных удобрений практически не менялось. Максимальное потребление фосфора горчицей сорта Рушена наблюдается при внесении дозы 180 кг д.в. на га – 13,3-14,3 кг/га (в 2019, 2020 гг), и доза 210 кг д.в. на га растения сорта Профи во все годы исследований – 17,0-19,8 кг/га.

Таблица 21 - Влияние удобрений на вынос элементов питания семенами растений горчицы сорта Рушена, кг/га

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено,  кг д.в./га | 2019 | | | 2020 | | | 2021 | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| O - контроль | 9,2 | 8,2 | 18,8 | 14,4 | 6,2 | 16,6 | 11,0 | 4,2 | 14,3 |
| N30 | 14,4 | 9,8 | 16,7 | 14,6 | 6,2 | 14,9 | 12,3 | 4,9 | 15,9 |
| N60 | 17,4 | 9,5 | 16,7 | 16,8 | 6,5 | 15,9 | 17,5 | 4,2 | 18,3 |
| P 60 | 25,8 | 11,4 | 24,8 | 23,1 | 9,1 | 21,9 | 18,7 | 6,3 | 19,1 |
| P 90 | 24,1 | 12,0 | 26,7 | 25,7 | 10,7 | 25,9 | 16,8 | 4,9 | 20,7 |
| P120 | 24,9 | 11,1 | 27,8 | 25,3 | 11,4 | 25,9 | 18,1 | 8,8 | 20,6 |
| P150 | 22,4 | 11,2 | 28,8 | 23,8 | 13,1 | 30,0 | 17,8 | 10,6 | 25,0 |
| P180 | 21,4 | 13,3 | 30,0 | 23,9 | 14,3 | 30,8 | 17,7 | 10,0 | 20,4 |
| P210 | 20,5 | 9,2 | 22,1 | 24,1 | 10,6 | 25,2 | 18,0 | 10,0 | 23,6 |
| P90 N 30 | 28,7 | 12,1 | 31,6 | 37,5 | 17,3 | 34,4 | 17,1 | 12,9 | 23,7 |
| P60 N60 | 24,9 | 13,0 | 30,5 | 26,0 | 13,2 | 28,8 | 16,7 | 12,5 | 21,7 |
| P120N60 | 25,8 | 11,5 | 27,1 | 33,4 | 15,9 | 31,6 | 21,2 | 15,0 | 25,8 |
| P120N90 | 17,9 | 12,0 | 20,5 | 20,2 | 11,2 | 22,7 | 16,5 | 6,9 | 18,2 |
| P150 N 90 | 21,2 | 10,9 | 22,4 | 23,1 | 11,7 | 23,1 | 18,9 | 6,6 | 18,3 |

Таблица 22 - Влияние удобрений на вынос элементов питания семенами растений горчицы сорта Профи (2019-2021гг), кг/га

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено,  кг д.в./га | 2019 | | | 2020 | | | 2021 | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| O | 17,2 | 13,2 | 16,4 | 15,2 | 11,9 | 14,6 | 11,7 | 11,7 | 11,4 |
| N30 | 20,7 | 10,9 | 14,0 | 22,7 | 10,4 | 14,8 | 17,9 | 11,2 | 9,6 |
| N60 | 25,1 | 9,5 | 17,2 | 23,7 | 6,3 | 21,2 | 16,8 | 18,7 | 9,2 |
| P 60 | 16,1 | 11,9 | 19,3 | 17,8 | 11,8 | 23,4 | 15,9 | 22,4 | 9,0 |
| P 90 | 25,3 | 13,0 | 19,2 | 24,4 | 13,8 | 19,3 | 18,8 | 15,5 | 10,1 |
| P120 | 22,1 | 16,1 | 20,5 | 23,5 | 14,3 | 21,7 | 17,9 | 16,5 | 15,6 |
| P150 | 30,0 | 16,1 | 22,1 | 30,7 | 15,5 | 23,9 | 20,3 | 16,8 | 14,1 |
| P180 | 32,5 | 13,2 | 22,2 | 34,3 | 11,2 | 25,9 | 20,9 | 17,7 | 14,4 |
| P210 | 36,6 | 21,0 | 24,2 | 42,0 | 17,0 | 27,5 | 30,4 | 19,8 | 22,4 |
| P90 N 30 | 33,8 | 10,6 | 26,9 | 33,8 | 13,6 | 27,3 | 17,7 | 14,7 | 4,3 |
| P60 N60 | 35,7 | 13,6 | 23,3 | 36,2 | 20,9 | 28,6 | 18,3 | 18,0 | 7,2 |
| P120N60 | 30,1 | 14,6 | 25,6 | 38,0 | 15,8 | 30,3 | 28,3 | 21,2 | 12,9 |
| P120N90 | 26,4 | 10,8 | 22,0 | 28,7 | 14,8 | 24,1 | 17,2 | 14,7 | 6,2 |
| P150 N 90 | 24,5 | 13,3 | 17,9 | 33,3 | 12,5 | 24,7 | 19,1 | 14,4 | 12,2 |

Внесение азотно-фосфорных удобрений по сортам горчицы ведут себя по-разному. Растения горчицы по сорту Рушена внесенная доза P120N60 позволяет выносить фосфора по максимуму, а далее при увеличении совместной дозы вынос элементов питания уменьшается – 13,0-15,9 кг/га и та же ситуация характерна и для сорта Профи – 14,6-21,2 кг/га.

Таким образом, вынос элементов питания зависят от сорта горчицы, условия влагообеспеченности и урожайности культуры.

**3.7 Продуктивность и масличность горчицы в зависимости от условий минерального питания и удобрений**

Минеральные удобрения оказывают действие на продуктивность сельскохозяйственных культур, при этом имеют значение их сочетание. В актуальности наших исследований отмечалось, что горчица является одной высокомаржинальных культур в регионе Северного Казахстана. Изучение ее биологических особенностей при внесении минеральных удобрений в этом регионе не проводилось. Появилась необходимость обосновать оптимальные параметры эффективности удобрений в посевах сортов горчицы. Как следствие, метеорологические условия в годы исследований влияли на произрастание растений сортов горчицы, эффективность применения минеральных удобрений, отношение к условиям почвенного питания.

Результаты исследования влияния удобрений на продуктивность сортов горчицы представлены в таблице 11,12, приложение Е. Результаты проведенных изысканий показали, что почвенные процессы действуют на структуру урожая и продуктивность сортов горчицы, и ее реакцию на удобрения.

Отмечено, что в годы исследований действие фосфорных и азотно-фосфорных удобрений повысили продуктивность горчицы. Однако, изменения в урожае показывают различное действие одной и той же дозы.

Отдельно рассматривалось влияние минеральных удобрений на урожайность горчицы сорта Профи. В 2021 году на азотных вариантах N30 урожай был меньше контрольного на 0,2 ц/га, на N60 – на 0,5 ц/га.

Анализ показывает, что типичным фактором взаимосвязи между влиянием фосфорных и азотно-фосфорных удобрений и гидротермического режима на урожай является низкий урожай и эффективность в 2019 году в посевах горчицы сорта Рушена, а по сорту Профи действие фосфорных удобрений – в 2019 г., азотно-фосфорных – в 2021 г.

На контрольном варианте урожайность горчицы по сортам была следующей – сорт Рушена, 11,7-14,1 ц/га и 3,0-9,9 ц/га на фосфорных вариантах и 2,6-15,3 ц/га – азотно-фосфорных. Сорт Профи – фосфорные удобрения – на контрольном варианте варьировала от 15,6 до 19,1 ц/га, фосфорные варианты – 2,8-12,6 ц/га и азотно-фосфорные – 1,1-16,9ц/га.

Результаты исследований свидетельствует о том, что дозы удобрений дают различный уровень урожайности. По сорту Рушена фосфорные и азотно-фосфорные варианты лучшую прибавку дают в 2020 году, а по сорту Профи такая же тенденция сохраняется.

Кроме гидротермических условий на урожайность горчицы влияют и содержание элементов питания в почве.

Реакция сортов горчицы на внесение фосфорных удобрений при дозе Р90 отсутствует при содержании в почве фосфора в 25,6 мг (2021 г.) и 30,2 мг (2020 г.).

Повышение содержания фосфора в почве характерно при совместном внесении азотно-фосфорных удобрений P90N30 при содержании фосфора в почве в 2019 г. 31,5 мг, где прибавка урожая сорта Профи составляет 11,1 ц/га, в 2020 году при P60N60 - 31,1 мг – 14,9 ц/га, а в 2021 году - P120N60, 31,1 – 8,8 ц/га.

Применение фосфорных удобрений повысило содержание фосфора в почве до уровня «высокое» на вариантах Р180 и Р210 по двум сорта горчицы и дало прибавку.

Таблица 11 - Влияние удобрений на урожайность сорта горчицы Рушена, 2019-2021 гг (ц/га)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено, кг д.в. | Годы | | | | | | | | |
| 2019 | | | 2020 | | | 2021 | | |
| ц/га | урожай на «О»  и прибавка к нему, ц | % | ц/га | урожай на «О»  и прибавка  к нему, ц | % | ц/га | урожай на «О»  и прибавка к нему, ц | % |
| О | 14,1 |  | 100,0 | 13,1 |  | 100,0 | 11,7 |  | 100,0 |
| N30 | 14,0 | -0,1 | 99,3 | 12,6 | -0,5 | 96,2 | 13,5 | 1,8 | 115,4 |
| N60 | 13,8 | -0,3 | 97,9 | 12,8 | -0,3 | 97,7 | 14,3 | 2,6 | 122,2 |
| Р60 | 19,7 | 5,6 | 139,7 | 17,1 | 4,0 | 130,5 | 14,7 | 3,0 | 125,6 |
| Р90 | 20,4 | 6,3 | 144,7 | 19,8 | 6,7 | 151,1 | 15,8 | 4,1 | 135,0 |
| Р120 | 20,6 | 6,5 | 146,1 | 19,6 | 6,5 | 149,6 | 16,0 | 4,3 | 136,8 |
| P150 | 20,7 | 6,6 | 146,8 | 21,1 | 8,0 | 161,1 | 17,1 | 5,4 | 146,2 |
| P180 | 20,4 | 6,3 | 144,7 | 23,0 | 9,9 | 175,6 | 16,7 | 5,0 | 142,7 |
| P210 | 17,1 | 3,0 | 121,3 | 18,5 | 5,4 | 141,2 | 16,4 | 4,7 | 140,2 |
| P90N30 | 26,3 | 12,2 | 186,5 | 28,4 | 15,3 | 216,8 | 19,6 | 7,9 | 167,5 |
| P60N60 | 24,6 | 10,5 | 174,5 | 23,6 | 10,5 | 180,2 | 18,1 | 6,4 | 154,7 |
| P120N60 | 22,2 | 8,1 | 157,4 | 25,7 | 12,6 | 196,2 | 20,6 | 8,9 | 176,1 |
| P120N90 | 16,7 | 2,6 | 118,4 | 18,9 | 5,8 | 144,3 | 15,4 | 3,7 | 131,6 |
| P150N90 | 17,5 | 3,4 | 124,1 | 18,9 | 5,8 | 144,3 | 15,6 | 3,9 | 133,3 |
| НСР | 0,52 |  |  | 2,30 |  |  | 1,20 |  |  |
| m% | 0,18 |  |  | 0,80 |  |  | 0,42 |  |  |

Таблица 12 - Влияние удобрений на урожайность сорта горчицы Профи, 2019-2021 гг (ц/га)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено, кг д.в. | Годы | | | | | | | | |
| 2019 | | | 2020 | | | 2021 | | |
| ц/га | урожай на «О»  и прибавка к нему, ц | % | ц/га | урожай на «О»  и прибавка  к нему, ц | % | ц/га | урожай на «О»  и прибавка к нему, ц | % |
| О | 19,1 | - | 100,0 | 18,3 | - | 100,0 | 15,6 | - | 100,0 |
| N30 | 19,2 | 0,1 | 100,5 | 20,3 | 2,0 | 110,9 | 15,4 | -0,2 | 98,7 |
| N60 | 20,7 | 1,6 | 108,4 | 20,4 | 2,1 | 111,5 | 15,1 | -0,5 | 96,8 |
| Р60 | 21,9 | 2,8 | 114,7 | 24,7 | 6,4 | 135,0 | 16,6 | 1,0 | 106,4 |
| Р90 | 22,8 | 3,7 | 119,4 | 30,9 | 12,6 | 168,9 | 19,4 | 3,8 | 124,4 |
| Р120 | 25,0 | 5,9 | 130,9 | 28,8 | 10,5 | 157,4 | 21,0 | 5,4 | 134,6 |
| P150 | 24,8 | 5,7 | 129,8 | 27,2 | 8,9 | 148,6 | 23,2 | 7,6 | 148,7 |
| P180 | 23,9 | 4,8 | 125,1 | 23,0 | 4,7 | 125,7 | 20,3 | 4,7 | 130,1 |
| P210 | 20,9 | 1,8 | 109,4 | 20,7 | 2,4 | 113,1 | 19,3 | 3,7 | 123,7 |
| P90N30 | 30,2 | 11,1 | 158,1 | 31,0 | 12,7 | 169,4 | 16,7 | 1,1 | 107,1 |
| P60N60 | 27,7 | 8,6 | 145,0 | 33,2 | 14,9 | 181,4 | 20,5 | 4,9 | 131,4 |
| P120N60 | 29,8 | 10,7 | 156,0 | 35,2 | 16,9 | 192,3 | 24,4 | 8,8 | 156,4 |
| P120N90 | 25,6 | 6,5 | 134,0 | 29,0 | 10,7 | 158,5 | 18,1 | 2,5 | 116,0 |
| P150N90 | 23,3 | 4,2 | 122,0 | 30,5 | 12,2 | 166,7 | 16,9 | 1,3 | 108,3 |
| НСР | 1,68 |  |  | 1,60 |  |  | 1,70 |  |  |
| m% | 0,58 |  |  | 0,55 |  |  | 0,59 |  |  |

Таким образом, исследования показали, что отзывчивость сортов горчицы на удобрения определяется совокупностью факторов, среди которых наибольшее значение играет содержание и соотношение элементов питания в почве, уровень обеспеченности ими культуры, а также влагообеспеченность.

Дозы должны определяться индивидуально для каждого поля с учетом всех факторов, от которых зависит их эффективность. Но для этого необходимо установить количественную взаимосвязь между факторами и действием удобрений, что и является целью дальнейших исследований.

# Биологическая урожайность горчицы в целом зависят от погодных условий и влияют на развитие корневой системы, на количество ветвей, стручков и количество семян с одного растения, что в результате отражается на фактической урожайности посевов [328 176]. У горчицы самым подходящим соотношением является масса 1000 семян и число семян в стручке [308].

# Анализ данных структуры урожая (таблица 13) растений горчицы показывает, что одним из показателей является число растений на 1 м2. По вариантам опыта она менялась от 1,0 до 20,0% в посевах горчицы сорта Рушена и по Профи от 1,1 до 31,6%. На азотных вариантах этот показатель не показал себя. Фосфорные удобрения по сорту Профи в дозе P150 существенно повышаются в сравнении с контролем (23,2%), азотно-фосфорные – в дозе P90N30 и P60N60 соответственно 31,6%. По сорту Рушена – фосфорные варианты P180 превышают контроль на 20,0%, азотно-фосфорные - P150N90 (17,0%). Изменение числа стручков и числа семян так же привело к тем же изменениям, что и предыдущий показатель, тенденция влияния сохраняется.

Относительно естественного фона меняются и другие показатели структуры: масса 1000 семян и биологическая урожайность горчицы. Самый меньший показатель массы 1000 семян является вариант с внесением P120N90 – 10,2% и больший вариант P60 - 18,4% (сорт Рушена), соответственно по сорту Профи - P210 - 8,9%, и P120N90 – 19,6%. Биологическая урожайность соответствует показателю фактической урожайности растений сортов горчицы. Надо отметить, что самый высокий показатель был у сорта Рушена по варианту P180 - 40,1 ц/га и P120N60 – 42,2 ц/га, дальнейшее увеличение доз удобрений уменьшало урожай культуры. Показания биологической урожайности по сорту Профи следующие: P180 - 41,3 ц/га и P120N60 – 41,6 ц/га.

Таблица 13 – Структура урожая сортов горчицы за годы исследований (2019-2021 гг)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено, кг д.в. | Рушена | | | | | Профи | | | | |
| Число растений на 1 м2, шт | Число стручков с 1 растения, шт | Число семян с 1 растения, шт | Масса 1000 семян, | Биологическая урожайность, ц/га | Число растений на 1 м2, шт | Число стручков с 1 растения, шт | Число семян с 1 растения, шт | Масса 1000 семян, | Биологическая урожайность, ц/га |
| О - контроль | 100 | 50 | 11 | 4,9 | 27,3 | 95 | 53 | 12 | 5,6 | 33,6 |
| N30 | 95 | 51 | 13 | 4,2 | 26,8 | 93 | 55 | 11 | 5,8 | 32,2 |
| N60 | 93 | 48 | 14 | 4,4 | 26,9 | 96 | 56 | 10 | 5,6 | 31,1 |
| Р60 | 101 | 48 | 10 | 5,8 | 28,3 | 103 | 58 | 11 | 6,3 | 39,2 |
| Р90 | 105 | 58 | 11 | 4,7 | 30,2 | 113 | 60 | 11 | 5,2 | 39,6 |
| Р120 | 103 | 58 | 10 | 5,1 | 30,6 | 115 | 55 | 12 | 5,3 | 39,8 |
| P150 | 117 | 67 | 10 | 4,9 | 38,5 | 117 | 58 | 12 | 5,1 | 40,3 |
| P180 | 120 | 69 | 10 | 4,7 | 40,1 | 115 | 60 | 11 | 5,3 | 41,3 |
| P210 | 110 | 68 | 8 | 4,8 | 28,6 | 90 | 56 | 12 | 6,1 | 37,8 |
| P90N30 | 114 | 71 | 10 | 4,8 | 39,6 | 125 | 42 | 16 | 5,2 | 42,2 |
| P60N60 | 110 | 55 | 8 | 5,6 | 27,9 | 125 | 44 | 12 | 5,4 | 35,4 |
| P120N60 | 115 | 65 | 12 | 4,7 | 42,2 | 118 | 56 | 10 | 6,6 | 41,6 |
| P120N90 | 115 | 70 | 12 | 5,4 | 28,0 | 117 | 60 | 8 | 6,7 | 35,7 |
| P150N90 | 117 | 72 | 7 | 4,7 | 27,6 | 99 | 60 | 12 | 5,2 | 38,0 |

Из вышеизложенного следует, что из изучаемых показателей структуры урожая сортов горчицы лучшим являются повышенные дозы фосфорных удобрений и из азотно-фосфорных вариант P120N60 по сравнению с неудобренным агрохимическим фоном.

**Влияние почвенных условий и удобрений на содержание масла.** Содержание масла (жира) в семенах горчицы является основным и важным показателем качества. Положительное действие удобрений не ограничивается лишь урожайностью. Не менее важную роль играет и качество жира в зерне горчицы. Как и урожайность, наилучшие показатели по содержанию жира получены по сорту Профи, чем Рушена, больше на 4,8-7,1% (таблица 14, приложение Ж).

В целом, азотные удобрения не способствовали повышению жира зерна горчицы. Более того, наблюдалась явная тенденция к его снижению независимо от уровня обеспеченности почв азотом.

Фосфорные удобрения положительно влияли на накопление жира. Содержание жира варьировала от 28,6 до 30,4% по сорту Рушена, 35,6-37,5% - по сорту Профи. Наилучшие результаты получены соответственно по вариантам Р120-Р150, что говорит о разных требованиях сортов горчицы на почвенные условия.

