

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»

На правах рукописи



Ковалёв Сергей Сергеевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ  
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ  
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,  
защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

**Научный руководитель:**  
доктор биологических наук,  
профессор, академик РАН  
Шеуджен Асхад Хазретович

Краснодар, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО	
(Литературный обзор) .....	9
1.1 Азот и азотные удобрения .....	12
1.2 Фосфор и фосфорные удобрения .....	16
1.3. Калий и калийные удобрения .....	18
1.4 Микроэлементы и микроудобрения .....	21
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	30
2.1 Почвенно-климатические условия .....	30
2.1.1 Погодные условия.....	30
2.1.2 Характеристика почвы опытного участка .....	39
2.2 Объект и методика проведения исследований .....	47
3. ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ	
МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ	
ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ .....	60
3.1 Пищевой режим чернозема выщелоченного под посевами ячменя	
озимого при внесении макро- и микроудобрений .....	60
3.1.1 Минеральный азот.....	60
3.1.2 Подвижные формы фосфора и калия.....	68
3.2 Рост и развитие растений ячменя озимого при внесении макро- и	
микроудобрений.....	74
3.2.1 Изменение густоты стояния и высоты растений ячменя озимого .....	74
3.2.2 Динамика накопления сухого вещества растениями ячменя озимого .....	78
3.3 Содержания элементов минерального питания в растениях ячменя	
озимого при внесении макро- и микроудобрений.....	80
3.3.1 Азот.....	80
3.3.2 Фосфор .....	82
3.3.3 Калий .....	84

3.4 Потребление элементов минерального питания растениями ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений.....	86
3.4.1 Азот.....	87
3.4.2 Фосфор.....	88
3.4.3 Калий.....	90
3.5 Фотосинтетическая активность растений ячменя озимого в зависимости от применения макро- и микроудобрений.....	91
3.6 Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество зерна ячменя озимого.....	94
3.7 Вынос биогенных элементов с урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование 1 т зерна при внесении макро- и микроудобрений.....	101
4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО.....	106
ВЫВОДЫ.....	109
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	111
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	112
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	130

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Ячмень озимый является ценной зернофуражной культурой. В мире посевная площадь этой культуры составляет около 60 млн. га. В России – 8 млн. га. На долю озимого приходится около 10% посевов ячменя [118]. В России ячмень озимый выращивают преимущественно в южной и юго-восточной части страны, в структуре посевных площадей занимает 5%. На Северном Кавказе площади посевов ячменя озимого варьируют от 400 до 450 тыс. га [26, 27, 78].

Из отчетных материалов Министерства сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности Краснодарского края в 2017-2019 годах посевная площадь ячменя озимого составила 125-155 тыс. га, что соответствует валовому сбору зерновой продукции 752-938 тыс. тонн [71].

На Северном Кавказе производимое зерно ячменя озимого используется на корм в размолотом и дроблённом виде, а также в виде комбикорма, около 50 %. Зерно ячменя является прекрасным сырьем для получения солодовых экстрактов: в текстильной, кондитерской, спиртовой и пивоваренной промышленности. В пищевой промышленности из него готовят ячневую и перловую крупы, применяют для выпечки хлебобулочных изделий в смеси с рожью и пшеницей [78].

Сбалансированность белка по аминокислотному составу в зерне ячменя озимого более ценна питательными качествами в сравнении с зерном пшеницы озимой. Увеличение производства урожая этой культуры является ключевой задачей развития животноводства.

Одной из причин более широкого распространения ячменя озимого в производстве, помимо кормовых его достоинств, является высокая продуктивность культуры, по отношению к ячменю яровому, используя запасы осенне-зимне-весенней влаги, в условиях юга России урожайность формируется в 1,5-2,5 раза выше [22]. Вегетационный период ячменя озимого, в среднем на 10-15 дней короче пшеницы озимой, что является преимуществом по отношению к этой культуре. Это позволяет восполнить

нуждаемость животноводства в фуражном зерне ячменя конкретно в тот период, когда в кормах ощущается существенный недостаток [53].