Таблица 14 - Масличность горчицы в годы исследований, %

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Внесено, кг д.в. | Сорт Рушена | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | ±  к контролю | | 2020 | ±  к | | | 2021 | ±  к | | Среднее за 3 года | | ±  к |
| О | 28,1 | - | | 28,9 | - | | | 27,3 | - | | 28,1 | |  |
| N30 | 28,7 | 0,6 | | 33,6 | 4,7 | | | 31,8 | 4,5 | | 32,7 | | 4,6 |
| N60 | 28,3 | 0,2 | | 30,9 | 2 | | | 25,7 | -1,6 | | 28,3 | | 0,2 |
| Р60 | 28,6 | 0,5 | | 30,6 | 1,7 | | | 26,6 | -0,7 | | 28,6 | | 0,5 |
| Р90 | 29,6 | 1,5 | | 31,4 | 2,5 | | | 27,8 | 0,5 | | 29,6 | | 1,5 |
| Р120 | 29,8 | 1,7 | | 31,6 | 2,7 | | | 27,9 | 0,6 | | 29,1 | | 1 |
| P150 | 30,4 | 2,3 | | 32,3 | 3,4 | | | 28,5 | 1,2 | | 30,4 | | 2,3 |
| P180 | 29,1 | 1 | | 31,4 | 2,5 | | | 28,8 | 1,5 | | 29,1 | | 1 |
| P210 | 29 | 0,9 | | 27,7 | -1,2 | | | 30,3 | 3 | | 29 | | 0,9 |
| НСР05 |  |  | |  |  | | |  |  | | 3,21 | |  |
| m% |  |  | |  |  | | |  |  | | 1,08 | |  |
| Сорт Профи | | | | | | | | | | | | | |
| О | 32,9 | |  | 35,3 | |  | 30,5 | |  | 32,9 | |  | |
| N30 | 35,2 | | 2,3 | 35,9 | | 0,6 | 34,5 | | 4 | 35,2 | | 2,3 | |
| N60 | 35,8 | | 2,9 | 36,6 | | 1,3 | 35 | | 4,5 | 35,8 | | 2,9 | |
| Р60 | 35,6 | | 2,7 | 34,5 | | -0,8 | 36,7 | | 6,2 | 35,6 | | 2,7 | |
| Р90 | 36,9 | | 4 | 36,5 | | 1,2 | 37,3 | | 6,8 | 36,9 | | 4 | |
| Р120 | 37,5 | | 4,6 | 40,1 | | 4,8 | 34,9 | | 4,4 | 37,5 | | 4,6 | |
| P150 | 35,6 | | 2,7 | 37,1 | | 1,8 | 34,1 | | 3,6 | 35,6 | | 2,7 | |
| P180 | 34,9 | | 2 | 34,6 | | -0,7 | 35,2 | | 4,7 | 34,9 | | 2 | |
| P210 | 34,3 | | 1,4 | 36,3 | | 1,0 | 32,3 | | 1,8 | 34,3 | | 1,4 | |
| НСР05 |  | |  |  | |  |  | |  | 2,64 | |  | |
| m% |  | |  |  | |  |  | |  | 0,89 | |  | |

Из приведенных выше данных по продуктивности и качеству зерна горчицы видно насколько важно учитывать при внесении удобрений не только содержание, но и соотношение элементов, как в почве, так и в удобрениях.

Таким образом, изучение качественных показателей семян горчицы, как масличность, требует дальнейших исследований по многим факторам: почвенно-климатические условия, особенности агротехники, сортовые различия, условия питания и т.д. Поэтому растущий интерес к горчице приводит к необходимости выращивания сортов, приспособленного к определенным почвенно-климатическим условиям местности, которые будут давать стабильно высокие урожаи семян и масла с единицы площади.

**4 ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ПОЧВЕННОГО ПИТАНИЯ ГОРЧИЦЫ**

**Значение гумуса, рН почвенной среды и поглощенных оснований в оптимизации питания горчицы.** Важнейшим фактором почвенного плодородия является гумус - сложный комплекс органических соединений. В любой почве гумусовые вещества представлены гуминовыми кислотами, фульвокислотами и их солями. Гумусовые вещества оказывают непосредственное влияние на важнейшие физико-механические и биологические свойства почвы, ее пищевой режим. Гумусовые соединения принимают активное участие в процессах видоизменения элементов питания, их передвижения в почвенном профиле и доступность растениям [305-307].

Почва состоит из минеральной и органической частей. В минеральной части почвы имеются обломки породы разной степени выветривания, содержащие иногда значительные количества некоторых необходимых элементов Р, К, и другие. Что же касается органической части почвы, то получающийся в результате разложения растительных остатков почвенной перегной содержит необходимые растениям питательные вещества, примерно соответствующих потребностям растений, но в соединениях на доступных для них - усвояемую форму питательные вещества переходят при последующей минерализации. Органика почвы является постоянным источником усвояемой для растений пищи. Она может ещё удовлетворять потребность растений большей или меньшей степени в зависимости от интенсивности биологических процессов разложения. Вопросы питательного режима рассматриваются с точки зрения мобилизации запасов питательных веществ приемами полевой культуры, не касаясь вопросов применения искусственных удобрений. Этот путь обеспечения своими питательными веществами является объектом огромного числа агрохимических исследований, и освещения его представляет самостоятельную задачу [69].

В полевых стационарных условиях проводились опыты по влиянию удобрений на повышение гумуса почвы, что возможно только при длительном их действии и при совместном применении органических и минеральных удобрений. Содержание гумуса повышается на 0,3-0,5%. А внесение только одних минеральных удобрений наблюдается уменьшение гумуса на 0,2-0,3% и отрицательный баланс гумуса, что влияет на накопление сухого вещества. И набольшая урожайность отмечена при их совместном использовании [308].

Из таблицы 23 видно, содержание гумуса под посевами горчицы характерное для чернозема южного карбонатного малогумусного и остается на уровне от 3,8 до 4,0% в среднем за 2019-2021 гг, что свидетельствует об однородности опытного поля.

Данные о содержании гумуса отличались по концентрации значений, близких к среднему значению. Величина относительно среднего значения составил 0,1925-0,540%, коэффициент вариации 3,0-6,0%, что означает об однородности совокупности. Результаты содержания гумуса в 2019-2021 гг. показывают, что его количество не зависит от вида и дозы внесенных удобрений, но и при таком его уровне можно получать высокий урожай горчицы.

Таблица 23 - Содержание гумуса под посевами горчицы в годы исследований (2019-2021гг),%

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Внесено,  кг д.в./га | 2019 | 2020 | 2021 |
| О - контроль | 3,9±0,0500 | 3,9± 0,1528 | 3,8±0,1000 |
| N60 | 3,9±0,1528 | 4,0±0,1000 | 3,8± 0,200 |
| Р90 | 3,9±0,000 | 4,0± 0,200 | 3,8±0,200 |
| P150 | 3,7±0,0500 | 4,1±0,265 | 3,8±0,300 |
| P210 | 3,8±0,0500 | 4,1±0,265 | 3,7±0,361 |
| P60N60 | 3,6± 0,0500 | 4,2± 0,265 | 3,8± 0,361 |
| P120N90 | 3,7±0,0250 | 3,9±0,1000 | 3,8± 0,200 |
| Lim٭ | 4,1-3,6 | 3,8-4,4 | 3,6-4,2 |
| M±m\* | 3,80±0,540 | 4,02±0,1925 | 4,3±0,2174 |
| V\*\*\*, % | 3,0 | 5,0 | 6,0 |
| \* – минимальное и максимальное значение; \*\* – среднее значение и стандартное отклонение; \*\*\* – коэффициент вариации | | | |

Наряду с гумусом важную роль в жизнедеятельности растений играет реакция среды рН. Это свойство почвы, обусловленное наличием водородных ионов в почвенном растворе и обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе.

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биологических процессов, усвоение растениями питательных веществ, минерализацию органических веществ, разложение почвенных минералов и растворение труднорастворимых соединений. Коагуляция и пептизация коллоидов и другие физиологические процессы в сильной степени зависят от почвенной реакции. Она оказывает влияние на эффективность вносимых в почву удобрений. Удобрения, в свою очередь, могут изменять реакцию почвенного раствора, подкислять или подщелачивать ее. Высокая кислотность способствует фиксации железа и некоторых элементов, которые переходят в формы, не усвояемые растениями, что вызывает хлороз и снижение урожая. Влияние рН на поступление веществ связано также с различной растворимостью СО2, избыточное количество которого в растворе (свыше 2-3%) угнетает поглощение катионов [309].

Различные растения по-разному относятся к реакции среды – имеют неодинаковый интервал рН, благоприятный для их роста и развития и обладают разной чувствительностью к отклонению реакции от оптимальной.

Как отмечает И.С.Кауричев [310], отклонение рН среды от оптимального характеризуется тем, что ухудшается рост и ветвление корней, изменяется физико-химическое состояние плазмы клеток корня и поэтому ухудшается использование растением питательных веществ из почвы и удобрений, т.е. она оказывает сильное отрицательное прямое и косвенное действия

Помимо непосредственного отрицательного действия на растения почвенной концентрации ионов водорода кислотность оказывает на растения многостороннее косвенное действие. Водород, вытесняя кальций из почвенного гумуса, повышает его дисперсность и подвижность, а насыщение водородом минеральных коллоидных частиц приводит к их постепенному разрушению, т.е. для лучшего роста и развития растений необходимо создать благоприятные в кислотном отношении условия. Только при таких условиях и при оптимальном воздействии других факторов, возможно получить максимальный выход урожая зерновых и других культурных растений [311].

Прямое действие повышенной концентрации ионов водорода заключается в нарушении коллоидно-химических свойств протоплазмы растительных клеток, изменении в неблагоприятную сторону концентрации органических кислот в клеточном соке.

От рН почвенной среды может зависеть урожай культур, так как она снижает прорастание семян [312].

Многочисленные исследования разных авторов позволили установить оптимальную реакцию среды для отдельных растений: ячменя – 6,8-7,5, яровой пшеницы - 6,0-7,5, озимой пшеницы - 5,5-6,0, кукурузы - 7,0-7,5 [313].

Исследования проведенные Е.Д.Волковым [314] во ВНИИЗХ на южном карбонатном черноземе показали, что при снижении рН почвы с 7,9 до 7,0 прибавки урожая зерна возрастают, затем снижаются.

В Северном Казахстане растения чаще всего страдают не от высокой кислотности, а от избыточной щелочности почвенного раствора, что обусловлено как высокой карбонатностью, так и повышенным содержанием в почвенном поглощающем комплексе Na и Mg, что характерно для комплексных почв [310].

В наших опытах рН почвы отображено, что она варьировала незначительно в 2019 г. от 7,59 до 7,77, в 2020 г. - от 7,60 до 7,68 и в 2021 г. – между 7,55 и 7,74.

Таблица 24 – рН в почве в посевах горчицы в слое почвы 0-20 см

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений, кг д.в. | Годы | | | Среднее за 3 года |
| 2019 | 2020 | 2021 |
| О | 7,59 | 7,64 | 7,55 | 7,59 |
| N60 | 7,68 | 7,64 | 7,57 | 7,63 |
| Р90 | 7,70 | 7,68 | 7,64 | 7,67 |
| P150 | 7,74 | 7,68 | 7,67 | 7,70 |
| P210 | 7,78 | 7,56 | 7,74 | 7,69 |
| P60N60 | 7,77 | 7,60 | 7,75 | 7,71 |
| P120N90 | 7,63 | 7,63 | 7,64 | 7,63 |
| Среднее | 7,70 | 7,63 | 7,65 | 7,66 |

Среди других факторов плодородия почв, играющих важную роль в питании растений, являются состав почвенного поглощающего комплекса (ППК). Состояние почвенного поглощающего комплекса оказывает многостороннее влияние на процессы корневого питания растений. К.К.Гедройц говорил, что все свойства почв, которые в конечном счете обусловливают величину получаемого урожая, зависят в той или иной степени от характера и состава почвенного поглощающего комплекса.

С характером почвенного поглощающего комплекса связаны содержание питательных веществ в почве, их подвижность и доступность растениям, поведение вносимых удобрений, что определяет режим питания растений и специфику системы применения удобрений на различных почвах.

Большое значение для плодородия почв имеет общее количество способных к обмену катионов, что называют емкостью поглощения и чем обычно характеризуется обменная поглотительная способность почвы.

В значительной мере показателями почвенного поглощающего комплекса определяются дозы, сроки и способы внесения удобрений.

Особое место в почвенном поглощающем комплексе (ППК) занимает кальций. Он является сильным структурообразователем в почве.

Кальций содержится во всех растительных органах. Он оказывает положительное действие на рост надземных органов растений. Его недостаток сказывается, прежде всего, на деятельности корневой системы. На корнях перестают образовываться корневые волоски, через которые из почвы поступает основная масса питательных веществ и воды. Кальций усиливает обмен веществ в растениях, играет важную роль в передвижении углеводов [313].

Магний входит в состав хлорофилла, фитина, участвует в синтезе азотсодержащих соединений. Вместе с кальцием они занимают в ППК до 90%.

Т.Н.Кулаковская [315] отмечает, что увеличение суммы поглощенных оснований на единицу сопровождалось ростом урожая ячменя на 0,06-0,14 т/га, а при увеличении степени насыщенности основаниями на 10% урожай зерна возрастает на 0,1-0,2 т/га.

В исследованиях, проведенных с основными полевыми культурами, возделываемыми в Белоруссии, коэффициенты корреляции урожая с содержанием питательных веществ в почве оказались ниже, чем с характеристиками ППК.

В.Г.Черненок [127] отмечает, что содержание кальция и магния значительно влияло на урожайность яровой пшеницы. Максимальный урожай формировался при 18,0-20,0 мг/кг-экв. 100 г почвы. Повышение до 30,0 мг/экв. снижало урожайность.

Наши исследования показали (таблица 19), что сумма поглощенных оснований Ca+2 и Mg+2, за годы исследований изменялась: в 2019 г. от колебалась на уровне 22,8-26,0 мг-экв/100 г почвы, в 2020 г. – в пределах 24,5 и 29,2 мг-экв/100 г почвы, в 2021 г – 21,27-23,5 мг-экв/100 г почвы.

Таблица 25 – Содержание Са+Mg в почве под посевом горчицы в слое почвы 0-20, см

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений,  кг д.в./га | Годы | | |
| 2019 | 2020 | 2021 |
| О - контроль | 22,8 | 24,5 | 21,27 |
| N60 | 25,4 | 27,7 | 23,2 |
| Р90 | 25,1 | 28,2 | 22,0 |
| P150 | 26,0 | 28,5 | 23,5 |
| P210 | 25,7 | 28,2 | 23,2 |
| P60N60 | 25,4 | 29,2 | 21,7 |
| P120N90 | 23,7 | 25,2 | 22,2 |
| Среднее | 24,9 | 27,4 | 22,4 |

Как видно из таблицы 25 сумма Са и Mg отличалась непостоянством по годам и варьировала.

**Оптимизация условий азотного питания горчицы.** Азотное питание культур необходимо для получения высококачественного урожая. В наших исследованиях изучение содержания и динамики минерального азота в почве показало, что основную роль в питании растений азотом играет азот нитратов. Однако, между содержанием азота нитратов в почве и урожайностью сортов горчицы не установлена зависимость. Гидротермические условия в годы исследований (2019-2021 гг) повлияли на азотное питание сортов горчицы. Засушливые условия произрастания не дали должного результата по применению азотных удобрений. Поэтому нет возможности проследить оптимизацию азотного питания сортов горчицы.

**Оптимизация условий калийного питания горчицы.** Оптимальный уровень обеспеченности почвы подвижными формами калия зависит от взаимодействия почвенных факторов: гранулометрического состава, содержания гумуса, кислотности и других свойств.

В силу слабого варьирования К2О в почве существенная и достоверная связь урожайности горчицы с содержанием подвижного калия нами практически не получена. Причиной же низкой связи перечисленных выше факторов с урожайностью нута могла быть относительно не высокая степень их варьирование в годы исследований.

Из всего изложенного очевидно насколько важно иметь для нормального роста и развития растений все необходимые элементы питания в оптимальном количестве. Недостаток и избыток их, отрицательно сказывается на функционировании растений, что в конечном счете, отражается на урожайности культур.

Определение основных агрохимических факторов определяющих формирование урожайности и эффективности удобрений их оптимальных параметров, с использованием разработанных приемов их достижения, обеспечивает реализацию потенциальной продуктивности нута, при одновременном повышении качества продукции: позволяет с высокой точностью определить дозу удобрений, полностью исключает шаблон в применении удобрений, непроизводительную их трату, гарантирует экономическую эффективность и экологическую безопасность применения азотных удобрений и как уже отмечено позволяет целенаправленно управлять плодородием почв, создавая оптимальный уровень питания возделываемой культуры.

**Оптимизация условий фосфорного питания горчицы.** Установление оптимального предела, а также количественных связей содержания Р2О5 в почве с урожайностью и отзывчивостью на удобрения, позволят целенаправленно управлять питанием горчицы и плодородием почв, используя формулу оптимизации В.Г. Черненок:

Др = (Ропт – Рфакт) \* 10, где (2)

Др – доза удобрения необходимую внести для доведения содержания фосфора до оптимального уровня;

Ропт – установленный оптимальный уровень Р2О5 для культуры, сорта (нижняя граница);

Рфакт – фактическое содержание фосфора в почве мг/кг почвы в слое 0-20 см перед посевом или накануне осенью на данном поле;

10 – эквивалент фосфорных удобрений на 1 мг/кг Р2О5 в почве.

Самая высокая и тесная связь урожайности горчицы сорта Рушена установлена с содержанием подвижного фосфора в почве, рисунок 6-9.

Мы установили тесную корреляцию (R=0,98) продуктивности горчицы с содержанием подвижного фосфора в почве перед посевом в 2019 году, рисунок 6. Эта связь выражена следующим уравнением:

У=-0,0358х2+2,4568х-20,654 (3)

В условиях 2020 года, рисунок 7, самый высокий урожай – 20,5 ц формировался при содержании Р2О5 в слое 0-20 см на уровне 32 мг/кг почвы. Уравнение регрессионно-коррелятивной связи следующее:

У=-0,0306х2+2,2443х-19,866 (4)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рисунок 6 - Связь урожайности горчицы сорта Рушена с P2O5 в почве, 2019 г., R=0,98 | Рисунок 7 - Связь урожайности горчицы сорта Рушена с P2O5 в почве, 2020 г., R=0,93 |

А в 2021 г. – также на фоне 32 мг, рисунок 8. Уравнение имеет следующий вид:

У=-0,0242х2+1,5818х-8,87853 (5)

Для увеличения содержания фосфора от 32 до 36 мг/кг (пик) требуется внесение 40 кг аммофоса, что дает повышение прибавки урожая горчицы всего до 1 ц/га, что экономически не оправданно. Поэтому оптимум определяется не по пику, а по уровню, который экономически оправдан.

Из приведенных данных очевидно, что оптимальный уровень содержания подвижного фосфора в слое 0-20 см находится на уровне 30-32 мг, что и видно из рисунка 9 по объединенным показателям 2019-2020 гг. В условиях 2021 года, несмотря на засушливый год высокий коэффициент корреляции и высокую прибавку урожая от Р150 получено также по фону 32 мг Р2О5. Уравнение имеет следующий вид:

У=-0,0333х2+2,354-20,276 (6)

Уровень 42,7 мг/кг Р2О5 в почве, созданный в 2020 г. дозой Р180 был избыточным для горчицы, несмотря на получение 9,9 ц прибавки урожая, что не окупается затратами по внесению удобрений. Явное снижение урожая и видно на рисунках 7 и 9. Содержание Р2О5 выше 36 мг/кг почвы еще более снижает окупаемость затрат горчицы. В условиях степной зоны 32 мг/кг следует рассматривать как верхний уровень оптимального содержания Р2О5 для горчицы.

Оптимум в содержании подвижного фосфора в почве определился на уровне 30-32 мг/кг почвы.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рисунок 8 – Связь урожайности горчицы сорта Рушена с P2O5 в почве, 2021 г., R=0,98 | Рисунок 9 – Связь урожайности горчицы сорта Рушена с P2O5 в почве, 2019-2021гг., R=0,92 |

При анализе оптимума содержания в почве при выращивании горчицы сорта Профи прослеживается следующим образом.

В благоприятном 2019 году самый высокий урожай горчицы 24,5 ц/га формировался на фоне 34-36 мг Р2О5на кг почвы в слое 0-20 см (рисунок 10). Эта связь подчиняется уравнению:

У=-0,0282х2+1,9902х-10,489 (7)

В 2020 году максимальную урожайность формировался на фоне – 32-34 мг Р2О5на кг почвы (r=0,96) (рисунок 11). Эта связь подчиняется уравнению:

У=-0,0657х2+4,4786х-46,908 (8)

Высокая корреляционная связь (r=0,93) в 2021 году по этому же сорту позволила определить оптимальный фон – 30-32 мг Р2О5на кг почвы, где формировалась самая высокая урожайность – 21,5 ц/га (рисунок 12). Эта связь подчиняется уравнению:

У=-0,0467х2+2,908-23,655 (9)

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рисунок 10 – Связь урожайности горчицы сорта Профи с P2O5 в почве, 2019 г., R=0,97 | Рисунок 11 – Связь урожайности горчицы сорта Профи с P2O5 в почве, 2020 г., R=0,96 |

Последнее подтверждается как результатами действия удобрений, о чем сказано выше, так и корреляционно-регрессионным анализом.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рисунок 12 – Связь урожайности горчицы сорта Профи с P2O5 в почве, 2021 г., R=0,93 | Рисунок 13 – Связь урожайности горчицы сорта Профи с P2O5 в почве, 2019-2021гг., R=0,85 |

Определение оптимальных уровней содержания в почве фосфора позволяет с высокой точностью, используя уже известные формулы [10]: Др = (Ропт - Pфакт)\*10, рассчитать дозу удобрений которую необходимо внести что бы создать оптимальные условия минерального питания горчицы для формирования потенциально возможного урожая в складывающихся условиях увлажнения. При расчете доз удобрений целесообразно использовать нижний предел оптимума.

для горчицы Др=(30-32-Рфакт)\*10, где (10)

10 - эквивалент фосфорных удобрений на 1 мг/кг Р2О5 в почве.

Таким образом, проведенные исследования позволили изучить отношение горчицы к условиям почвенного питания, его отзывчивость на удобрения, определить основные факторы, определяющие их эффективность; установить количественную связь урожайности с основными агрохимическими свойствами почвы и определить их оптимальные параметры, обеспечивающие формирование потенциально возможного урожая в складывающихся условиях увлажнения.

В результате проведенных научных исследований определены оптимальные дозы минеральных удобрений при возделывании горчицы в условиях степной зоны Северного Казахстана с целью повышения продуктивности и повышения конкурентоспособности растениеводческой продукции на внутреннем и внешнем рынках.

Горчица требовательна к условиям минерального питания в почве. Оценка обеспеченности почв доступными формами элементов питания растений имеет огромное значение для выработки наиболее оптимальной системы применения удобрений и получения максимальной экономической отдачи. Поэтому важно дать оценку элементам питания для растений, принимающие участие в основных функциях растительного организма и отметить, что они не все одинаково усваивают их из почвы и удобрений. Это необходимо учитывать при внесении минеральных удобрений.

**5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЕМОВ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ГОРЧИЦЫ**

При изучении того или иного агротехнического приема, наряду с агротехническим эффектом, значение имеет оценка экономической целесообразности его применения. Метод экономической оценки в отличие от агрономической, выражаемой лишь абсолютными натуральными показателями, дает возможность соизмерять стоимость производимой продукции с издержками и на этой основе выявлять наибольший уровень эффекта.

Применение удобрений связано с большими затратами средств. В хозяйствах, интенсивно использующих удобрения, затраты на них в структуре себестоимости продукции растениеводства составляют свыше 20-25%. Поэтому вопросы учёта экономической эффективности этих средств имеют большое производственное значение.

Выбор показателей в целях наиболее полной оценки экономической эффективности удобрений определяется конкретными задачами исследования. При определении экономической эффективности применения удобрений рекомендуется ограничиваться учётом дополнительно полученной продукции на единицу площади (1 га) и единицу действующего вещества удобрений, дохода на 1 га и 1 тенге затрат, израсходованных на применение удобрений, величиной дохода, полученного с 1 га удобренной площади и рентабельностью.

Оптимум определяется не по содержанию подвижного фосфора в почве, где получен максимальный урожай, а по экономическим показателям.

Расчеты экономической эффективности показали (таблица 26, приложение К), что применение фосфорных удобрений под горчицу высокоокупаемы. Проведенные исследования показали отзывчивость сортов горчицы на фосфорные удобрения при низком содержании подвижного фосфора в почве. Эффективность применяемых удобрений определяется уровнем содержания элементов питания в почве, условиями влагообеспеченности, температурным режимом и биологическими особенностями сортов горчицы.

Таблица 26 – Экономическая эффективность применения удобрений под горчицу (среднее за 2019-2021 гг.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений, кг д.в./га | | Прибавка,  ц/га | | | Стоимость  дополнительно  полученной  продукции, тг | | | Затраты  на удобрения,  тг/га | Чистый  доход, тг/га | | | Окупаемость  затрат, тг | | Рентабельность, % |
| Сорт Рушена | | | | | | | | | | | | | | |
| N30 | | | 0,4 | | 10400 | | 7872 | | | 2528 | | 1,3 | 32 | |
| N60 | | | 0,6 | | 15600 | | 15360 | | | 240 | | 1,0 | 2 | |
| Р60 | | | 4,2 | | 109200 | | 21840 | | | 87360 | | 5,0 | 400 | |
| Р90 | | | 5,7 | | 148200 | | 33600 | | | 114600 | | 4,4 | 341 | |
| Р120 | | | 5,7 | | 148200 | | 43680 | | | 104520 | | 3,4 | 239 | |
| P150 | | | 6,6 | | 171600 | | 46200 | | | 125400 | | 3,7 | 271 | |
| P180 | | | 7 | | 182000 | | 65520 | | | 116480 | | 2,8 | 178 | |
| P210 | | | 4,3 | | 111800 | | 77280 | | | 34520 | | 1,4 | 45 | |
| P90N30 | | | 11,8 | | 306800 | | 41472 | | | 265328 | | 7,4 | 640 | |
| P60N60 | | | 9,1 | | 236600 | | 37200 | | | 199400 | | 6,4 | 536 | |
| P120N60 | | | 9,8 | | 254800 | | 151560 | | | 103240 | | 1,7 | 68 | |
| P120N90 | | | 4 | | 104000 | | 67680 | | | 36320 | | 1,5 | 54 | |
| P150N90 | | | 4,3 | | 111800 | | 18200 | | | 93600 | | 6,1 | 514 | |
| Сорт Профи | | | | | | | | | | | | | | |
| N30 | 0,6 | | | 15600 | | 7872 | | | | | 7728 | 2,0 | | 98 |
| N60 | 1 | | | 26000 | | 15360 | | | | | 10640 | 1,7 | | 69 |
| Р60 | 1,8 | | | 46800 | | 21840 | | | | | 24960 | 2,1 | | 114 |
| Р90 | 3,7 | | | 96200 | | 33600 | | | | | 62600 | 2,9 | | 186 |
| Р120 | 4,5 | | | 117000 | | 43680 | | | | | 73320 | 2,7 | | 168 |
| P150 | 6,1 | | | 158600 | | 46200 | | | | | 112400 | 3,4 | | 243 |
| P180 | 6,6 | | | 171600 | | 65520 | | | | | 106080 | 2,6 | | 162 |
| P210 | 9 | | | 234000 | | 77280 | | | | | 156720 | 3,0 | | 203 |
| P90N30 | 8,3 | | | 215800 | | 41472 | | | | | 174328 | 5,2 | | 420 |
| P60N60 | 9,4 | | | 244400 | | 37200 | | | | | 207200 | 6,6 | | 557 |
| P120N60 | 12,1 | | | 314600 | | 151560 | | | | | 163040 | 2,1 | | 108 |
| P120N90 | 6,5 | | | 169000 | | 67680 | | | | | 101320 | 2,5 | | 150 |
| P150N90 | 5,9 | | | 153400 | | 18200 | | | | | 135200 | 8,4 | | 743 |

Результаты экономической оценки показали высокую эффективность и окупаемость затрат по внесению удобрений. В 2019 году наилучшие результаты были получены по Р90, при содержании подвижного фосфора 30 мг. Совместное внесение удобрение дало прибавку в урожае при Р90N30, что подтверждено экономической эффективностью. С учетом экономической эффективности в 2019 году на полученные высокую прибавку по варианту Р150 наиболее окупаемым был вариант 6,6 ц га, а вариант Р90 с окупаемостью 4,9 на уровне фосфора 29,0 и 30. Такие же результаты были получены и в 2020 году.

Не смотря на высокую прибавку в 2020 году по сортам горчицы, при расчете экономической эффективности наиболее рентабельным оказался вариант Р150 при окупаемости 4,5 тенге и при содержании фосфора 32 мг. Вариант Р90N30 при 15,3 ц/га по сравнению с другими совместными вариантами показал наиболее высокую окупаемость 9,6 тенге. Более высокую прибавку Р180 при 9,9 ц/га по экономической эффективности 3,9.

В 2021 году, была низкая продуктивность по сравнению с предыдущими годами, по всем вариантам были получены хорошие результаты, особенно по варианту Р150 на уровне 31 мг фосфора, что подтверждается регресионно-корреляционным анализом. Учитывая сильный недобор осадков, по урожаю сорт Рушена лучший результат получен 5,4 ц/га. С учетом окупаемости культур наилучший вариант был Р90. Окупаемость составила 3,2 ц/га.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В данных исследованиях впервые в условиях степной зоны Казахстана выявлено:

- урожайность горчицы находились в прямой зависимости от климатических условий, в частности, от количества осадков и запасов продуктивной влаги в почве;

- отмечено, что засушливый климат степной зоны Казахстана не является препятствием для получения достаточно устойчивого урожая семян горчицы при внесении удобрений - при низком содержании фосфора в почве на урожайность горчицы повлияли дозы фосфорных удобрений.

Исследованиями, проведенными в 2019-2021 гг. на черноземах южных степной зоны Северного Казахстана по оптимизации условий минерального питания горчицы установлено:

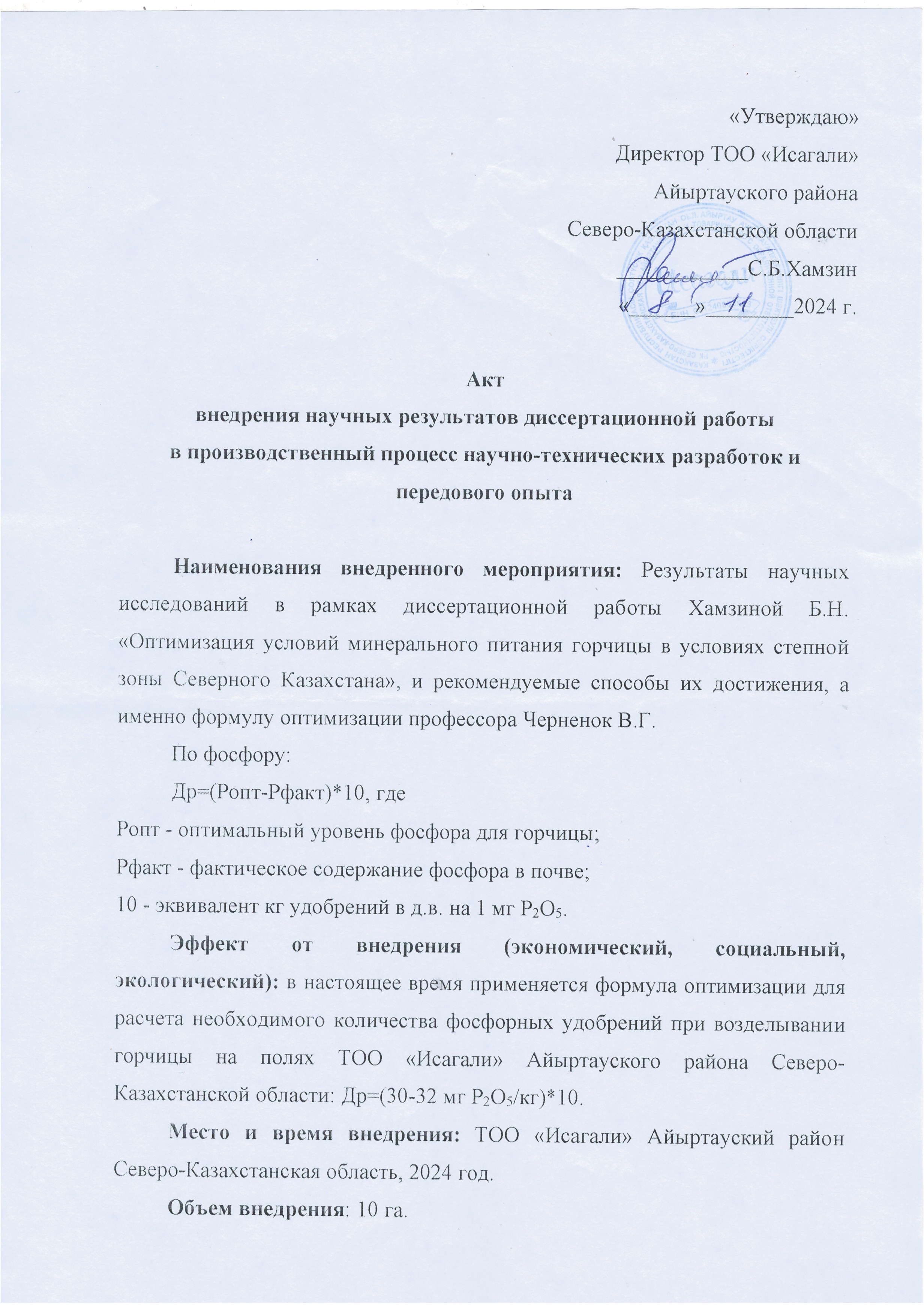
1. Горчица требовательна к уровню содержания элементов питания почвы и хорошо отзывается на внесение минеральных удобрений. Содержание нитратного азота на опытных участках в почве было в пределах 13 мг/кг почвы, подвижного фосфора – обеспеченность низкая (17,0-20,0 мг/кг), обменного калия - высокая (440-550 мг/кг). Внесение минеральных удобрений повлияло на содержание элементов питания в почве.
2. На рост и развитие и накопление надземной массы сортов горчицы существенно повлияли климатические условия годы исследований и фоны, созданные внесением азотно-фосфорных удобрений. Горчица отличается быстрым наращиванием вегетативной надземной массы на фосфорных фонах. По азотным вариантам наблюдалось медленное развитие растений горчицы, отличались более насыщенным цветом.
3. В надземной массе горчицы содержится больше калия (1,8-2,0%), азота (1,09-1,55%), меньше фосфора (0,41-0,60%). На азотных вариантах при внесении азотных удобрений наблюдается повышение азота на 0,05-0,13%, фосфора – 0,03-0,12%. Внесение азотных удобрений на содержание калия не повлияло. Такие же данные получены по химическому составу семян сортов горчицы. Для формирования 1 ц урожая вынос элементов питания варьировало по азоту – 14,0-25,0 кг/га, по фосфору – 9,0-15,0 кг/га, калия – 16,0-25,0 кг/га.
4. Продуктивность горчицы варьировала на контроле 11,7 (2021г) до 14,1 (2019 г) ц/га по сорту Рушена, 15,6 (2021 г)- 19,1 (2019) ц/га по сорту Профи. Учитывая недобор осадков и засуху в годы проведенных исследований по фону азота азотные удобрения не дали прибавки, урожай сортов горчицы был на уровне контрольного варианта (2020-2021 гг).

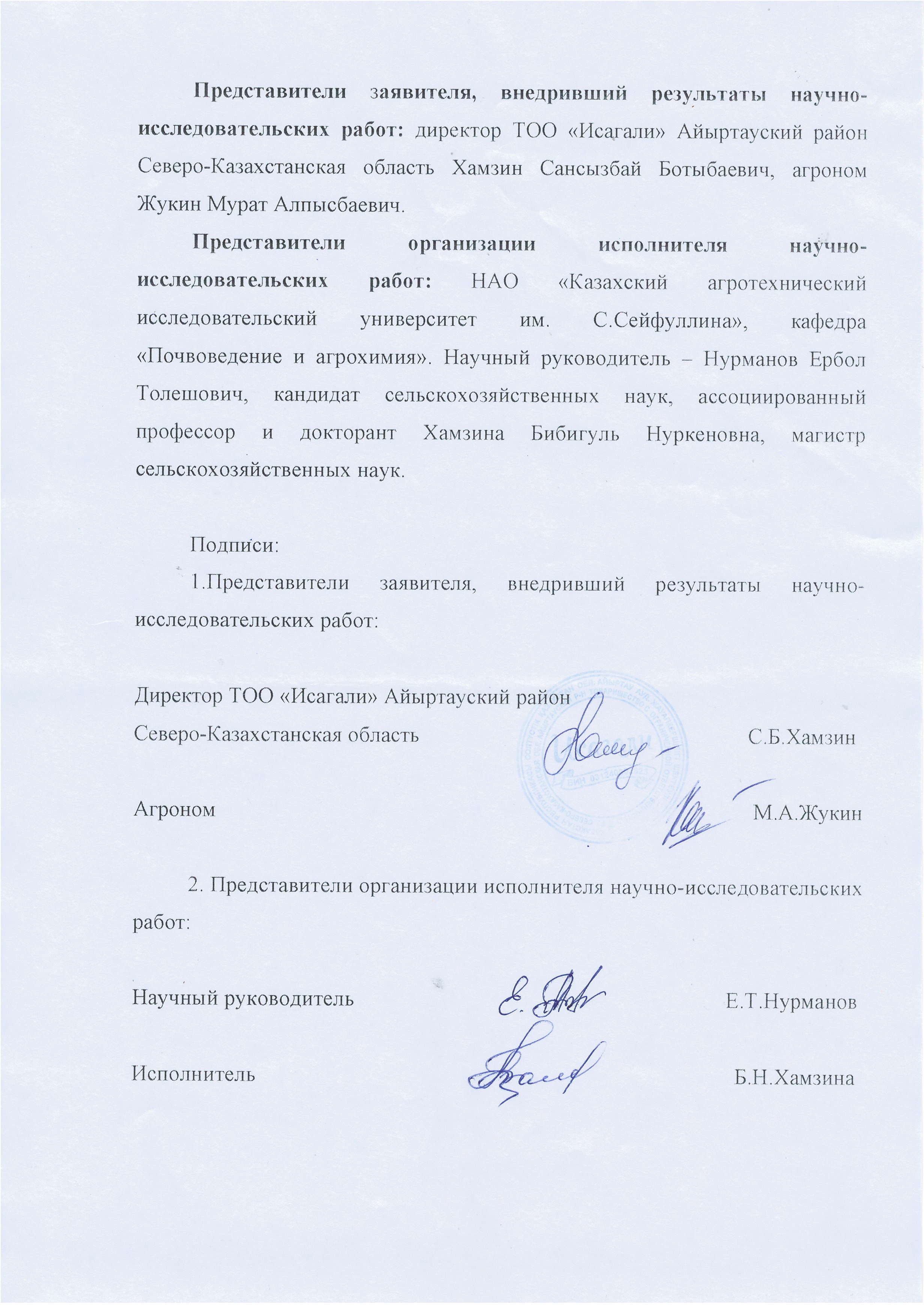
Наилучшие результаты были получены по фосфорным фонам. Учитывая низкое содержание подвижного фосфора в почве в условиях 2019 года по сорту Рушена высокие прибавки получены по вариантам P150 – 6,6 ц/га (146,8%), 2020 - P180 - 9,9 ц (175,6%), 2021 - P150 – 5,4 ц (146,2%) по содержаниям подвижного фосфора в почве 39,7; 39,9; 31,9 мг/кг соответственно. Сорт Профи отличился по сравнению с сортом Рушеной высокой ветвистостью, хорошим плодоношением, сформировавшимся большим количеством зерен в стручке. Несмотря на довольно высокую продуктивность урожая сорта Профи высокие прибавки были получены на тех же вариантах, что и по сорту Рушена (35-39 мг/кг почвы).