В системе севооборотов ячмень озимый хороший предшественник для пожнивных кормовых культур, на единицу сухого вещества экономно расходует почвенную влагу. Благодаря короткому вегетационному периоду имеет большое агротехническое значение.

Стоит отметить, что с возобновлением весеннего кущения, трогаясь в интенсивный рост в начале весны, ячмень озимый лучше других злаковых сельскохозяйственных культур подавляет сорную растительность. Сокращается, а в некоторых случаях исключается необходимость применения гербицидов, уменьшая затраты на выращивание продукции [69].

Вместе с тем, на основании доклада Министерства природных ресурсов Краснодарского края «О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2020 году» установлено, что за прошедшие 40 лет на 10% территории Кубани уменьшились площади малогумусных черноземов и увеличились соответственно слабогумусных. Этот процесс наиболее заметен на обыкновенных и выщелоченных подтипах. Отмечено проявление технологической деградации почв через ухудшение агрохимических характеристик сельскохозяйственных угодий. Из года в год наблюдается снижение содержания в почве гумуса, подвижного фосфора и обменного калия, и перераспределение их в группы более низкой обеспеченности, что в значительной степени обусловлено недостаточным применением органических и минеральных удобрений в хозяйствах края. В настоящее время системы земледелия ориентированы на получение максимальной прибавки урожая и, главным образом, не выполняется основная функция - воспроизводство почвенного плодородия [20].

Ячмень озимый требователен к минеральному питанию и отзывчив на удобрения. Для формирования 1 т зерна эта культура использует 24-30 кг азота, 14-17 – фосфора и 19-26 кг калия [118]. Потребление элементов питания растениями ячменя озимого отличается неравномерностью:

максимальное приходится на межфазный период кущения – колошения. Именно тогда растения ячменя озимого поглощают до 70% элементов питания от максимального их выноса. К фазе колошения потребление азота растением достигает 90%, фосфора – 75%, а калия заканчивается [117].

В этой связи возникает необходимость усовершенствования рекомендаций для оптимизации минерального питания в системе севооборотов при применении удобрений для сохранения и воспроизводства плодородия почвы, а также для получения высококачественной продукции, в зависимости от условий произрастания сельскохозяйственных культур.

Максимальная продуктивность в агроценозе ячменя озимого достигается при сочетании макро- и микроудобрений, в результате увеличиваются не только показатели структуры урожая, но и повышается качество зерновой продукции. Поэтому, исследования направленные на совершенствование системы удобрения ячменя озимого весьма актуальны.

**Цель исследований** – научное обоснование применения макро- и микроудобрений на посевах ячменя озимого при возделывании на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

**Программой исследований предусматривалось решение следующих задач:**

- изучить динамику содержания минерального азота, подвижных форм фосфора и калия в черноземе выщелоченном в зависимости от норм и сочетаний макро- и микроудобрений при возделывании ячменя озимого;
- выявить особенности влияния макро- и микроудобрений на рост и развитие растений ячменя озимого;
- определить вынос урожаем элементов питания из почвы при различных системах удобрения;
- установить влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя озимого;
- выявить оптимальные нормы макро- и микроудобрений при заданном агрохимическом фоне;

– дать экономическую оценку эффективности применения минеральных удобрений на посевах ячменя озимого

**Научная новизна исследований.** Впервые в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном при применении макро- и микроудобрений установлены особенности питания растений ячменя озимого сорта Рубеж и выявлены изменения агрохимических показателей плодородия почвы. Расширены знания о влиянии удобрений на рост, развитие растений, количество и качество урожая. Получены новые данные по выносу азота, фосфора и калия с урожаем основной и побочной продукции.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Предлагаемая система удобрения улучшает питательный режим почвы и повышает обеспеченность растений ячменя озимого элементами минерального питания;
2. Применение макро- и микроудобрений повышает содержание азота, фосфора и калия в растениях ячменя озимого;
3. Макро- и микроудобрения усиливают процессы роста и развития растений ячменя озимого, положительно влияя на его продуктивность.