Результаты проведенных исследований показали, что действие азот-но-фосфорных удобрений под горчицу зависит от исходного содержания подвижного фосфора в почве, соотношение азота и фосфора (1:2). При совместном применении азотно-фосфорных удобрений были наилучшие результаты по вариантам P90N30 и P120N60.

1. Результаты корреляционно-регрессионного анализа показал, что оптимум подвижного фосфора для сортов горчицы лежит в пределах 28-30 мг/кг почвы в слое 0-20 см. Однако, несмотря на полученные высокие прибавки по повышенным дозам фосфорных удобрений основными показателями экономической эффективности были рентабельность и окупаемость 1 тенге. Расчеты экономической эффективности показали, что доведение содержания подвижного фосфора до оптимального содержания является экономически выгодным.

Как показали результаты исследований, горчица отзывчива на внесение минеральных удобрений и эффективность вносимых удобрений зависело от полученной прибавки и себестоимости применяемых удобрений.





**Список использованной литературы**

1. Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021 – 2030 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2021 года № 960.
2. Орынбасар Т. Диверсификация растениеводства в Республике Казахстан. Научные стремления. Минск: ООО «Лаборатория интеллекта», 2017. 2017 г. Выпуск 21, стр 86-87
3. Гончаров С.В., Горлова Л.А. Масличные культуры: новые вызовы и тенденции их развития // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. – 2018. – Вып. 2 (174). – С. 96–100.
4. Посевные площади сельскохозяйственных культур под урожай 2022 года в Республике Казахстан. Статистика сельского, лесного, охотничьего и рыбного хозяйства за 2022 Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. Б-03-09-Г (2022)
5. Обзор масложировой отрасли государств-членов Евразийского экономического союза. Москва – 2017 г. 216 с
6. Angelova, V., & Ivanova, K. (2009). Bioaccumulation and distribution of heavy metals in black mustard (Brassica nigra Koch). Environmental Monitoring Assessment, 153, 449–459. doi:10.1007/s10661-008-0370-y
7. Гузев А.И. Урожайность и качество семян горчицы сизой в зависимости от предшественников, способов основной обработки почвы и норм высева на каштановых почвах Саратовского Заволжья: Дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09: Ставрополь, 2004. - 147 c.
8. И.Н.Гришанов. Возделывание масличных культур для производства кормов в лесостепной зоне Северного Казахстана: Дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09: - Алматы, 2009. - 116 c.
9. Дятлова Марина Владимировна тема оптимизация элементов технологии возделывания масличных культур в условиях Курганской области 06.01.09.ростеневодство диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозя Курган 2005 год 146 страниц
10. Т.К. Василина. Влияние органических и минеральных удобрений на плодородие лугово-каштановой почвы и продуктивность горчицы в плодосменном севообороте орошаемой зоны юго-востока Казахстана: Дис.канд. с.-х. наук: 6D080800: Алматы, 2012. - 99 c.
11. А.К.Умбетов, Р.Х.Рамазанова. Повышение продуктивности масличных культур короткоротационного плодосменного севооборота при биологизации земледелия //Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). Специальный выпуск: Международная научно-практическая конференция «Органическое сельское хозяйство в Республике Казахстан: настоящее и будущее». - 2016. - С.130-133.
12. Abul-Fadl, M.M. Nutritional and chemical evaluation for two different varieties of mustard seeds / Abul-Fadl, M.M., El-Badry, N. & Ammar, M.S. // World Appl. Sci. J., 15(9), РР.1225–1233.
13. Р.Вожегова, А.Влащук, А.Дробит Выращивание горчицы в степной зоне. Издание «AgroONE». № 8 (33) Стр 14-16
14. Хомутов, В.А. АПС Сарептская горчица / В.А. Хомутов, Э.А. Нарбеков // Технические культуры. 1991. - №6.- С. 14-16.
15. Растениеводство / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Р24 Б. X. Жеруков и др.; Под ред. Г. С. Посыпанова. — М.: КолосС, 2007.— 612 с : ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
16. Аринов К.К., Мусынов К.М., Шестакова Н.А., Серекпаев Н.А. «Растениеводство» учебник, Астана 2013., с. 392.
17. Рекомендации по возделыванию горчицы сарептской. – Донская опытная станция им. Л.А. Жданова ВНИИМК, 2003. – 16 с.
18. Лукомец, В.М. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы. Методические указания / В.М. Лукомец, С.Л. Горлов, Н.М. Тишков, В.Т. Пивень, А.С. Бушнев, В.С. Трубина и др. – Москва, 2010. – 56 с
19. Картамышева Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы сарептской //Земледелие, 2006. № 4. С. 25 – 26.
20. Русакова, Г. Г., Парахневич, Е. Д., Парахневич, Д. В., & Русакова, М. М.  Химический состав семян горчицы и продуктов их переработки //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2014. – №. 4 (36). – С. 168-171.
21. Гірчиця / Мазур В.О., Проців П.Б., Гамалій С.М., Попович Ю.В. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2009. 88 с. 2.
22. Кириленко А.Л. Горчица белая в пожнивных посевах // Тематическая подборка Украинского научно-исследовательского института научно-технической информации и техникоэкономических исследований госплана УССР Киевского отделения. 1980. № 408/2. С. 2–4.
23. Гриценко В.Т., Чехов А.В. Технологический процесс получения белковых добавок и твёрдого биотоплива из жмыхов и шротов семян масличных культур // НТБ інституту олійних культур УААН. Запоріжжя: 2007. Вип. 12. С. 271–276.
24. Велкова Н.И. Использование горчицы белой (Sinapis alba L.) для расширения медоносных ресурсов ЦЧР Специальность 03.0032 - Биологические ресурсы/ Орел 2004, 157 стр
25. Григорьева, В.Н. Семена сарептской горчицы, состав и свойства входящих в них компонентов [Текст]/ В.Н. Григорьева [и др.] // Масложировая промышленность. - 1992. - № 2. - С. 6-16.
26. Демченко, П.П. Обзор по биохимическим и физиологическим свойствам семян горчицы [Текст]/ П. П. Демченко [и др.] // Отчет о НИР. – Л.: ВНИИЖ, 1992. – С. 2-29.
27. Русакова, Г.Г. Комплексная переработка семян горчицы [Текст]: монография / Г.Г. Русакова, В.А. Хомутов, Д.В. Парахневич , М.М. Русакова. – Волгоград: Волгоградская ГСХА, 2009. – 193 с.
28. Гриценко В.Т., Чехов А.В. Технологический процесс получения белковых добавок и твёрдого биотоплива из жмыхов и шротов семян масличных культур // НТБ інституту олійних культур УААН. Запоріжжя: 2007. Вип. 12. С. 271–276.
29. Hrideek T K Mustard. In book: Herbs and Spices. Edition: first Chapter: 12. Mustard Publisher: Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CB1 6AH, England Editors: K V Peter, 2004 р 196-205. <https://www.researchgate.net/publication/280131369_Mustard>
30. Бражник, В.П. Практическое руководство по возделыванию горчицы сарептской в Краснодарском крае / В.П. Бражник, Н.И. Бочкарев, Н.Г. Коновалов. Краснодар, 1999. - С.21.
31. Vaughan, J. G., & Hemingway, J. S. (1959). The utilization of mustards. Economic Botany, 13, 196–204. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02860582>
32. Шпота, В.И. Горчица сарептская Южанка 15 / В.И. Шпота, Н.Г. Коновалов, В.Е. Подколзина // Селекция и семеноводство. 1989. - №5 - С. 49-50.
33. Плотников, В.Н. Влияние норм высева и удобрений на урожайность, нектарообразование и качество семян районированных сортов горчицы на каштановых почвах Волгоградской области: Дис. канд. с.-х. наук / В.Н. Плотников. — Волгоград, 1995. 166 с.
34. Русакова, Г.Г. Горчица на Вашем столе / Г.Г. Русакова, В.А Хомутов. Волгоград: ООО « Офсет», 1999. - 600 с.
35. Осипенко П. Гірчиця – не «гіркий» заробіток// 29.01.2009 [Електронний ресурс] / Режим доступа к документу: http:// spiL.ucoz.ua/load/3 – 1-0 – 23.
36. Food and Agriculture Organization. (2006). Fertilizer use by crops. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/> docs/fpnb17.pdf
37. Food and Agriculture Organization. (2011). Current world fertilizer trends and outlook to 2015. Rome: Author.
38. Гаврилов, А. М. Проблемы совершенствования земледелия Волгоградской области / А. М Гаврилов // Почвенно экологические проблемы в степном земледелии: Сб. науч. тр. / Пущино, 1992. - С. 137 - 143.
39. Постников Д.А. Фитомелюрация и фиторимедиация почв сельскохозяйственного назначения с различной степенью о культурности и экологической нагрузки. Специальность 030016-Экология диссертация на соискание учёной степени доктора сельскохозяйственных наук Брянск 2009 год 261 с
40. Kumar S. et al. Soil microbial and nutrient dynamics under different sowings environment of Indian mustard (Brassica juncea L.) in rice based cropping system //Scientific Reports. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 1-11.
41. Собиров, К. Горчица в борьбе с вилтом / К. Собиров, Ю. Эксанов, А. Марупов // Хлопководство. 1980. - №8. - 26 с.
42. С.Б. Адьяев, А.В. Смыков, М.М. Оконов, Г.Н. Кониева Роль сопутствующих культур в рисовых севооборотах Калмыкии /Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии системы сельскохозяйственного производства. Сб. науч. тр. (вып.7) Часть I, Рязань. – 2006, С. 99-101.
43. Радченко В.И. Влияние минеральных удобрений на формирование урожая горчицы сарептской на обыкновенном черноземе: Дис.канд. с.-х. наук: 06.01.09: Саратов, 1999. - 190 c.
44. Кириленко А.Л. Горчица белая в пожнивных посевах // Тематическая подборка Украинского научно-исследовательского института научно-технической информации и технико-экономических исследований госплана УССР Киевского отделения. 1980. № 408/2. С. 2–4.
45. Медведев, Г.А. Влияние приемов агротехники на урожайность семян горчицы / Г.А. Медведев, В.П. Галимеев // Инф. листок Волгоградского ЦНТИ. - № 73-93. -Волгоград. - 1993.
46. Беляк, В. Б. Интенсификация кормопроизводства биологическими приемами / В. Б. Беляк – Пенза: Издво Пенз. технол. ин-та. - 1998. - С. 84-85.
47. Рожкован В.В., Журавель В.М. Горчица – перспективная культура многостороннего использования // Агровісник, 2006.–№ 10.–С. 46 – 49.
48. Горчица: монография / Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева. – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 152 с.
49. Вавилов Н.И. Центры происхождения культурных растений // Тр. по прикл. ботан. и селекции. 1926 б. Т. 16. № 2. 248 с.
50. Жуковский П.М. Горчица сарептская. Культурные растения и их сородичи. Д., 1964. 401-402.
51. Растениеводство (К.К.Аринов, К.М.Мусынов, Н.А. Шестакова, А.А.Серекпаев. Астана, Типография АО ≪КазАТУ им. С.Сейфуллина≫, 2013, 507с ISBN 9965-799-71-7
52. Аубекеров Т.А., Мейрманов М.К. Горчица - Алма-Ата: Кайнар, 1980. - 96 с.
53. Кузнецова Р.Я. Масличные культуры на корм /Ленинград.-Колос.-1977.1. С.151.
54. Космодемьянский М.П., Кулина Е.Н. Сарептская горчица. — Волгоград: Нижне-Волжск. кн. изд-во. — 1967. — 61 с.,
55. А. Г. Половинкина, Г. М. Примаков Горчица Свердловское областное государственное издательство 1 9 6 3 – 28 с.
56. Минкевич И.А., Борковский В.Е. Масличные культуры Сельхозгиз.1995.-248 с.
57. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.М., Пивень В.Т., Уго Торо Корреа, Шуляк И.И. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. – Краснодар: «АлВи-дизайн». – 2010. – 328 с.
58. Беляк, В. Б. Применение сидерации в Пензенской области / В. Б. Беляк, И. Н. Зеленин, А. А. Смирнов, А. В. Чернышов – Пенза: РИО ПГСХА, 2005. - 28 с.
59. Bohn H., Besse G., Gunkel V. Die Sicherung der Production von Gewurzenf durch optimaie. Gestaltung des Productionsverfahrungs Feldwirtschaft, 1989, 30. P. 558-560.
60. Растениеводство [Текст] : учебник / П. П. Вавилов [и др.] ; Под ред. П. П. Вавилова. - 5-е изд., доп. и перераб. - М. : Агропромиздат, 1986. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений)
61. Коренев Г.В., Подгорный П.Н., Щербак С И Растениеводство с основами селекции и семеноводства. М.: Агропромиздат, 1990. 322-323. 95
62. Рекомендации по возделыванию горчицы сарептской. – Донская опытная станция им. Л.А. Жданова ВНИИМК, 2003. – 16 с., Лукомец, В.М. Практическое руководство по возделыванию яровой горчицы сарептской / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, Н.Г. Коновалов, Г.Г. Галкина и др. – Краснодар, 2003. – 24 с.
63. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. М.: Экономика, 2000. - 421 с.
64. Минкевич И.А. Масличные культуры / И.А.Минкевич, В.М.Барковский М.: Сельхозгиз, 1955. — 426 с.
65. Наумкин, В.П. Возделывание горчицы белой (Sinapis alba L.) в условиях ЦЧР: монография / В.П. Наумкин, Н.И. Велкова. - Орел: изд-во Орел ГАУ. - 2009.- 308 с.
66. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / Г. Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат.- 1982.- 184 с.
67. Козин М.А. Водный режим почвы и урожай М, кавычки Колос кавычки , 1977 год 304 с
68. Angadi, S.V., McConkey, B.G., Cutforth, H.W., Miller, P.R., Ulrich, D., Selles, F., Volkmar, K.M., Entz, M.H. and Brandt, S.A. 2008. Adaptation of alternate pulse and oilseed crops to the semiarid Canadian Prairie: seed yield and water use efficiency. Can. J. Plant Sci. 88:425-438
69. А. Г. Дояренко Факторы жизни растений. издательство Колос Москва 1966 г. - 280 с.
70. Кочергина Анна Сергеевна влияние биологически активных веществ и норм высева на урожайность сортов горчицы Сизый на светло-каштановых почвах Волгоградской области специальность 06. 01. 01. общей земледелие, растениеводство диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук Волгоград 2020 год 178 страниц
71. Mustard Production for Alberta. Agri-facts.Practical information for Alberta Agriculture industry. Agdex 143/20-1. January 2010 14 р
72. Багров М., Мишанин Н. Горчица на поливе //Зерновые и масличныекультуры -№7.-1971 28 с.
73. Попов П.С. Биохимия масличных растений. Бюлл НТИ по масличным культурам. Краснодар, ВНИИМК, 1967. – С.37-39
74. Медведев Г. А., Малышев Н. В. Альбит, ФлорГумат и Акварин: что между ними общего и чем они хороши //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – №. 4. – С. 17-21.
75. Корогодова Н.С., Шульцева Г.П., Минеральные удобрения. М.: Колос, 1975. С.187-188.
76. Черненок В.Т.,Нурманов Е.Т., Серикпаева Ж.К. Реакция сои на условия фосфорного питания С.Сейфуллин атындағы ҚазАТУ-ң Ғылым жаршысы / Вестник науки КазАТУ им. С.Сейфуллина. – 2012. - №1 (72).
77. Прянишников Д.Н. Агрохимия. Избранные сочинения. М: Колос, 1965, Т.1. – 767 с.
78. Г.И. Уваров, В.Д. Соловиченко, 2009) Уваров Г. И., Соловиченко В. Д. Азотный режим чернозема типичного при возделывании культур в севооборотах //Агрохимия. – 2009. – №. 4. – С. 5-10.
79. Ореховская А. А., Ступаков А. Г. Азотное питание озимой пшеницы в условиях юго-западной части ЦЧР //Под общ. ред. Р. Валентини и ИИ Васенева. Составители: Прохоров ИС, Грачев ДА, Морев ДВ, Прохорова ИИ–М.: Скрипта манент. – 2014. – С. 134-135.
80. Борисёнок О. И. Эффективность применения регуляторов роста на посевах льна-долгунца при разном уровне азотного питания растений //Инновационные разработки производства и переработки лубяных культур. – 2016. – С. 130-138.
81. Сычев В. Г., Шафран С. А. Регулирование азотного питания культурных растений. Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н.Прянишникова – 2015.Москва 156 с
82. Дроздова В. В., Михайдаров А. В., Велиев Ф. Ф. Влияние азотного и калийного питания растений на урожайность и качество семян подсолнечника в условиях чернозема выщелоченного //Энтузиасты аграрной науки. – 2021. – С. 81-86.
83. Завалин А. А. и др. Управление азотным питанием растений в почве //Агрохимический вестник. – 2012. – №. 4. – С. 38-40.
84. Основы агрономии / Г.В. Бадина, А.В. Королев, P.O. Королева. – Ленинград: Агропромиздат, Ленингр. Отд-ние, 1988. – 448с.
85. Кореньков Д.А. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений. -М.: Агроконсалт, 1999. — С.295.
86. Гамзиков Г. П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии. – 2018. Плодородие № 1. С 8-14
87. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. – М.: Наука, 1981. – 266 с.
88. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах / Рос. акад. с.-х. наук, Сиб. отд-ние. Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск, 2013. – 790 с.
89. Крупкин П.И. Эффективность азотных удобрений в связи с содержанием азота и другими агрохимическими показателями почв Средней Сибири // Агрохимия. – 1982. – №11. – С.3-12.
90. Рекомендации по диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в Сибири / Под ред. А.Е.Кочергина и Г.П. Гамзикова. – Новосибирск, 1983. – 30 с.
91. Гамзиков Г.П. Принципы почвенной диагностики азотного питания полевых культур и применения азотных удобрений / Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания растений и технологий применения удобрений на их основе. – М.: ВНИПТИХИМ, 2000. – С. 33-55.
92. Мальцев В.Т. Азотные удобрения в Приангарье / РАСХН. Сиб.отд-ние. Иркут. НИИСХ. – Новосибирск, 2001. – 272 с.
93. Чуб М.П. Оптимизация минерального питания культур и система удобрения в севооборотах на чернозёмах и тёмно-каштановых почвах засушливого Поволжья// Автореф. дис. … докт. с.-.х. наук. – М., 1989. – 48с.
94. Ломако Е.И. Влияние доз и сроков проведения азотных подкормок на урожай и качество зерна озимой пшеницы // Агрохимия.- 1998. – №11.- С. 31-38.
95. Новосёлов С.И. Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания озимой ржи в Волго-Вятском регионе / Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания растений и технологий применения удобрений на их основе. – М.: ВНИПТИХИМ,2000. – С.90-94.
96. Обущенко В.Я. Использование результатов почвенно-растительной диагностики для рационального применения азотных удобрений в Самарской области / Совершенствование методов почвенно-растительной диагностики азотного питания растений и технологий применения удобрений на их основе. – М.: ВНИПТИХИМ, 2000. – С. 160-164.
97. Завалин А. А., Новоселов С. И. Биологические основы оптимизации азотного питания растений. – Москва:  [Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова](https://www.elibrary.ru/publisher_about.asp?pubsid=1857) 1999. 96 с
98. Козырева М. Ю., Басиева Л. Ж. Накопление сухого вещества посевами люцерны в зависимости от типа азотного питания //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – №. 5 (187). – С. 19-27.
99. Гетманец А.Я. Азот в черноземах и каштановых почвах Украины и пути оптимизаци азотного питания растений. автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Московская ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева. Москва, 1984 30 с
100. Никитишен В.И., Дмитракова Л.К., Заборин А.В., Никитишена И.А. Эколого-химические основы азотного питания растений при применении удобрения. Почвоведение. 1990. № 11. С.68-78.
101. Берестов И. И. и др. Урожайность и потребление азота сортами яровой мягкой пшеницы при разных уровнях азотного питания растений //Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – №. 50. – С. 116-124.
102. Гриб С. И., Берестов И. И., Мельников Р. В. Урожайность сортов пшеницы яровой мягкой и элементы ее структуры при разном уровне азотного питания растений //Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – №. 54. – С. 68-75.
103. Никитишен В. И., Личко В. И. Минеральное питание кукурузы при взаимодействии азотного и фосфорного удобрений //Агрохимия. – 2012. – №. 11. – С. 9-15.

### Петербургский А.В., Никитишен В.И., Никитишена И.А. [Азотное питание растений и баланс азота при систематическом внесении удобрений на серой лесной почве.](https://elibrary.ru/item.asp?id=28367346) Агрохимия. 1976. № 6. С. 3-9

1. Шеуджен, А. Х., Бондарева, Т. Н., Хачмамук, П. Н., & Галай, Н. С. (2016). Азотное питание растений при применении поликомпонентного удобрения Биоплант флора на посевах риса. //Научное обеспечение производства сельскохозяйственных культур в современных условиях. – 2016. – С. 259-264.

### Макаров, М. И., Лавренов, Н. Г., Онипченко, В. Г., Тиунов, А. В., Малышева, Т. И., Сабирова, Р. В. (2020). Азотное питание растений альпийской лишайниковой пустоши в условиях обогащения почвы элементами минерального питания. Экология, №2), 83-89.

# Mustard Production for Alberta. Agri-facts.Practical information for Alberta Agriculture industry. Agdex 143/20-1. January 2010 14 р.

1. Алексеев А.П., Мелентьева К.М. Влияние минерального питания на продуктивность и поступление питательных веществ в растение сарептской горчицы в зоне недостаточного увлажнения. //Агрохимия, 1975. –С.114-121.
2. Соболева М.П. Физиологические особенности питания льна и применения удобрений. Автореф. дисс. к. с.-х. н. М.: ТСХА, 1949. 23 с.
3. Цаде А. Растениеводство. Перевод с нем. под ред. акад. И.В. Якушкина, Москва,1937.
4. Бардышев М.А. Накопление минеральных элементов в различных органах картофеля в процессе вегетации. - Минск, 1971. - 88 с.
5. Мосолов И.В., Воллейдт Л.П. Обмен веществ и продуктивность яровой пшеницы в зависимости от условий питания //В кн.: Физиологическое обоснование системы питаний растений. – М.:Наука, 1962. – С.59-65.
6. Зуев Л.А., Голубева П.В.Сравнительное действие недостатка азота, фосфора и калия на поглощение и обмен фосфорных удобрений озимой пшеницы на свету и темноте //Физиология растений, 1962. - №1. - С.41-47.
7. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. - М.: Агропромиздат, 1989. - 320с: Каюмов. М.К.
8. Туева О.Ф. Фосфор в питаний растений. – М.:Наука, 1966. – 296 с. 26
9. Туева О.Ф. Факторы почвенного плодородия. – М.:Колос, 1975. – С.57.
10. Михайленко М.А. Горох в Западной Сибири. - Западно-Сибирский книжн. издат. Омское отделение, 1971.-283 с.
11. Щевчук В.Е. Удобрение бобовых культур в Восточной Сибири. – Иркутск, 1977.
12. Минеев В.Г. и др. Удобрение и качество зерна пшеницы. – М., 1975. – 111 с.
13. Губанов Я.В., Тихвинский С.Ф., Горелов ЕЛ. и др. Технические культуры. М.: Агропромиздат, 1986. С. 126-128.
14. Курсанов А.Л. Корневая система растений как орган обмена веществ //Изв. АН СССР, сер. биол., 1957. - №6. – С.46-48.
15. Власюк П.А., Власенко Н.Е., Мицко В.Н. Химический состав картофеля и пути улучшения его качества. Киев,1979. – 196 с.
16. Нурлыгаянов Р. Б. и др. Особенности минерального питания ярового рапса //Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №. 1. – С. 29-31.
17. Мосолов И.В. Условия формирования белковых фракции в зерне зерновых и зернобобовых культур //Агрохимия, 1975. - №1. - С.58-63.
18. Черненок В.Г. Закономерности изменения плодородия темно-каштановых почв и эффективности фосфорных удобрений при систематическом внесении в севообороте //VI Республиканская конференция почвоведов Казахстана. – Алма-Ата:Наука, 1987. – С.112-115.
19. Черненок В.Г. Теоретические основы оптимизации и диагностики минерального питания зерновых культур в сухостепной зоне Северного Казахстана: диссерт. доктора с.-х.наук. – Омск, 1993.
20. Черненок В.Г. Азотный режим почв Северного Казахстана и применение азотных удобрений. – Акмола, 1997. – 91 с
21. Возбуцкая А.Е. Химия почвы. Изд. 3. – М.:Высшая школа, 1968. – С.426.
22. Аскинази Д.Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией. – М.:Изд АН ССР, 1949. – 215 с.
23. Тулин А.С. Фосфатный режим почв Степного Крыма и удобрение полевых культур: автореф. доктора с.-х. наук. – Москва, 1956. – 27 с.
24. Томпсон Л.М., Троу Ф.Р. Почвы и их плодородие. - М.:Колос,1982.- 461с.
25. Ермохин Ю.И. Диагностика питания растений. //Монография почвенно-растительная оперативная диагностика. «Прод-ОМСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая с.-х. культур.- Омск, 1995. -210 с.
26. Шмук А.А. Динамика режима питательных веществ в почве //Труды 1913-1945. т. 1. – Москва, 1950. - С.70.
27. Гилис М.Б. Рациональные способы внесения удобрений. - М., 1975.
28. Авдонин Н.С. Агрохимия. – М.,Изд. МГУ, 1982. - 343 с.
29. Шатилов И.С., Замараев Л.Г., Чаповсхая Г.В. Баланс питательных веществ всевообороте и программирование урожаев полевых культур // Программирование урожаев с.-х. культур. Казань: Татарское книжное изд-во, 1984. С. 31-40.
30. Чириков Ф.В. Агрохимия калия и фосфора. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 464 с.
31. Вечер А.С., Гончарик М.Н. Физиология и биохимия картофеля. – Минск: Наука и техника,1973. – 264 с.
32. Журбицкий З.И., Лавриченко В.М. Определение потребности растений в питании методом растительной диагностики //Агрохимия. - 1977. - №9. - С. 127-133.
33. Власюк П.А., Власенко Н.Е., Мицко В.Н. Химический состав картофеля и пути улучшения его качества. Киев,1979. – 196 с.
34. Kapila Shekhawat, S. S. Rathore, O. P. Premi, B. K. Kandpal, and J. S. ChauhanAdvances in Agronomic Management of Indian Mustard (Brassica juncea (L.) Czernj. Cosson): An OverviewHindawi Publishing Corporation International Journal of Agronomy Volume 2012, Article ID 408284, 14 pages doi:10.1155/2012/408284
35. [Mustard Production Manual](https://saskmustard.com/production-manual/index.html) S[saskatchewan mustard development commission](https://saskmustard.com/production-manual/index.html), Updated April 2022 <https://saskmustard.com/production-manual/index.html>
36. Игловиков А. В., Денисов А. А. Калийный режим нарушенных земель в условиях Крайнего Севера на биологическом этапе рекультивации //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – №. 12 (182). – С. 56-64.
37. Никитина Л. В. Калийный режим почв и эффективность калийных удобрений //Плодородие почв России: состояние и возможности. – 2019. – С. 57-71.
38. Назарюк В. М., Калимуллина Ф. Р. Калийный статус растений в связи с эколого-агрохимической и генотипической спецификой минерального питания //Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – №. 4. – С. 8-14.
39. Соловьев А. В., Сидорова Ю. В. Роль химического элемента калия в питании и жизни растений //Вестник РГАЗУ. – 2022. – №. 41 (46). – С. 59.
40. Дричко В.Ф., Поникарова Т.М. Системы методов изучения почвенного покрова, деградированного под влиянием химического загрязнения. − М.: Труды Почв. института им. В.В. Докучаева, 1992.
41. Прищеп Н.И., Просянников Е.В., Коровяковская С.О. Совер шенствование методологии агрохимических исследований. − М.: Издво Моск. унта, 1997.. Середина В. П. Агроэкологические аспекты использования цеолитов как почвоулучшителей сорбционного типа и источника калия для растений //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2003. – Т. 306. – №. 3. – С. 56-60.
42. Якименко В. Н. Влияние баланса калия в агроценозе на продуктивность культур и калийное состояние серой лесной почвы //Агрохимия. – 2006. – №. 5. – С. 3-11.

# Chitale and M. C. Bhambri, “Response of Rapeseedmustard to crop geometry, utrient supply, farmyard manure and interculture—a review,” Ecology, Environment and Conservation, vol. 7, no. 4, pp. 387–396, 2001.

1. Г.А. Медведев, Д.Е. Михальков, Н.Г. Екатериничева. Горчица: монография / – Волгоград: ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2012. – 152 с.
2. Баланс питательных веществ в севообороте и программирование урожаев полевых культур / и. С. Шатилов [и др.] //Программирование урожаев с.-х. культур. – Казань: Татарское книжное изд-во, 1984. – С. 31 – 40.
3. Иванова О. М. Оптимизация азотного питания ячменя с применением жидких минеральных удобрений Мегамикс в условиях Тамбовской области //Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 100-летию ИС Шатилова, г. Москва, 6-7. – 2017. – С. 96.
4. Власенко Н. Г. И др. Особенности реакции рапса и горчицы сарептской на внесение азотных удобрений //Технологическая политика в современном земледелии. – 2000. – С. 14-15.
5. Волошин Е. И., Аветисян А. Т. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной). – 2017. 28 С
6. Melnyk, A., Zherdetska, S., Ali , S., Shabir, G., & Butenko, S. (2019). Impact of foliar fertilizing on the white mustard productivity in the northeastern Forest-Steppe of Ukaraine. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology, (3(37), 24-28. https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.3.4
7. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Цыбулин В. Инновационные приёмы возделывания горчицы сарептской в системе рисового севооборота// [Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса](https://e.lanbook.com/journal/2383) № 4 (32), 2013 , с 8-12
8. Д.В. Виноградов Продуктивность горчицы в зависимости от уровня минерального питания, - Вестник РГАТУ №3, 2009, с 39-42
9. Parvaiz M.A., Mineral nutrition of mustard. Abstract thesis submitted to the Aligarh Muslim University, Aligarh, in Partial Fulfilment of the Requirements for the Degree of. Doctor of philosophy in botany, Shodhganga: a reservoir of Indian theses @ inflibnet. <http://hdl.handle.net/10603/53926>
10. Черненок В.Г. Влияние систематического внесения удобрений в севообороте на плодородие зерновых культур при интенсивных технологиях их возделывания// труды ВИУА: Применение удобрений и расширение воспроизводство плодородия почв.- М.: 1989 - С. 119-122

# Степанова Т.В. [4], Губанов Я.В. [5]. Степанова Т.О. Влияние соотношений элементов минеральных удобрений на химический состав и урожай горчицы белой и ярового рапса // Сб. работ ВИР. Вып. 2, 1958. С. 28-32.,

# Губанов Я.В., Тихвинский С.Ф., Горелов ЕЛ. и др. Технические культуры. М.: Агропромиздат, 1986. С. 126-128.

# Шатилов И.С., Замараев Л.Г., Чаповсхая Г.В. Баланс питательных веществ в севообороте и программирование урожаев полевых культур // Программирование урожаев с.-х. культур. Казань: Татарское книжное изд-во, 1984. С. 31-40. ,

# Дятлова М.В. Оптимизация элементов технологии возделывания масличных культур в условиях Курганской области 2005 Курган 06.01.09 Специальность: Растениеводство  196 с.

1. Северов В.И., Калашников К.Г, Масличные растения в Тульском крае. Тула, 1992. 34-36. 100,
2. Савенков В.П., Новые препараты для защиты рапса от вредителей //АгроХХI. 2000. № 10, С 12.,
3. Кандроков З. Ж. Продуктивность и качество семян горчицы сарептской в зависимости от способов посева и минерального питания //Современные наукоемкие технологии. – 2009. – №. 6. – С. 24-26.
4. AICRP-RM, Annual Progress Report of All India Coordinated Research Project on Rapeseed-Mustard, pp. A1–16, 2007.
5. Sahay S. et al. Modulation in growth, photosynthesis and yield attributes of black mustard (B. nigra cv. IC247) by interactive effect of wastewater and fly ash under different NPK levels //Cogent Food & Agriculture. – 2015. – Т. 1. – №. 1. – С. 1087632.
6. Жуйков О.О., Жуйкова К.О. Технолого-екологічні аспекти оптимізації кількісних і якісних показників гірчичної жирної та ефірної (алілової) олії // Таврійський науковий вісник. Херсон: Айлант, 2004. Вип. 30. С. 52–57.
7. Сайко В.Ф., Камінський В.Ф. Вишневський П.С. Рекомендації з вирощування ріпаку та гірчиці білої. Киев: Колобіг, 2005. 34 с.
8. Бугай С.М., Зинченко А.И., Моисеенко В.И., Горак Н.А. Растениеводство. Киев: Вища школа, 1987. 328 с
9. R. Sharma, K. S. Thakur, and P. Chopra, “Response of N and spacing on production of Ethopian mustard under mid-hill conditions of Himachal Pradesh,” Research on Crops, vol. 8, no. 1, pp. 65–68, 2007.;
10. D. Sah, J. S. Bohra, and D. N. Shukla, “Effect of N, P, S on growth attributes and nutrient uptake of mustard,” Crop Research, vol. 31, no. 1, pp. 234–236, 2006.
11. С.В. Томашов, к.с.-х.н., О.Л. Томашова, к.с.-х.н., ГБУ РК «НИИСХ Крыма» Оптимизация сроков сева и минерального питания горчицы белой в условиях Крыма [Известия Оренбургского государственного аграрного университета](https://e.lanbook.com/journal/2212) 2015 год, №6 стр 38-40,
12. Томашова, О.Л. Продуктивность горчицы сарептской при различных сроках сева с использованием удобрений в технологии ее возделывания / О.Л. Томашова, С.В. Томашов, И.М. Шевченко // Изв. Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 4 (66). – ч. 1. – С. 92-95.
13. Kadar, I.; Foldesi, D.;Translated title of the contribution: Mineral fertilisation of mustard (Sinapis alba L.) on chernozem soil. Noveny termeles Hungary. 2013, том 514, р 437-448. ISSN: 0546-8191,
14. Керефов К.Н. Биологические основы растениеводства. М.,Высшая школа; издание 2-е, перераб. И доп. 1982., 408 с.
15. Шурупов В.Г., Катамышева Е.В. горчица сарептская. Ростов н/Д, 1997. -53 с.
16. Занозина О. Д., Бушнев А. С. Эффективность применения минеральных удобрений на урожайность семян горчицы сарептской //Растениеводство и луговодство: Сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием. – 2020. – С. 185-188.,
17. Кутузова Н., Гаврилова В.А., Щелко Л.Т. и др. Масличные культуры для пищевого использования в России. СПб.: ВИР, 1998. — 79 с.
18. Лукомец В.М. Перспективная ресурсосберегающая технология производства горчицы. Методические указания / В.М. Лукомец, С.Л. Горлов, Н.М. Тишков, В.Т. Пивень, А.С. Бушнев, В.С. Трубина и др. – Москва, 2010. – 56 с.
19. Лукомец, В.М. Практическое руководство по возделыванию яровой горчицы сарептской / В.М. Лукомец, Н.И. Бочкарев, Н.Г. Коновалов, Г.Г. Галкина и др. – Краснодар, 2003. – 24 с.
20. Бородычев В.В., Лытов М.Н., Цыбулин В.В. Эффективность минеральных удобрений при разных способах посева горчицы в рисовых чеках / В.В. Бородычев, М.Н. Лытов, В.В. Цыбулин // Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова. – Москва, 2014. – С. 36-38.
21. Соседкин Р. В. Оценка условий азотного питания сельскохозяйственных культур //Инновационные тенденции развития российской науки. – 2021. – С. 58-62.
22. Новиков Н. Н., Жарихина А. А. Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от уровня азотного питания и применения фиторегуляторов //Плодородие. – 2012. – №. 1. – С. 8-10.
23. Сергеева И. И. Изучение азотного питания растений при использовании регуляторов роста растений и бактериальных препаратов //Агрохимический вестник. – 2007. – №. 5. – С. 38-41.
24. Никитишен В. И., Личко В. И. Эффективность прямого действия и последействия длительного применения удобрений на серой лесной почве //Агрохимия. – 2011. – №. 1. – С. 11-19.
25. Пельменев В.К. Медоносные растения. М: Россельхозиздат, 1985.-143 с.,
26. Пельменев В.К., Винокурова З.И. Эффективность энтомофилии в растениеводстве. М.: 1985. - 53 с.
27. Яньшин Е.С. Почвенно-агрохимические проблемы интенсификации земледелия Сибири. – Новосибирск, 1989. – С.52.
28. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях. – Омск, 1986. – 30 с.
29. Проберж Э.С. Оптимизация питательного режима с.-х. растений на южных черноземах Северного Казахстана. Диссерт. доктора с.-х. наук. – Челябинск, 2002.
30. Болдырев Н.К. Анализ листьев как метод определения потребности растений в удобрениях: Листовая диагностика. Учебное пособие. –Омск:ОмСХИ, 1970.-125 с.
31. Никитенко, Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / Г. Ф. Никитенко. - М.: Россельхозиздат.- 1982.- 184 с.
32. 77Ягодин Б. А., Жуков Ю. П, Кобзаренко В. И. Агрохимия: Учебник. – 2-е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2021 – 584 с.
33. 167Кушниренко М.Д. Физиология водообмена и засухоустойчивости плодовых растений. Кишинев: Штиинца, 1975. - 215 с.
34. 171Коваленко, С.А. Продуктивность горчицы сарептской и качество ее семян в зависимости от удобрения в южной степи Украины / С.А. Коваленко // 6-я международная конференция молодых ученых и специалистов «Инновационные направления исследований в селекции и технологии возделывания масличных культур», посвященная 125- летию со дня рождения В.С. Пустовойта. – Краснодар, 2011. – С. 131- 135.
35. Гамзакова Г.П., Власенко Н.Г., Чичкань Т.Н., Солосич Н.А. Особенности азотного питания полевых капустных культур лесостепи Западной Сибири // Докл. РАСХН, 2000, № 6. 15-18.,
36. Муравин Э.А. Агрохимия. М.: Колос, 2003. - 384 с.,
37. Лицуков С.Д. Влияние азотного режима на урожайность и качество озимой пшеницы // Владимирский земледелец. — 2003. №4. С. 22-23.,
38. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. — М.: ЦИНАО, 2003. — 228 с.
39. Mustard Production for Alberta. Agri-facts.Practical information for Alberta Agriculture industry. Agdex 143/20-1. January 2010 14 р.
40. Степанова Т.О. Влияние соотношений элементов минеральных удобрений на химический состав и урожай горчицы белой и ярового рапса // Сб. работ ВИР. Вып. 2, 1958. С. 28-32.