**Практическая ценность работы.** По результатам проведенной работы предложена система удобрений для возделывания ячменя озимого на черноземе выщелоченном, обеспечивающая повышение урожайности культуры с улучшенными качествами зерна.

**Вклад автора.** Выполнен анализ литературных источников по данному направлению исследований, проведено планирование полевого эксперимента, выполнены полевые и лабораторные исследования, осуществлена математическая оценка полученных экспериментальных данных. По результатам исследований автором опубликованы научные статьи, в которых представлен анализ основных результатов. Разработаны и обоснованы практические рекомендации по оптимизации минерального питания растений ячменя озимого.

**Степень достоверности результатов:** научные положения, результаты проведенной работы, выводы оригинальны, обоснованы и получены в результате использования современных методик лабораторных и полевых опытов. Достоверность экспериментальных данных подтверждается оценкой статистики методом дисперсионного анализа. Данные первичной документации отвечают требованиям, предъявляемым к регистрации научных результатов, и соответствуют представленной научной работе.

**Апробация работы.** Ежегодно результаты исследований были рассмотрены и утверждены на заседаниях профессорско-преподавательского состава кафедры агрономической химии Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина (2017-2018-2019-2020); доложены на конференциях различного уровня и опубликованы в сборниках: Всероссийской научно-практической конференции (Краснодар 2019 г.), Материалах Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников (Краснодар 2018 г.), Сборнике статей по материалам научно-исследовательских работ (Краснодар 2018 г.), а также в научных журналах, включенных в перечень ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации (Краснодар 2021 г.).

**Публикации.** Данные проведенных исследований опубликованы в шести печатных работах, две из которых входят в перечень журналов, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация включает в себя введение, четыре главы, выводы, рекомендации производству, список использованной литературы и приложения. Работа изложена на 156 страницах текста в компьютерном исполнении, содержит 21 таблицу, 33 рисунка. Список литературы включает 152 наименования.



## 1. ОСОБЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО (Литературный обзор)

Почва является фундаментом мирового сельскохозяйственного производства, а плодородием называют ее способность обеспечивать растения факторами к жизни элементами питания, водой, воздухом [96].

В каком направлении происходит изменение уровня плодородия почв и с какими темпами при различной интенсификации сельскохозяйственного производства до настоящего времени неясно. Не определены ещё количественные изменения различных взаимосвязанных слагаемых плодородия. Однозначно, мероприятия по разработке основ мониторинга плодородия почв и внедрением его результатов в практику сельскохозяйственного производства становится насущным, жизненно необходимым [9, 45, 70].

За последнее десятилетие кардинально изменилось социально-экономическое положение нашей страны, отразившееся на сельском хозяйстве в целом. Наблюдения показывают, происходит существенный рост цен на все мероприятия, связанные с агропромышленным комплексом. Выросли затраты на производство агрохимических средств, пестицидов, сельскохозяйственной техники, а также существенно изменился ассортимент минеральных удобрений, а включение в систему удобрений микроэлементов и мелиорантов, зачастую не регламентируется научным обоснованием. При современных интенсивных агротехнологиях происходит изменение агрохимических показателей плодородия почв, от которого зависят условия роста и развития растений и формирование высокого и качественного урожая.

Мобилизующими факторами плодородия в настоящее время являются: экологический, биологический, частично технический, и первоочередное значение соответствует фактору согласования. Тем самым, формула роста плодородия «приложение труд-капитал-наука» преобразуется в формулу

«приложение труд-интеллект-капитал» [3]. Оптимизация минерального питания растений необходима для поиска новых решений в земледелии, обеспечивающих не только стабилизацию и повышение плодородия почв, а также их ресурсосбережение. Особенно эта задача актуальна тем, что основные типы почв характеризуются значительным снижением плодородия земель сельскохозяйственного назначения.