# Дроздова В. В., Михайдаров А. В., Велиев Ф. Ф. Влияние азотного и калийного питания растений на урожайность и качество семян подсолнечника в условиях чернозема выщелоченного //Энтузиасты аграрной науки. – 2021. – С. 81-86.

1. Кулеш О. Г., Мезенцева Е. Г. Трансформация калийного состояния высокоокультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях применения калий-дефицитных систем удобрения //Почвоведение и агрохимия. – 2021. – №. 1. – С. 51-59.
2. Якименко В. Н., Бойко В. С. Диагностика калийного состояния почв лесостепи Западной Сибири //Почвы и окружающая среда. – 2019. – Т. 2. – №. 2. – С. 3.
3. Виэк К.А. Растения и почва. – М.:Колос, 1973. – С.51.
4. Турчин В. В., Золотова Е. И. Проблемы методологии оценки калийного режима черноземных почв // Редакционная коллегия: ВН Щедрин (ответственный редактор), ГТ Балакай, СМ Васильев, ТП Андреева (секретарь). – 2010. – С. 138.
5. Чекмарев П. А. и др. Мониторинг калийного режима чернозёмов ЦЧР //Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №. 8. – С. 3-6.
6. Христенко AА И. С. Е., Гладких Е. Ю., Истомина Ю. А. Калийное состояние почв Украины и эффективность калийных удобрений //icon. – 2013.
7. Сычев В. Г., Никитина Л. В. Трансформация калия в почвах агроценозов без применения удобрений //Плодородие. – 2017. – №. 6 (99). – С. 5-7.
8. Якименко В. Н. Зависимость урожайности и качества картофеля от уровня калийного питания //Плодородие. – 2017. – №. 4 (97). – С. 6-10.
9. Медведева О. П. Калийный потенциал и условия калийного питания растений //Агрохимия. – 1968. – Т. 5.
10. Павлов К. В., Новиков М. М. Влияние локального внесения калийных удобрений в чернозем на урожайность ячменя //Агрохимия. – 2013. – №. 4. – С. 48-54.
11. Глиева О. В. Влияние минерального питания на формирование элементов структуры урожая проса //Зернобобовые и крупяные культуры. – 2015. – №. 3 (15). – С. 21-25.
12. Смирнов*,*П*.*М*.*Агрохимия*:* учебник */*П*.*М*.*Смирнов*,*Э*.*А*.*Муравин*. -* 3-е изд*.,*перераб*.* идоп*. -* М. : Агропромиздат, 1991. - 288 с.
13. Шогенов Ю. М., Эльмесов С. С. Накопление сухого вещества, урожайность и качество зерна гибридов кукурузы в зависимости от сроков внесения удобрений в КБР //Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. – 2017. – С. 1143-1145.
14. Иванова З. А., Нагудова Ф. Х. Прирост сухого вещества и продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений //Успехи современного естествознания. – 2016. – №. 7. – С. 51-55.
15. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А., Скипин Л. Н. Влияние способа основной обработки почвы на формирование фотосинтетического аппарата и накопление сухого вещества зерновой и зернобобовой культурой в Северном Зауралье //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – №. 10. – С. 101-105.
16. Полховская И. В., Цыганов А. Р. Накопление сухого вещества и основных элементов питания растениями гречихи при применении макроудобрений, эпина, бора и биопрепаратов //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №. 2. – С. 55-59.
17. Нагорный В. Д., Арималала Р. Н. Влияние серы на содержание пигментов в листьях и накопление сухого вещества растениями картофеля в условиях вегетационного опыта //Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2016. – №. 3. – С. 7-15.
18. Кишев А. Ю., Жеруков Т. Б. Влияние изучаемых агрофонов на динамику накопления надземной вегетативной массы растениями гречихи //Международные научные исследования. – 2016. – №. 1. – С. 173-175.
19. Вафина Э. Ф. Сбор сухого вещества растениями рапса при применении удобрений //Аграрная наука-сельскому хозяйству. – 2020. – С. 167-169.
20. Васин В. Г., Стрижаков А. О. Интенсивность накопления сухого вещества ярового ячменя при применении препаратов Мегамикс //Инновационные достижения науки и техники АПК. – 2020. – С. 23-26.
21. Артюхова О. А., Гладышева О. В., Свирина В. А. Прирост биомассы и накопление сухого вещества яровым ячменем в зависимости от уровня минерального питания и метеоусловий //Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – №. 3. – С. 24-29.
22. Соловьёв А. В., Каюмов М. К. О накоплении сухой массы у растений проса в связи с условиями минерального питания //Сельскохозяйственная биология. – 2008. – Т. 43. – №. 5. – С. 107-109.
23. Долгова Е. Н. Динамика накопления сухого вещества ячменно-гороховой смеси при применении микроудобрительных смесей //Современные проблемы агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 13-16.
24. Кишев А. Ю. и др. Особенности роста и накопления сухого вещества озимого тритикале в условиях КБР //Еuropean research. – 2017. – С. 83-87.
25. Куришбаев А. К., Рамазанова Р. Х., Касипхан А. Влияние азотных удобрений на накопление сухого вещества и потребление азота растениями яровых тритикале и пшеницы на темно-каштановых почвах Акмолинской области //Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2017. – №. 3 (94). – С. 22.
26. Муратов А. А. Динамика накопления сухого вещества и урожайность ярового тритикале при внесении минеральных удобрений //Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы. – 2021. – С. 83-88.
27. Романцевич Д. И., Мастеров А. С. Влияние элементов технологии возделывания на динамику роста и накопления сухого вещества растениями редьки масличной //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – №. 2. – С. 187-190.
28. Деревянко И. А. Динамика накопления сухого вещества у образцов ячменя ярового с разной засухоустойчивостью //Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – №. 4. – С. 76-79.
29. Виноградов Д. В., Вертелецкий И. А. Рост и развитие масличных культур при разном уровне минерального питания //Международный технико-экономический журнал. – 2011. – №. 4. – С. 99-102.
30. Виноградов Д. В. Продуктивность горчицы в зависимости от уровня минерального питания //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. ПА Костычева. – 2009. – №. 3. – С. 39-42.
31. Лебедев В. Н., Хуаз С. Х., Ураев Г. А. Сравнение действия возрастающих доз азота на продуктивность и качество зеленой массы редьки масличной и горчицы сарептской //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – №. 4 (65). – С. 60-68.
32. Агафонов Е. В., Гужвин С. А. Оптимальные уровни содержания NPK в растениях сои на фоне применения минеральных и бактериальных удобрений //Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2011. – №. 1. – С. 62-70.
33. Дзанагов С. Х., Езеев А. А. Влияние нетрадиционных удобрений на потребление NPK, химический состав и качество продукции кукурузы на черноземе выщелоченном РСО-Алания //Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – Т. 51. – №. 4. – С. 47-54.
34. Плотников А. М., Кабдунова Г. С. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений //Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – №. 1. – С. 38-41.
35. Белоголовцев В. П., Имашев И. Г. Влияние минеральных удобрений на химический состав урожая проса при выращивании на светло-каштановой почве Саратовского Заволжья //Аграрный научный журнал. – 2016. – №. 2. – С. 3-6.
36. Литвинский В. А. Изучение свойств дерново-подзолистой почвы и химического состава растений в длительном полевом опыте //Агрохимический вестник. – 2010. – №. 3. – С. 30-32.
37. Кучумова Л.П. Биохимическое изучение и оценка коллекции сарептской горчицы, выращенной в различных географических зонах /Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биол.наук, Ленинград, 1966.-20 с.
38. Виноградов Д. В. Продуктивность горчицы в зависимости от уровня минерального питания //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им.П.А.Костычева. – 2009. – №. 3. – С. 39-42.
39. Шатилов И.С., Замараев Л.Г., Чаповсхая Г.В. Баланс питательных веществ всевообороте и программирование урожаев полевых культур // Программирование урожаев с.-х. культур. Казань: Татарское книжное изд-во, 1984. С. 31-40.
40. Бородычев В. В., Лытов М. Н., Цыбулин В. В. Инновационные приёмы возделывания горчицы сарептской в системе рисового севооборота //Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – №. 4 (32). – С. 8-12.
41. Pramod Kumar1 \*, Suresh Kumar1 , VS Hooda1 , Ram Avtar2 , Sheilendra Kumar3 and Kapil Malik1. Influence of sowing window, irrigation and fertilizer levels on growth and yield of late sown Indian mustard. Journal of Oilseed Brassica, 13 (1) :р. 1-6, January 2022
42. Mustard Production for Alberta. Agri-facts.Practical information for Alberta Agriculture industry. Agdex 143/20-1. January 2010 14 р
43. Harasimowicz-Hermann, Grazyna, et al. "The effect of sowing date and meteorological elements on the quantity and structure of seed yield of white mustard (Sinapis alba L)/Wplyw terminu siewu i elementow meteorologicznych na ilosc i strukture plonu nasion gorczycy biatej (Sinapis alba L.)." Journal of Central European Agriculture, vol. 20, no. 3, Sept. 2019, pp. 831+.
44. Велкова Н.И. Использование горчицы белой (Sinapis alba L.) для расширения медоносных ресурсов ЦЧР Специальность 03.00.32 - Биологические ресурсы/ Орел 2004, 220 стр
45. Коновалов, Н.Г. Селекция и семеноводство горчицы сарептской, белой и рыжика /Н.Г. Коновалов //История научных исследований во ВНИИМКе за 90 лет. Краснодар: ГУП «Печатный двор Кубани», 2003.- С. 73-86.
46. Karlson, D., Mojica, J. P., Poorten, T. J., Lawit, S. J., Jali, S., Chauhan, R. D., . . . Rapp, R. (2022). Targeted mutagenesis of the multicopy myrosinase gene family in allotetraploid brassica juncea reduces pungency in fresh leaves across environments. Plants, 11(19) doi:10.3390/plants11192494)
47. 266Seema Sahay, Akhtar Inam, Arif Inam & Saba Iqbal Modulation in growth, photosynthesis and yield attributes of black mustard (B.nigra cv. IC247) by interactive effect of wastewater and fly ash under different NPK levels, Cogent Food & Agriculture, 2015, 1:1, 1087632, DOI: 10.1080/23311932.2015.1087632
48. Parihar C. M., Bhakar R. N., Rana K. S., Jat M. L., Singh A. K., Jat S. L., Parihar M. D., Sharma S., Energy scenario, carbon efficiency, nitrogen and phosphorus dynamics of pearlmillet – mustard system under diverse nutrient and tillage management practices, African Journal of Agricultural Research, Vol. 8(10), pp. 903-915, 21 March, 2013 DOI: 10.5897/AJAR12.810, ISSN 1991-637X ©2013 Academic Journals
49. Singh S.B., S.B. Thenua O.V.S., Effects of phosphorus and sulphur fertilization on yield and nps uptake by mustard (Brassica juncea L.), Progressive Research – An International Journal Volume 11 (1): (2016), 80-83, Print ISSN : 0973-6417, Online ISSN : 2454-6003
50. Vassilina, T., Umbetov, A., Cihacek, L. J., & Vassilina, G. (2012). Some aspects of mineral and organic nutrition for improved yield and oil contents of mustard (Brassica juncea). Eurasian Chemico-Technological Journal, 14(3), 263-269.
51. Eleshev R. E., Nurmanov Y. Т., Khamzina B. N. Yield and quality of mustard seeds depending on mineral nutrition and fertilizers under conditions of southern black soil //seriâ agrarnyh nauk. – 2020. – С. 25.
52. Лукин Александр Анатольевич, Пирожинский Сергей Геннадьевич, Характеристика и показатели качества некоторых видов растительных масел, «Молодой учёный» . № 7 (54) Технические науки . Июль, 2013 г
53. Томашова О. Л., Томашов С. В., Шевченко И. М. Продуктивность горчицы сарептской при разных сроках сева с использованием удобрений в технологии её возделывания //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 4 (66). – С. 92-95.
54. Ahmad, A., G. Abraham and M. Z. Abdin, 1999. Physiological investigation of the impact of nitrogen and sulphur application on seed and oil yields of rapeseed (Brassica campestris L.) and mustard (Brassica juncea L. Czem. And Coss.) genotypes. J. Crop Sci., 183 (6): 19-25.
55. Vassilina T. et al. Effects of Mineral Nutrition on Seed Yield and Quality of Mustard (Brassica Juncea) //Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2012. – Т. 14. – №. 3. – С. 253-261.

#### George L. Suryavanshi, D.R.; Sipahimalani, A.T.; Srinivasan, V.T.. . Oil content and fatty acid composition of mustard seed (Brassica juncea L) obtained through tissue culture //Proceedings of the Indian National Science Academy. Part B: Biological sciences. – 1985. Р 511-514.

#### Масло Khanna K. R. et al. Genetics of fatty acid composition and breeding for modified seed oils //Biochemical aspects of crop improvement. – 1991. – С. 255-281.

#### Sharif, R., Paul, R., Bhattacharjya, D., & Ahmed, K. (2017). Physicochemical characters of oilseeds from selected mustard genotypes. Journal of the Bangladesh Agricultural University, 15(1), 27–40. Retrieved from <https://www.banglajol.info/index.php/JBAU/article/view/33527>

#### Харченко Л. Н. Динамика накопления эфирного и жирного масел у, сарептской горчицы (brassica juncea czern.) : дис. – Институт ботаники Академии Наук УССР, 1964. Киев 150 страниц

1. Трубина В.С., Горлова Л.А., Сердюк О.А., Шипиевская Е.Ю., Картамышева Е.В., Агафонов О.М. Результаты экологического испытания перспективных сортообразцов горчицы сарептской в различных условиях Российской Федерации // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 1 (1). – С. 24–0.
2. Григорьева, В.Н. Семена сарептской горчицы, состав и свойства входящих в них компонентов [Текст]/ В.Н. Григорьева [и др.] // Масложировая промышленность. – 1992. – № 2. – С. 6-16.
3. Кандроков З.Ж. Продуктивность и качество семян горчицы сарептской в зависимости от способов посева и минерального питания // Современные наукоемкие технологии. – 2009. – № 6. – С. 24-26.
4. Дятлова М.В. Оптимизация элементов технологии возделывания масличных культур в условиях Курганской области: диссертация к.с.-х.н. 06.01.09, Курган, 2005, 196 с.
5. Ростова Е. Н., Изотов А. М. Засоренность и продуктивность посевов горчицы белой (sinapis alba l.) В зависимости от нормы высева и дозы азота //Таврический вестник аграрной науки. – 2021. – №. 1. – С. 195-204.
6. Ерёмин Д. И. Роль основной системы обработки почвы в фосфорном питании зерновых культур //инновационные технологии в апк: теория и практика. – 2021. – С. 280-285.
7. Никитишен В. И., Личко В. И. Эффективность прямого действия и последействия длительного применения удобрений на серой лесной почве //Агрохимия. – 2011. – №. 1. – С. 11-19.
8. Хайдуков К. П., Трутаева Н. Н. Проблемы фосфорного питания в современном земледелии //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – №. 9. – С. 50-52.
9. Черненок В.Г. Научные основы и практические приемы управления плодородием почв и продуктивность культур в Северном Казахстане.- Астана, 2009.- С. 66.
10. Черненок В.Г. Диагностика и оптимизация условий фосфорного питания культур в богарных условиях Северного Казахстана // Материалы 8- го симпозиума ученых и агроэкологов «Агрохимэкосодружества».– Белгород, 2013. «Совершенствование программы и методов агрохимических исследований». – Москва, 2014. – С. 29-50.
11. Черненок В.Г. Методика определения доз фосфорных удобрений. В кн. Классический университетский учебник для стран СНГ «Агрохимия» по ред. В.Г. Минеева. Гл. 9.2. – Москва, 2017. – С. 586-590.
12. Черненок В. Г., Ошакбаева Ж. Е., Серикпаева Ж. К. Реакция сафлора на условия фосфорного питания. "Сейфуллин оқулары– 14: Жастар, ғылым, инновациялар: цифрландыру - жаңа даму кезеңі » атты Республикалық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 14: Молодежь, наука, инновации: цифровизация - новый этап развития» -2018. - Т.І, Ч.1. - С.45-48
13. Бородычев В. В., Левина А. В., Адьяев С. Б. Водный режим и продуктивность горчицы сарептской в рисовых чеках //Плодородие. – 2011. – №. 1. – С. 11-13.
14. Павлов К. В. Оптимизация калийного питания ячменя при локальном внесении калийных удобрений //Агрохимия. – 2009. – №. 2. – С. 28-34.
15. Муртазина С. Г., Гаффарова Л. Г. Оптимизация калийного состояния серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан при интенсивном применении удобрений //Плодородие почв России: состояние, тенденции и прогноз. – 2019. – С. 214-218.
16. Борисоник З.Б. Ячмень яровой. – М.:Колос, 1974. – С.78.
17. Дурасов А.М., Тазабеков Т.Т. Почвы Казахстана. Алма-ата Кайнар 1981 год 152 с .
18. Отчет о проведении агрохимического обследования почв по хозяйству: ТОО «Никольское и К» Буландынского района Акмолинской области. - Кокшетау, ТОО «Кокшетауская проектно-изыскательская станция химизации», 2004. - 49 с.
19. Абдыхалыков С.Д., Джаланкузов Т.Д., Редков В.В. Черноземы и темнокаштановые почвы Северного Казахстана. Алматы, 2012 – 195 с. ISBN 978-601-80286-1-8
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – Изд. 5-е, доп. и перер. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с
21. Государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан, Нур-Султан, 2019, 99 с.
22. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, Том 1. Сорта растений Москва, 2019, 515 с.
23. Карипов Р.Х. Практикум по земледелию: Учебное пособие. Астана, 2005 г. 200 с
24. Мудрых, Н.М. Агрохимия: лабораторный практикум / Н.М. Мудрых, М.И. Пинаева; М-во с.-х. РФ, Федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов, «Пермский гос. аграрно-технологич. ун-т им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь: ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2020. – 77 с.
25. Лукомец В.М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / В.М. Лукомец, Н.М. Тишков, В.Ф. Баранов. – Краснодар, 2010. – 327 с.
26. Меньшиков Н.Ф. и др. Эффективность применения минеральных удобрений. – М.: Колос, 1981. – 128 с
27. Картамышева Е.В. Проблемы и перспективы возделывания горчицы сарептской //Земледелие, 2006. № 4. С. 25 – 26.
28. Рожкован В.В., Журавель В.М. Горчица – перспективная культура многостороннего использования // Агровісник, 2006.–№ 10.–С. 46 – 49.
29. Коваленко С.А. Вплив добрив та рістрегулюючих препаратів на продуктивність гірчиці сарептської//НТБ інституту олійних культур УААН. Вип.14-Запоріжжя, 2009. с.150 – 156
30. Johnston, A. M., Tanaka, D. L., Miller, P. R., Brandt, S. A., Nielsen, D. C., Lafond, G. P. and Riveland, N. R. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains. Agron. J. 94: 231-240
31. Власенко, Н.Г. Экологически адаптированная защита ярового рапса и других полевых капустовых культур в лесостепи Западной Сибири: ав-тореф. дис.д-ра биол. наук. Новосибирск, 1999.-41 с.
32. Карипов Р.Х. Динамика испарения влаги из почвы // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. Алма-Ата, 1987, № 12. С. 29-30.
33. Е.Т. Нурманов, Б.Н. Хамзина Продуктивность и качество семян сортов горчицы в зависимости от минерального питания и применения удобрений. Международный сельскохозяйственный журнал № 2 (374) / 2020 63-66 стр.
34. Вериго С.А., Разумова Н.А. Почвенная влага. –Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 327с.
35. Башков, А. С., Бортник, Т. Ю., Карпова, А. Ю., Исупов, А. Н., Загребина, М. Н., Страдина, О. А. Фосфатное состояние дерново-подзолистых почв Удмуртии и проблема фосфорного питания сельскохозяйственных культур. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии, (2017). (1), 11-20.
36. Черненок В.Г.Теоретические основы оптимизации условий фосфорного питания зерновых культур //Вестник науки ААУ им.С.Сейфуллина. – Астана, 1998. – С.53-57.
37. Якименко В. Н., Нечаева Т. В. Действие и последействие калийных удобрений в Западной Сибири //Вестник Международного института питания растений. – 2016. – №. 2. – С. 9.
38. Дятлова Марина Владимировна тема оптимизация элементов технологии возделания масличных культур в условиях Курганской области 06.01.09.ростеневодство диссертация на соискание учёной степени кандидата сельскохозя Курган 2005 год 146 страниц
39. Плотников А. М., Кабдунова Г. С. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений //Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – №. 1. – С. 38-41.
40. Елисеев В. И., Абдрашитов Р. Р. Химический состав растений яровой пшеницы и вынос питательных веществ с урожаем при длительном применении удобрений //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 6 (68). – С. 237-239.
41. Степанова Т.О. Влияние соотношений элементов минеральных удобрений на химический состав и урожай горчицы белой и ярового рапса // Сб. работ ВИР. Вып. 2, 1958. С. 28-32.
42. Губанов Я.В., Тихвинский С.Ф., Горелов ЕЛ. и др. Технические культуры. М.: Агропромиздат, 1986. С. 126-128.
43. Шатилов И.С., Замараев Л.Г., Чаповсхая Г.В. Баланс питательных веществ всевообороте и программирование урожаев полевых культур // Программирование урожаев с.-х. культур. Казань: Татарское книжное изд-во, 1984. С. 31-40.
44. Чеботарев Н. Т., Юдин А. А. Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми //Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – №. 2. – С. 11-13.
45. Гроздинский А.М., Гроздинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. – Киев:Урожай, 1973. – С.48.
46. Кауричев И.С. Почвоведение. – М.: Агропромиздат, 1989. – 120 c.
47. Ягодин Б.А. Агрохимия - М.:Колос, 1982. – 576 с.
48. Бурлакова Л.М. Плодородие Алтайских черноземов в системе агроценоза. – Новосибирск:Наука, 1984. – 196 с.
49. Минеев В.Г. Агрохимия. – М.: Колос, 2004. – 718 с.
50. Волков Е.Д., Золотарев А.Н. Минеральное питание яровой пшеницы в Северном Казахстане //Почвозащитная система земледелия. – Целиноград, 1974. – С.29-45.
51. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. - М.:Агропромиздат, 1990. - 219 с.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение А.1 – Среднее количество осадков за 2018-2019 с/х год исследований, мм (метеостанция Алтынды Буландынского района Акмолинской области)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Осадки, мм | | |
| среднемноголетние | 2018/2019 | ± |
| 2018 | | | |
| IX | 26 | 24,0 | -2 |
| X | 33 | 66,0 | 33 |
| XI | 28 | 33,0 | 5 |
| XII | 23 | 10,0 | -13 |
| 2019 | | | |
| I | 18 | 10,0 | -8 |
| II | 16 | 26,0 | 10 |
| III | 19 | 27,0 | 8 |
| IV | 25 | 34,0 | 9 |
| V | 37 | 19,0 | -18 |
| VI | 37 | 43,0 | 6 |
| VII | 66 | 22,0 | -44 |
| VIII | 37 | 31,0 | -6 |
| Всего за I-XII | 365 | 331,1 | -33,9 |

Приложение А.2 – Средняя суточная температура воздуха за 2019-2020 с/х год исследований, 0 С

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Среднесуточная температура, °С | | |
| среднемноголетние | 2018/2019 | ± |
| 2018 | | | |
| IX | +11,1 | +10,7 | -0,4 |
| X | +3,6 | +12,1 | +8,5 |
| XI | -6,5 | -6,7 | +0,2 |
| XII | -13,2 | -15,9 | +2,7 |
| 2019 | | | |
| I | -15,5 | -15,7 | +0,2 |
| II | -15,2 | -14,6 | -0,6 |
| III | -7,8 | -5,3 | -2,5 |
| IV | +4,4 | +2,4 | -2,0 |
| V | +12,7 | +11,7 | -1,0 |
| VI | +18,3 | +15,7 | -2,6 |
| VII | +19,5 | +19,9 | +0,4 |
| VIII | +17,5 | +17,9 | +0,4 |
| Всего за I-XII | +28,9 | +32,2 | +3,3 |

Приложение А.3 – Среднее количество осадков за 2019-2020 с/х год исследований, мм (метеостанция Алтынды Буландынского района Акмолинской области)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Осадки, мм | | |
| среднемноголетние | 2019/2020  с/х год | ± |
| 2019 | | | |
| IX | 26 | 54,9 | +28,9 |
| X | 33 | 35,6 | +2,6 |
| XI | 28 | 30,5 | +2,5 |
| XII | 23 | 69,0 | +46 |
| 2020 | | | |
| I | 18 | 59,0 | +41 |
| II | 16 | 33,0 | +17 |
| III | 19 | 2,7 | -16,3 |
| IV | 25 | 45,4 | +20,4 |
| V | 37 | 2,6 | -34,4 |
| VI | 37 | 54,9 | +17,9 |
| VII | 66 | 58,8 | -7,2 |
| VIII | 37 | 26,3 | -10,7 |
| I-XII | 365 | 502,7 | +137,7 |

Приложение А.4 – Средняя суточная температура воздуха за 2019-2020 с/х год исследований, 0 С

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Среднесуточная температура, °С | | |
| среднемноголетние | 2019/2020  с/х год | ± |
| 2019 | | | |
| IX | +11,1 | +10,0 | -1,1 |
| X | +3,6 | +6,2 | +2,6 |
| XI | -6,5 | -9,3 | -2,8 |
| XII | -13,2 | -9,6 | -3,6 |
| 2020 | | | |
| I | -15,5 | -9,3 | -6,2 |
| II | -15,2 | -7,6 | -7,6 |
| III | -7,8 | -3,8 | -4,0 |
| IV | +4,4 | +7,9 | +3,5 |
| V | +12,7 | +16,3 | +3,6 |
| VI | +18,3 | +17,5 | -0,8 |
| VII | +19,5 | +19,4 | -0,1 |
| VIII | +17,5 | +18,8 | +1,3 |
| I-XII | +1,2 | +4,7 | +3,5 |

Приложение А.5 - Среднее количество осадков за 2020-2021 с/х год исследований, мм (метеостанция Алтынды Буландынского района Акмолинской области)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Осадки, мм | | |
| среднемноголетние | 2020/2021 | ± |
| 2020 | | | |
| IX | 26 | 53,0 | +27 |
| X | 33 | 13,0 | -20 |
| XI | 28 | 16,0 | -12 |
| XII | 23 | 3,0 | -20 |
| 2021 | | | |
| I | 18 | 2,0 | -16 |
| II | 16 | 4,0 | -12 |
| III | 19 | 16,0 | -3,0 |
| IV | 25 | 3,0 | -22,0 |
| V | 37 | 89,0 | +52,0 |
| VI | 37 | 19,0 | -18,0 |
| VII | 66 | 8,0 | -58,0 |
| VIII | 37 | 15,0 | -22,0 |
| Всего за I-XII | 365 | 241 | -124 |

Приложение А.6 – Средняя суточная температура воздуха за 2020-2021 с/х год исследований, 0 С

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Месяц | Среднесуточная температура, °С | | |
| среднемноголетние | 2020/2021 | ± |
| 2020 | | | |
| IX | +11,1 | +10,6 | -0,5 |
| X | +3,6 | +3,4 | -0,2 |
| XI | -6,5 | -7,5 | +1,0 |
| XII | -13,2 | -16,6 | +3,4 |
| 2021 | | | |
| I | -15,5 | -20,0 | +4,5 |
| II | -15,2 | -15,3 | +0,1 |
| III | -7,8 | -9,5 | +1,7 |
| IV | +4,4 | +4,1 | -0,3 |
| V | +12,7 | +17,5 | +4,8 |
| VI | +18,3 | +17,4 | -0,9 |
| VII | +19,5 | +19,9 | +0,4 |
| VIII | +17,5 | +19,7 | +2,2 |
| Всего за I-XII | +2,4 | +2,0 | -0,4 |

Приложение Б - Содержание и динамика продуктивной влаги под посевами горчицы, мм

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы, см | Среднее за 2019-2021 гг | | | | | | | |
| Сорт Рушена | | | | Сорт Профи | | | |
| До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки |
| 0-20 | 23,9 | 12,4 | 11,2 | 9,2 | 23,3 | 10,1 | 14,4 | 9,7 |
| 0-40 | 56,8 | 37,1 | 31,6 | 25,9 | 56,2 | 25,0 | 37,7 | 24,9 |
| 0-100 | 160,0 | 113,4 | 98,3 | 81,3 | 161,5 | 77,8 | 124,3 | 74,1 |

Приложение Б.1 - Содержание и динамика продуктивной влаги под посевами горчицы, мм

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы, см | 2019 г. | | | | 2020 г. | | | | 2021 г. | | | |
| До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки |
| Сорт Рушена | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | 25,9 | 9,6 | 15,2 | 9,55 | 25,7 | 17,9 | 18,4 | 10,99 | 20,2 | 9,7 | 7,1 | 6,70 |
| 20-40 | 33,9 | 21,6 | 26,2 | 13,03 | 39,2 | 31,6 | 34,9 | 13,82 | 25,5 | 20,9 | 23,2 | 23,28 |
| 0-40 | 59,8 | 31,3 | 41,5 | 22,58 | 64,9 | 49,5 | 53,3 | 24,81 | 45,7 | 30,6 | 30,3 | 29,98 |
| 40-60 | 35,3 | 21,8 | 32,9 | 15,26 | 43,0 | 24,0 | 27,9 | 13,66 | 30,5 | 20,0 | 16,0 | 16,24 |
| 60-80 | 39,1 | 24,4 | 38,1 | 16,79 | 37,4 | 33,1 | 27,3 | 19,09 | 26,8 | 24,5 | 23,7 | 21,9 |
| 80-100 | 34,8 | 23,6 | 32,9 | 20,57 | 34,3 | 33,1 | 31,0 | 20,67 | 28,5 | 24,3 | 16,4 | 18,42 |
| 0-100 | 169,0 | 101,0 | 155,3 | 75,20 | 179,5 | 139,7 | 139,5 | 82,23 | 131,5 | 99,4 | 86,4 | 86,54 |
| Сорт Профи | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | 27,2 | 12,2 | 15,3 | 9,27 | 25,3 | 18,0 | 16,4 | 12,15 | 17,4 | 11,5 | 7,6 | 8,56 |
| 20-40 | 36,6 | 22,0 | 24,8 | 5,54 | 39,7 | 22,7 | 22,7 | 17,25 | 22,5 | 22,5 | 23,0 | 22,7 |
| 0-40 | 63,8 | 34,2 | 40,1 | 14,81 | 65,0 | 40,7 | 39,1 | 29,40 | 39,9 | 34,0 | 30,6 | 31,26 |
| 40-60 | 36,0 | 22,0 | 26,2 | 4,97 | 44,1 | 32,5 | 32,5 | 16,19 | 34,2 | 20,2 | 16,4 | 16,5 |
| 60-80 | 37,5 | 26,7 | 36,1 | 26,70 | 39,9 | 34,1 | 34,1 | 21,94 | 29,5 | 21,8 | 25,0 | 28,13 |
| 80-100 | 32,3 | 21,9 | 33,4 | 4,98 | 36,2 | 32,3 | 32,3 | 22,01 | 26,3 | 23,0 | 18,0 | 17,67 |
| 0-100 | 169,6 | 93,9 | 135,9 | 51,46 | 185,2 | 139,6 | 138,0 | 89,52 | 129,8 | 99,0 | 81,2 | 93,56 |

Приложение В.1 – Содержание и динамика N–NO3 в годы исследований под посевами горчицы, мг/кг почвы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой почвы,  см | Среднее (2019-2021гг) | | | |
| До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки |
| Сорт Рушена | | | | |
| 0–20 | 13,9 | 12,6 | 11,6 | 10,5 |
| 20-40 | 8,8 | 8,9 | 7,0 | 8,0 |
| 0-40 | 11,3 | 10,5 | 9,3 | 9,3 |
| 40-60 | 7,2 | 6,5 | 5,6 | 5,7 |
| 60-80 | 4,3 | 4,0 | 3,8 | 4,9 |
| 80-100 | 2,8 | 3,9 | 3,0 | 3,1 |
| Сорт Профи | | | | |
| 0–20 | 13,5 | 11,8 | 10,6 | 9,0 |
| 20-40 | 9,3 | 8,2 | 7,7 | 7,0 |
| 0-40 | 11,4 | 10,3 | 9,2 | 8,0 |
| 40-60 | 6,5 | 5,6 | 6,2 | 5,5 |
| 60-80 | 5,2 | 3,8 | 4,8 | 4,7 |
| 80-100 | 3,8 | 2,6 | 3,5 | 2,8 |

Приложение В.2 - Влияние удобрений на содержание азота нитратов в почве перед посевом горчицы, мг/кг в слое 0-40 см

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений,  кг д.в./га | Рушена | | Профи | |
| среднее  (2019-2021 гг.) | ±  к контролю | среднее  (2019-2021 гг.) | ±  к контролю |
| О - контроль | 11,8 | - | 11,7 | - |
| N30 | 13,8 | 2,0 | 13,4 | 1,7 |
| N60 | 14,8 | 3,0 | 15,1 | 3,4 |
| P60 | 12,9 | 1,1 | 12,6 | 0,9 |
| P90 | 15,2 | 3,4 | 12,7 | 1,0 |
| P120 | 13,6 | 1,8 | 13,1 | 1,4 |
| P150 | 13,0 | 1,1 | 14,3 | 2,6 |
| P180 | 14,8 | 3,0 | 14,6 | 3,0 |
| P210 | 16,5 | 4,6 | 16,5 | 4,8 |
| P90N30 | 15,8 | 4,0 | 15,9 | 4,2 |
| P60N60 | 14,9 | 3,0 | 16,9 | 5,3 |
| P120N60 | 16,8 | 5,0 | 15,9 | 4,3 |
| P120N90 | 17,7 | 5,9 | 18,1 | 6,4 |
| P150N90 | 18,4 | 6,5 | 19,4 | 7,7 |

Приложение Г.1 - Содержание и динамика Р2О5 в годы исследований под посевами горчицы, мг/кг почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы,  см | Среднее 2019-2021 гг | | | | | | | |
| Сорт Рушена | | | | Сорт Профи | | | |
| До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза цветения | Во время  уборки |
| 0–20 | 19,0 | 19,2 | 19,2 | 13,6 | 20,4 | 19,0 | 17,9 | 13,8 |
| 20-40 | 8,0 | 7,6 | 9,9 | 7,2 | 7,1 | 7,9 | 7,1 | 7,9 |
| 40-60 | 3,5 | 3,3 | 4,1 | 3,7 | 5,3 | 5,5 | 4,2 | 5,0 |
| 60-80 | 2,1 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 3,2 | 2,8 | 2,3 | 2,6 |
| 80-100 | 1,3 | 0,8 | 1,2 | 0,7 | 2,2 | 2,0 | 1,0 | 0,9 |

Приложение Г.2 - Влияние удобрений на содержание подвижного фосфора в почве в слое 0-20 см перед посевом горчицы, мг/кг (2019-2021 гг.)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Дозы удобрений,  кг д.в./га | Годы исследований (2019-2021 гг.) | | | |
| сорт Рушена | | сорт Профи | |
| среднее | ± к контролю | среднее | ± к контролю |
| О | 19,4 | - | 20,2 | - |
| N 30 | 21,8 | 2,4 | 20,1 | -0,1 |
| N 60 | 24,3 | 4,9 | 21,9 | 1,7 |
| P 60 | 26,0 | 6,6 | 25,1 | 4,9 |
| P 90 | 28,4 | 9,0 | 28,8 | 8,6 |
| P120 | 33,5 | 14,1 | 33,6 | 13,4 |
| P150 | 36,9 | 17,5 | 37,0 | 16,8 |
| P180 | 35,8 | 16,4 | 37,2 | 17,0 |
| P210 | 40,9 | 21,5 | 41,2 | 21,0 |
| P90 N 30 | 34,1 | 14,7 | 29,0 | 8,8 |
| P60 N60 | 29,8 | 10,4 | 29,7 | 9,5 |
| P120 N 60 | 34,6 | 15,2 | 31,9 | 11,7 |
| P120 N 90 | 38,5 | 19,1 | 37,7 | 17,5 |
| P150 N 90 | 39,2 | 19,8 | 38,5 | 18,3 |

Приложение Д.1 – Содержание и динамика K2О в годы исследований под посевами горчицы, мг/кг почвы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Слой  почвы,  см | Среднее за 2019-2021 гг | | | | | | | |
| сорт Рушена | | | | сорт Профи | | | |
| До  посева | Фаза бутонизации | Фаза  цветения | Во время уборки | До  посева | Фаза бутонизации | Фаза  цветения | Во время уборки |
| 0–20 | 552 | 555 | 527 | 562 | 571 | 589 | 547 | 534 |
| 20-40 | 437 | 443 | 450 | 444 | 468 | 437 | 437 | 445 |
| 0-40 | 494 | 499 | 488 | 503 | 520 | 513 | 492 | 489 |
| 40-60 | 359 | 348 | 334 | 342 | 393 | 334 | 378 | 342 |
| 60-80 | 278 | 238 | 284 | 266 | 327 | 221 | 239 | 243 |
| 80-100 | 247 | 223 | 202 | 218 | 345 | 236 | 227 | 214 |

Приложение Д.2 - Влияние удобрений на содержание подвижного калия в почве перед посевом горчицы, мг/кг (2019-2021 гг.)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Доза удобрений,  кг д.в./га | Среднее (2019-2021 гг.) | |
| сорт Рушена | сорт Профи |
| О - контроль | 571 | 567 |
| N 30 | 539 | 574 |
| N 60 | 573 | 571 |
| P 60 | 564 | 556 |
| P 90 | 528 | 549 |
| P120 | 556 | 534 |
| P150 | 530 | 544 |
| P180 | 518 | 539 |
| P210 | 509 | 523 |
| P90 N 30 | 504 | 526 |
| P60 N60 | 494 | 513 |
| P120 N 60 | 482 | 507 |
| P120 N 90 | 496 | 519 |
| P150 N 90 | 485 | 532 |