Обеспечение растений в достаточном количестве и оптимальном соотношении элементами минерального питания – это составляющая обязательного условия формирования высокопродуктивных агроценозов. Создать оптимальные условия питания для растений невозможно без учета свойств различных видов и норм удобрений и особенностей их трансформации в почве [115, 137].

Химический состав и величина урожая растений зависят от условий питания, что достигается при оптимальном сочетании света, воды, тепла, воздуха, пищи и других экологических факторов. Из вышеуказанного следует, что, при разработке приёмов возделывания культурных растений, возможно увеличить не только урожайность, но и оказать должное внимание качеству выращиваемой продукции [8, 72].

Ячмень озимый – культура с большой потенциальной продуктивностью, более активно использует запасы влаги, накопленные в осенне-зимний период, экономно расходует их на единицу продукции и даёт урожай выше, по сравнению с ячменем яровым [133]. Практически вся основная часть элементов питания, содержащаяся в зерне ячменя, накапливается к фазе восковой спелости. Несмотря на то, что это зерно содержит повышенное количество воды, оно обладает полным химическим составом.

В зерне ячменя озимого содержится в среднем: 12,0% белка, 2,0 % жира, 55,0% крахмала, 4,0% сахара, 6,0% клетчатки, 11,0% пентозанов и других углеводов, 3,5% золы. По аминокислотному составу белок ячменя, особенно по содержанию лизина, более ценен по сравнению с белком

пшеницы. Таким образом, в 1 00 кг зерна ячменя озимого содержится 121 кормовых единиц и 79 кг переваримого протеина [16, 18, 84, 146].

Сорта ячменя озимого неодинаково реагируют на различные агроприемы, особенно на уровне минерального питания. Применение удобрений является основополагающим элементом технологии, так как они оказывают позитивное влияние на морозо- и зимостойкость растений, что в значительной степени определяет характер перезимовки и продуктивность агроценоза. Оптимизация системы удобрения ячменя озимого позволяет в условиях Краснодарского края рассчитывать на урожайности зерна 50–55 ц/га, а на сортоучастках – 79–84 ц/га [28, 73, 149].

Ячмень озимый чувствителен к кислотности почвы. По данным Шевцова В.М., Малюги Н.Г., Найденова А.С., Пикушовой Э.А. и Лобача И.А. благоприятные условия произрастания растений ячменя складываются при оптимальной величине рН=6-7. По их же данным почва, где рН=5,6 – 5,8 растения развиваются относительно хорошо, а при рН=3,5 семена не дают всходов [95].

Как известно, урожай создается в процессе фотосинтеза – синтеза органического вещества из неорганических соединений диоксида углерода, воды и минеральных элементов питания с помощью энергии солнечного света, улавливаемой пластидными пигментами фотосинтетического аппарата растения [135, 151].

По результатам исследований Б.М. Князева и Шомаховой А.А. фотосинтетическая деятельность посевов ячменя на 15 - 20% возрастает при оптимизации питания растений биогенными элементами. По их данным площадь ассимиляционной листовой поверхности разнится от 35 до 37 тыс. м<sup>2</sup>, фотосинтетический потенциал 1,8 - 2,0 млн.м<sup>2</sup> дней/га, чистая продуктивность фотосинтеза - 5,2-5,7 г/м<sup>2</sup>, сутки, сухая биомасс – 2,2 – 2,5 т/га, когда на «контрольном» варианте те же показатели были на 10-20% ниже [33]. Следовательно, урожайность ячменя озимого в значительной степени зависит от системы применения удобрений и её сбалансированности

всеми необходимыми и незаменимыми элементами растений с учетом их содержания в почве [21, 131].

Для того чтобы предотвратить потери урожайности ячменя озимого сельскохозяйственные товаропроизводители рекомендуют придерживаться оптимальных сроков сева, выработанных в итоге многолетних научных исследований и апробированных передовой практикой [15, 139]. Касаясь центральной зоны Краснодарского края для посева ячменя озимого отводится 1-10 октября с небольшой коррекцией в зависимости от состояния почвы и температурных показателей года [94, 132].