Приложение Е - Влияние удобрений на урожайность сортов горчицы, 2019-2021 гг (ц/га)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений, кг д.в./га | Урожайность (среднее за 3 года) | | | | | |
| Рушена | | | Профи | | |
| ц/га | урожай на «О»и прибавка к нему, ц | % | ц/га | урожай на «О» и прибавка к нему, ц | % |
| Сорт Рушена | | | |  |  |  |
| О - контроль | 13,0 | - | 100 | 17,7 | - | 100 |
| N30 | 13,4 | 0,4 | 3,1 | 18,3 | 0,6 | 3,4 |
| N60 | 13,6 | 0,6 | 4,6 | 18,7 | 1 | 166,7 |
| Р60 | 17,2 | 4,2 | 32,3 | 21,1 | 1,8 | 180,0 |
| Р90 | 18,7 | 5,7 | 43,8 | 24,4 | 3,7 | 205,6 |
| Р120 | 18,7 | 5,7 | 43,8 | 24,9 | 4,5 | 121,6 |
| P150 | 19,6 | 6,6 | 50,8 | 25,1 | 6,1 | 135,6 |
| P180 | 20,0 | 7 | 53,8 | 22,4 | 6,6 | 108,2 |
| P210 | 17,3 | 4,3 | 33,1 | 20,3 | 9 | 136,4 |
| P90N30 | 24,8 | 11,8 | 90,8 | 26,0 | 8,3 | 92,2 |
| P60N60 | 22,1 | 9,1 | 70,0 | 27,1 | 9,4 | 113,3 |
| P120N60 | 22,8 | 9,8 | 75,4 | 29,8 | 12,1 | 128,7 |
| P120N90 | 17,0 | 4 | 30,8 | 24,2 | 6,5 | 53,7 |
| P150N90 | 17,3 | 4,3 | 33,1 | 23,6 | 5,9 | 90,8 |
| НСР05 | 1,3 |  |  | 1,7 |  |  |
| m,% | 0,5 |  |  | 0,6 |  |  |

Приложение Ж - Масличность горчицы в годы исследований (2019-2021), %

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Доза удобрений,  кг д.в. | Среднее за 3 года | ± к контролю |
| Сорт Рушена | | |
| О | 28,1 | - |
| N30 | 32,7 | 4,6 |
| N60 | 28,3 | 0,2 |
| Р60 | 28,6 | 0,5 |
| Р90 | 29,6 | 1,5 |
| Р120 | 29,1 | 1,0 |
| P150 | 30,4 | 2,3 |
| P180 | 29,1 | 1,0 |
| P210 | 29 | 0,9 |
| НСР05 | 3,21 |  |
| m% | 1,08 |  |
| Сорт Профи | | |
| О | 32,9 |  |
| N30 | 35,2 | 2,3 |
| N60 | 35,8 | 2,9 |
| Р60 | 35,6 | 2,7 |
| Р90 | 36,9 | 4,0 |
| Р120 | 37,5 | 4,6 |
| P150 | 35,6 | 2,7 |
| P180 | 34,9 | 2,0 |
| P210 | 34,3 | 1,4 |
| НСР05 | 2,64 |  |
| m% | 0,89 |  |

Приложение З.1 – Влияние минеральных удобрений на накопление сухого вещества горчицы, г/100 растений

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений,  кг д.в./га | Рушена | | | | | | Профи | | | | | |
| Фаза бутонизации | | Фаза цветения | | Полное созревание | | Фаза бутонизации | | Фаза цветения | | Полное созревание | |
| г | % от полной спелости | г | % от полной спелости | г | %  к «О» | г | % от полной спелости | г | % от полной спелости | г | %  к «О» |
| О - контроль | 35,9 | 42,6 | 60,1 | 62,7 | 83,9 | 100,0 | 35,5 | 26,1 | 72,7 | 52,0 | 139,0 | 100,0 |
| N30 | 48,6 | 56,3 | 61,7 | 62,7 | 86,7 | 103,8 | 48,7 | 41,1 | 75,8 | 53,8 | 141,5 | 102,1 |
| N60 | 48,6 | 51,6 | 71,5 | 61,9 | 94,4 | 113,5 | 53,8 | 33,8 | 124,5 | 61,9 | 194,0 | 143,7 |
| Р60 | 92,8 | 57,0 | 161,5 | 62,3 | 186,1 | 132,6 | 91,4 | 37,0 | 164,3 | 59,6 | 269,7 | 200,5 |
| Р90 | 111,8 | 53,7 | 182,9 | 66,4 | 213,1 | 185,7 | 104,0 | 36,4 | 180,3 | 60,5 | 293,5 | 178,5 |
| Р120 | 123,4 | 46,2 | 238,7 | 68,6 | 271,7 | 268,3 | 103,5 | 30,6 | 213,7 | 63,6 | 331,4 | 200,9 |
| P150 | 139,8 | 50,4 | 272,2 | 67,7 | 338,8 | 318,8 | 156,7 | 76,2 | 292,5 | 76,4 | 395,6 | 238,1 |
| P180 | 151,4 | 42,7 | 247,2 | 70,2 | 355,4 | 348,5 | 163,2 | 43,3 | 291,0 | 77,8 | 377,8 | 192,5 |
| P210 | 189,8 | 46,9 | 271,9 | 71,7 | 422,1 | 382,9 | 159,0 | 33,1 | 270,6 | 65,6 | 414,6 | 206,3 |
| P90N30 | 146,9 | 43,8 | 226,8 | 65,9 | 304,5 | 362,6 | 131,6 | 38,6 | 218,5 | 70,5 | 319,4 | 147,2 |
| P60N60 | 210,3 | 60,7 | 236,7 | 65,1 | 268,8 | 322,6 | 173,0 | 60,5 | 230,3 | 78,6 | 349,5 | 167,5 |
| P120N60 | 157,8 | 49,6 | 280,6 | 70,3 | 331,6 | 400,3 | 122,8 | 31,6 | 303,8 | 72,4 | 421,4 | 235,9 |
| P120N90 | 132,1 | 58,0 | 200,1 | 72,0 | 227,0 | 270,5 | 99,0 | 30,1 | 241,3 | 76,2 | 327,6 | 155,8 |
| P150N90 | 125,8 | 43,4 | 213,1 | 66,9 | 293,8 | 346,8 | 104,9 | 42,9 | 205,9 | 69,6 | 330,2 | 142,5 |

Приложение З.2 - Влияние удобрений на химический состав вегетативной массы горчицы (% на сухое вещество) (2019-2021 гг)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений, кг д.в./га | Рушена | | | | | | | | | Профи | | | | | | | | |
| Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | Фаза полной спелости | | | Фаза бутонизации | | | Фаза цветения | | | Фаза полной спелости | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| О | 1,13 | 0,57 | 1,80 | 0,71 | 0,55 | 1,29 | 0,62 | 0,53 | 1,20 | 1,48 | 0,55 | 2,05 | 1,17 | 0,42 | 1,63 | 1,17 | 0,48 | 1,65 |
| N30 | 1,16 | 0,60 | 1,80 | 0,78 | 0,57 | 1,38 | 0,68 | 0,55 | 1,33 | 1,48 | 0,64 | 2,08 | 1,21 | 0,45 | 1,66 | 1,21 | 0,45 | 1,68 |
| N60 | 1,25 | 0,58 | 1,80 | 0,86 | 0,45 | 1,41 | 0,73 | 0,50 | 1,38 | 1,53 | 0,68 | 2,14 | 1,26 | 0,41 | 1,68 | 1,28 | 0,41 | 1,68 |
| Р60 | 1,49 | 0,55 | 1,93 | 0,87 | 0,54 | 1,75 | 0,77 | 0,51 | 1,68 | 1,62 | 0,61 | 2,15 | 1,28 | 0,44 | 1,89 | 1,32 | 0,46 | 1,96 |
| Р90 | 1,50 | 0,31 | 1,95 | 1,00 | 0,60 | 1,77 | 0,88 | 0,56 | 1,71 | 1,70 | 0,66 | 2,23 | 1,38 | 0,57 | 1,96 | 1,38 | 0,56 | 2,00 |
| Р120 | 1,53 | 0,48 | 2,02 | 0,81 | 0,59 | 1,81 | 0,81 | 0,58 | 1,74 | 1,71 | 0,72 | 2,28 | 1,28 | 0,53 | 1,97 | 1,28 | 0,55 | 2,01 |
| P150 | 1,51 | 0,58 | 1,95 | 0,93 | 0,47 | 1,87 | 0,87 | 0,53 | 1,77 | 1,81 | 0,77 | 2,38 | 1,32 | 0,59 | 2,03 | 1,32 | 0,65 | 2,07 |
| P180 | 1,44 | 0,47 | 2,00 | 0,95 | 0,51 | 1,91 | 0,91 | 0,57 | 1,80 | 1,83 | 0,80 | 2,38 | 1,03 | 0,61 | 2,06 | 1,04 | 0,68 | 2,09 |
| P210 | 1,50 | 0,46 | 1,99 | 0,90 | 0,48 | 1,88 | 0,89 | 0,59 | 1,83 | 1,87 | 0,86 | 2,43 | 1,35 | 0,55 | 2,07 | 1,41 | 0,69 | 2,10 |
| P90N30 | 1,60 | 0,44 | 2,00 | 0,96 | 0,52 | 1,82 | 0,94 | 0,57 | 1,78 | 1,76 | 0,74 | 2,32 | 1,30 | 0,60 | 2,03 | 1,38 | 0,63 | 2,01 |
| P60N60 | 1,56 | 0,58 | 1,92 | 0,96 | 0,55 | 1,69 | 0,89 | 0,57 | 1,71 | 1,67 | 0,76 | 2,15 | 1,41 | 0,61 | 1,91 | 1,45 | 0,59 | 1,99 |
| P120N60 | 1,57 | 0,57 | 1,92 | 0,92 | 0,59 | 1,70 | 0,90 | 0,61 | 1,70 | 1,76 | 0,83 | 2,26 | 1,39 | 0,64 | 1,93 | 1,32 | 0,68 | 1,98 |
| P120N90 | 1,59 | 0,56 | 1,93 | 0,98 | 0,53 | 1,87 | 0,92 | 0,59 | 1,76 | 1,87 | 0,89 | 2,17 | 1,40 | 0,57 | 1,92 | 1,46 | 0,67 | 1,95 |
| P150N90 | 1,69 | 0,69 | 1,95 | 0,99 | 0,52 | 1,82 | 0,94 | 0,59 | 1,79 | 1,96 | 0,96 | 2,15 | 1,41 | 0,58 | 1,93 | 1,48 | 0,66 | 1,96 |

Приложение З.3 - Влияние удобрений на вынос элементов питания семенами растений горчицы, кг/га

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Доза удобрений,  кг д.в./га | Среднее за 3 года | | | | | |
| сорт Рушена | | | сорт Профи | | |
| N | Р2О5 | К2О | N | Р2О5 | К2О |
| O – контроль | 13,3 | 6,2 | 16,6 | 14,7 | 12,3 | 14,2 |
| N30 | 8,7 | 6,9 | 15,8 | 20,5 | 10,8 | 12,8 |
| N60 | 17,2 | 6,7 | 17,0 | 21,8 | 11,5 | 15,9 |
| P 60 | 22,5 | 8,9 | 21,9 | 16,6 | 15,4 | 17,2 |
| P 90 | 22,2 | 9,2 | 24,5 | 22,8 | 14,1 | 16,2 |
| P120 | 22,8 | 10,4 | 24,8 | 21,1 | 15,7 | 19,3 |
| P150 | 21,3 | 11,6 | 27,9 | 27,0 | 16,1 | 20,0 |
| P180 | 21,0 | 12,5 | 27,1 | 29,2 | 14,0 | 20,9 |
| P210 | 20,9 | 9,9 | 23,6 | 36,3 | 19,3 | 24,7 |
| P90 N 30 | 27,7 | 14,1 | 29,9 | 28,4 | 13,0 | 19,5 |
| P60 N60 | 22,5 | 12,9 | 27,0 | 30,1 | 17,5 | 19,7 |
| P120N60 | 26,8 | 14,2 | 28,2 | 32,1 | 17,2 | 22,9 |
| P120N90 | 18,2 | 10,0 | 20,5 | 24,1 | 13,4 | 17,4 |
| P150 N 90 | 21,0 | 9,7 | 21,2 | 25,6 | 13,4 | 18,3 |

Приложение К - Экономическая эффективность применения удобрений под горчицу

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | | Прибавка,  ц/га | | Стоимость  дополнительно  полученной  продукции, тг | Затраты на  удобрения,  тг/га | Чистый доход, тг/га | | Окупаемость затрат, тг | | Рентабельность, % | | |
| Рушена | | | | | | | | | | | | |
| 2019 г. | | | | | | | | | | | | |
| Р60 | | 5,6 | | 145600 | 21840 | 123760 | | 6,7 | | 567 | | |
| Р90 | | 6,3 | | 163800 | 33600 | 130200 | | 4,9 | | 388 | | |
| Р120 | | 6,5 | | 169000 | 43680 | 125320 | | 3,9 | | 287 | | |
| P150 | | 6,6 | | 171600 | 46200 | 125400 | | 3,7 | | 271 | | |
| P180 | | 6,3 | | 163800 | 65520 | 98280 | | 2,5 | | 150 | | |
| P210 | | 3 | | 78000 | 77280 | 720 | | 1,0 | | 1 | | |
| P90N30 | | 12,2 | | 317200 | 41472 | 275728 | | 7,6 | | 665 | | |
| P60N60 | | 10,5 | | 273000 | 37200 | 235800 | | 7,3 | | 634 | | |
| P120N60 | | 8,1 | | 210600 | 59040 | 151560 | | 3,6 | | 257 | | |
| P120N90 | | 2,6 | | 67600 | 67680 | -80 | | 1,0 | | 0 | | |
| P150N90 | | 3,4 | | 88400 | 18200 | 70200 | | 4,9 | | 386 | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | |
| Р60 | 4 | | 104000 | | 21840 | 82160 | 4,8 | | 376 | | |
| Р90 | 6,7 | | 174200 | | 33600 | 140600 | 5,2 | | 418 | | |
| Р120 | 6,5 | | 169000 | | 43680 | 125320 | 3,9 | | 287 | | |
| P150 | 8 | | 208000 | | 46200 | 161800 | 4,5 | | 350 | | |
| P180 | 9,9 | | 257400 | | 65520 | 191880 | 3,9 | | 293 | | |
| P210 | 5,4 | | 140400 | | 77280 | 63120 | 1,8 | | 82 | | |
| P90N30 | 15,3 | | 397800 | | 41472 | 356328 | 9,6 | | 859 | | |
| P60N60 | 10,5 | | 273000 | | 37200 | 235800 | 7,3 | | 634 | | |
| P120N60 | 12,6 | | 327600 | | 151560 | 176040 | 2,2 | | 116 | | |
| P120N90 | 5,8 | | 150800 | | 67680 | 4147 | 2,2 | | 6 | | |
| P150N90 | 5,8 | | 150800 | | 18200 | 83200 | 8,3 | | 457 | | |
| 2021 | | | | | | | | | | |
| N30 | 1,8 | | 46800 | | 7872 | 38928 | 5,9 | | 495 | |
| N60 | 2,6 | | 67600 | | 15360 | 52240 | 4,4 | | 340 | |
| Р60 | 3 | | 78000 | | 21840 | 56160 | 3,6 | | 257 | |
| Р90 | 4,1 | | 106600 | | 33600 | 73000 | 3,2 | | 217 | |
| Р120 | 4,3 | | 111800 | | 43680 | 68120 | 2,6 | | 156 | |
| P150 | 5,4 | | 140400 | | 46200 | 94200 | 3,0 | | 204 | |
| P180 | 5 | | 130000 | | 65520 | 64480 | 2,0 | | 98 | |
| P210 | 4,7 | | 122200 | | 77280 | 44920 | 1,6 | | 58 | |
| P90N30 | 7,9 | | 205400 | | 41472 | 163928 | 5,0 | | 395 | |
| P60N60 | 6,4 | | 166400 | | 37200 | 129200 | 4,5 | | 347 | |
| P120N60 | 8,9 | | 231400 | | 151560 | 79840 | 1,5 | | 53 | |
| P120N90 | 3,7 | | 96200 | | 67680 | 28520 | 1,4 | | 42 | |
| P150N90 | 3,9 | | 101400 | | 18200 | 83200 | 5,6 | | 457 | |
| Профи | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | |
| N60 | 0,1 | | 2600 | | 15360 | -12760 | 0,2 | | -83 | |
| Р60 | 5,6 | | 145600 | | 21840 | 123760 | 6,7 | | 567 | |
| Р90 | 6,3 | | 163800 | | 33600 | 130200 | 4,9 | | 388 | |
| Р120 | 6,5 | | 169000 | | 43680 | 125320 | 3,9 | | 287 | |
| P150 | 6,6 | | 171600 | | 46200 | 125400 | 3,7 | | 271 | |
| P180 | 6,3 | | 163800 | | 65520 | 98280 | 2,5 | | 150 | |
| P210 | 3 | | 78000 | | 77280 | 720 | 1,0 | | 1 | |
| P90N30 | 12,2 | | 317200 | | 41472 | 275728 | 7,6 | | 665 | |
| P60N60 | 10,5 | | 273000 | | 37200 | 235800 | 7,3 | | 634 | |
| P120N60 | 8,1 | | 210600 | | 59040 | 151560 | 3,6 | | 257 | |
| P120N90 | 2,6 | | 67600 | | 67680 | -80 | 1,0 | | 0 | |
| P150N90 | 6,5 | | 169000 | | 18200 | 150800 | 9,3 | | 829 | |
| 2020 | | | | | | | | | | |
| N30 | 2 | | 52000 | | 7872 | 44128 | 6,6 | | 561 | |
| N60 | 2,1 | | 54600 | | 15360 | 39240 | 3,6 | | 255 | |
| Р60 | 2,4 | | 62400 | | 21840 | 40560 | 2,9 | | 186 | |
| Р90 | 4,7 | | 122200 | | 33600 | 88600 | 3,6 | | 264 | |
| Р120 | 6,4 | | 166400 | | 43680 | 122720 | 3,8 | | 281 | |
| P150 | 8,9 | | 231400 | | 46200 | 185200 | 5,0 | | 401 | |
| P180 | 10,5 | | 273000 | | 65520 | 207480 | 4,2 | | 317 | |
| P210 | 12,6 | | 327600 | | 77280 | 250320 | 4,2 | | 324 | |
| P90N30 | 12,7 | | 330200 | | 41472 | 288728 | 8,0 | | 696 | |
| P60N60 | 14,9 | | 387400 | | 37200 | 350200 | 10,4 | | 941 | |
| P120N60 | 16,9 | | 439400 | | 151560 | 287840 | 2,9 | | 190 | |
| P120N90 | 10,7 | | 278200 | | 67680 | 210520 | 4,1 | | 311 | |
| P150N90 | 12,2 | | 317200 | | 18200 | 299000 | 17,4 | | 1643 | |
| 2021 | | | | | | | | | | |
| Р60 | 1 | | 26000 | | 21840 | 4160 | 1,2 | | 19 | |
| Р90 | 2,8 | | 72800 | | 33600 | 39200 | 2,2 | | 117 | |
| Р120 | 3,4 | | 88400 | | 43680 | 44720 | 2,0 | | 102 | |
| P150 | 3,7 | | 96200 | | 46200 | 50000 | 2,1 | | 108 | |
| P180 | 4,7 | | 122200 | | 65520 | 56680 | 1,9 | | 87 | |
| P210 | 6,6 | | 171600 | | 77280 | 94320 | 2,2 | | 122 | |
| P90N30 | 1,1 | | 28600 | | 41472 | -12872 | 0,7 | | -31 | |
| P60N60 | 4,9 | | 127400 | | 37200 | 90200 | 3,4 | | 242 | |
| P120N60 | 8,8 | | 228800 | | 59040 | 169760 | 3,9 | | 288 | |
| P120N90 | 2,5 | | 65000 | | 67680 | -2680 | 1,0 | | -4 | |
| P150N90 | 1,3 | | 33800 | | 18200 | 15600 | 1,9 | | 86 | |