Макро- и микроудобрения в агроценозе ячменя озимого предусматривают три вида внесения: основное, рядковое и подкормки. Оптимизация норм, сроков и способов внесения с учетом форм удобрений способствует максимальной реализации генетического потенциала растений [64, 144].

Отзывчивость ячменя озимого на минеральное питание проявляется в течение всего вегетационного периода растений. В межфазный период всходы – кущение растения ячменя накапливают 20% органического вещества, поглощая при этом до 30-40% азота, 40% фосфора и до 75% калия от общей потребности. На формирования 1 тонны зерна ячменя озимого расходуется примерно азота – 15-20 кг, фосфора – 6-10 кг, калия– 4-8 кг, кальция – 0,6 - 2 кг, магния – 1-3 кг [46, 60, 62, 95, 134].

Недостаток элементов питания в вегетативный период жизни растений ячменя озимого последующим внесением удобрений в генеративный период из развития, то есть в период формирования репродуктивных органов будет уже невозможно – урожай резко снижается.

### **1.1 Азот и азотные удобрения**

Как отметили Л.А. Шамрай (1984), В.И. Фаизова и другие (2015), В.С. Цховребов с соавторами (2015) - азот является дефицитным элементом питания на многих типах почв и растения ячменя озимого в период

максимального его потребления нуждаются во внесении азотных удобрений. Это совпадает с периодом неблагоприятного водного и температурного режимов, что значительно ослабляет биологические процессы в почве, это в свою очередь, создает трудность в питании растений. [77, 83, 88].

В период кущения – колошения растений ячменя озимого наблюдается максимальное поглощение ими азота, к фазе кущения потребность составляет до 70% от максимального содержания, к фазам флаг лист – колошения повышается до 90%, потребность в фосфоре в этот период достигает 75%, калия – прекращается [98]. Следовательно, потребление азота ячменем озимым сопровождается с первых дней жизни и завершается практически в период налива зерна.

Азот является тем элементом питания для ячменя озимого, недостаток которого в прямой зависимости определяет количество и качество урожая. По мнению М. Neborg (1995), ячмень озимый азотом особенно нуждается в начальный период вегетации и в период интенсивного роста вегетативных и генеративных органов. L. Lim (1989) утверждает, что недостаток азота может привести к затягиванию фазы кущения, к медленному росту вегетативных органов, к изменению в окраске листьев, нарушению формирования генеративных органов и заражению растений патогенами [142, 143].

Как недостаток, избыток азота также отрицательно влияет на величину урожая и его качество. Переизбыток его способствует усиленному росту вегетативной массы, происходит нарушение соотношения между корневой системой и надземной частью растений. Как показывает практика, в таких посевах растения ячменя озимого полегают, а в жаркие годы слабее переносят засуху, зерно сильнее поражается грибковыми болезнями и легко повреждается вредителями [140, 142].

Оценивая азотный статус почвы, в большинстве случаев учитывают актуальные и потенциальные его запасы. Актуальные соответствуют количеству нитратного и аммиачного азота в период проведения исследований, а потенциальные – возможностью, в зависимости от

способности почвы, мобилизовать азот фиксированный почвенными минералами монтмориллонитовой группы, а также из органического вещества в определенных условиях [90, 105].

В.Н. Кудеяров (1989) еще в прошлом столетии выяснил, что один из параметров, относящийся к потенциальной возможности обеспечения растений усвояемым азотом является нитрифицирующая способность почвы [40].

Нитратный азот для растений является основным источником азотного питания, он не образует в почве малорастворимые соединения и не поглощается почвенными коллоидами, нитраты, преимущественно, находятся в почвенном растворе. Такая форма азота подвержена вымыванию в грунтовые воды, из-за свободного передвижения в почве и вниз по профилю, поэтому, при развитии растений наблюдается нехватка нитратного азота [99].

С.В. Жиленко, Н.И. Аканова и Л.Б. Винничек в своих исследованиях определили, что азотные удобрения существенно изменяли нитратный режим почвы на посевах ячменя озимого. Так азотные удобрения, внесенные в низких, средних, повышенных и высоких нормах увеличивали содержание нитратного азота в почве до 20,8-22,5 мг/кг; 30,1-31,0; 33,6-33,9; 36,9-38,1 мг/кг, соответственно, в то время как на контроле обнаруживалось только 8,4 мг/кг [28].

Уровень азотного питания растений ячменя озимого определяется содержанием в почве нитратов и обменно-поглощенного аммония и в наименьшей степени нитритов, так содержание последних в почвенном растворе весьма незначительно.

«Аммиак как альфа и омега в обмене азотистых веществ в растении» - писал основоположник советской агрохимической школы Д.Н. Прянишников (1965). Аммиачный азот, при поступлении в растения, без предварительного преобразования в нитраты вступает в синтез аминокислот и белков. Тем самым, аммонийный азот по мнению А.В. Петербургского (1971), В.Г.

Минеева (1990), В.Н. Кудеярова, В.Н. Башкина, (1981), Коренькова (1999) и А.Х. Шеуджена (2015) способствует прохождению биологических процессов: росту и развитию, формированию урожая с высоким качеством зерна [52].

Аммонийная форма не подвержена вымыванию из пахотного слоя в грунтовые воды, более экономная, чем нитратная, растению не требуется тратить дополнительной энергии на восстановление. В пахотном слое большинства почв в общей сумме минерального азота доля нитратного и аммонийного в среднем составляет 13,4 и 7,3 % соответственно.

М.Н. Коростылёв и А.Н. Есаулко установили, что азотные удобрения, в зависимости от нормы их внесения, способствуют увеличению урожайности зерна ячменя озимого на 5,9-17,3 ц/га по сравнению с контролем, то есть с вариантом без их применения [37].

Азот, который дополнительно вносится в виде весенней подкормки, воздействует на более активное поглощение фосфора и калия растениями ячменя, способствует улучшению ростовых процессов и повышает продуктивность агроценоза [130].

Ранневесенняя подкормка в норме  $N_{60}$  способствует формированию у растений ячменя озимого более мощного фотосинтетического аппарата, оказывает положительное влияние на общую и продуктивную кустистость, а также на увеличение высоты растений [49].

По данным Г.В. Чуварлеевой (2005) некорневые ранневесенние подкормки в нормах  $N_{40}$ ,  $N_{60}$ ,  $N_{80}$  на фоне системы удобрений  $N_{12}P_{50}K_{50}$  оказали положительное влияние на урожайность ячменя озимого сортов Сармат, Самсон и Хуторок на 12-18 ц/га. Как считает автор опыта высокие нормы  $N_{60}$  и  $N_{80}$  по результатам экономической оценки оказались менее эффективны, так как способствовали увеличению общей продуктивной кустистости растений ячменя озимого и, собственно, приводили к полеганию посевов и снижению урожайности с ухудшением качественных характеристик зерна [85].

По результатам своих исследований В.Д. Абашева и Е.В. Светлакова сделали вывод о том, что урожайность зерновых культур при выращивании на почвах со средним содержанием гумуса на дерново-подзолистой почве в основном определяется применением азотных и фосфорных удобрений и их взаимодействием [1].

При этом главная роль в повышении урожайности отводится азотным удобрениям, их действие увеличивается при обеспечении растений фосфором и калием.

## **1.2 Фосфор и фосфорные удобрения**

Важным элементом питания в жизни растений ячменя озимого является фосфор. Этот элемент, участвуя в сложных физиолого-биохимических процессах, обеспечивает передачу наследственной информации, стимулирует процесс оплодотворения, цветение и плодоношение, ускоряет формирование и созревания семян, благоприятствует интенсивному нарастанию корневой системы. Недостаток в фосфоре испытывается в самом начале роста и развития растений: задерживается рост новых клеток, размер уменьшается, а рост растения в целом ослабляется [2, 17, 50, 91, 102, 122, 130].

Дефицит фосфора в этот период влечет за собой образование недоразвитого колоса, тем самым и снижая потенциальную урожайность. Е.В. Агафонов с соавторами (1996), Б.К. Кцоев (1997), Е.В. Агафонов (2004), С.Н. Андрианов (2004), А.Х. Шеуджен (2006) отметили позитивное влияние фосфорных удобрений на водопотребление и водный обмен в растениях, что особенно важно в засушливые годы. Хозяйственный вынос фосфора из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур возможно восполнить лишь за счет внесения фосфорных удобрений, в связи с тем, что этот элемент не имеет естественных источников пополнения запасов как, например, азот.

Потребление фосфора растениями изменяется по фазам вегетации. При оптимальном влагообеспечении потребность растений в фосфоре



удовлетворяется в фазу начала кущения на 51 %, в фазу трубкования на 40 %, благодаря внесенным фосфатам. Опираясь на этот факт, В.В. Лапа, О.Ф. Рыбин и А.Л. Головач (1996) сделали вывод о позитивном влиянии на потребление фосфора растениями ячменя озимого одноименного удобрения особенно в тех условиях, где влага не является лимитирующим фактором [41].

Для пополнения доступного растениям форм фосфора в почве G. Lang (1978) считает необходимым периодическое внесение повышенных норм фосфорных удобрений до  $P_{50-100}$ , следствием чего можно добиться увеличения урожайности [141].

А.Л. Иванов, В.Г. Сычев, Л.М. Державин (2012) и др. делают акцент на то, что фосфорные удобрения труднорастворимы, внеся их в почву, они долгое время сохраняют гранулометрический состав самого удобрения. А регулярное их внесение в почву приводит к накоплению валового содержания фосфора способных легко усваиваться растениями. Однако есть мнение, что избыточный в почве запас фосфора, создаваемый в результате высоких норм одноименного удобрения более эффективен для получения высоких урожаев, нежели частое внесение в невысоких дозах [29, 30].

В силу этого фосфатный уровень почв считается наиболее устойчивым показателем эффективного плодородия [29].

По данным Н.Г. Янковского и др. [129] указано, что внесение фосфорного удобрения из расчета  $P_{60}$  способствовало росту урожайности зерна к контрольному варианту на 0,33-0,60 т/га, а совместного внесения фосфорного с калийным –  $P_{60}K_{40}$  на 0,45-0,50 т/га. Наибольшую прибавку урожайности обеспечило азотно-фосфорно-калийное удобрение – 0,640 -1,11 т/га. При этом удобрения способствовали увеличению сбора сырого протеина, что произошло, как за счет увеличения урожайности, так и за улучшение качества зерна.

В условиях Кубани Н.С. Котляров показал положительное влияние применения минеральных удобрений на посевах ячменя озимого. По его

данным на выщелоченных черноземах внесением под вспашку фосфорного удобрения  $P_{60}$  урожайность возрастает на 0, 17 т/га, а азотно-фосфорного ( $N_{80}K_{40}$ ) – на 0,97 т/га [39].

Стоит отметить, что, увеличивая обеспеченность почвы подвижным фосфором и обменным калием выше среднего уровня, отмечается высокая закономерность к прибавке урожая зерна ячменя озимого. Внесение удобрений из расчета  $N_{105}P_{105}K_{105}$  под предшествующую культуру ячменя способствует формированию от среднего уровня обеспеченности почвы фосфором, что позволяет рассчитывать на повышение урожайности на 3,5 – 4,5 ц/га [67, 89].

### **1.3. Калий и калийные удобрения**

Калий выполняет важную физиологическую роль в жизни растений: регулирует водный и азотный обмен в клетках, способствует лучшему переносу отрицательных температур в зимний период, повышает засухоустойчивость в период отсутствия дождей, препятствует к заражению посевов патогенами, уменьшает полегание и ускоряет созревание зерна ячменя озимого. Как отметил В.Г. Минеев (1999 г.), калий оказывает положительное влияние на процесс фотосинтеза, усиливает его активность, стимулирует поглощение углекислого газа листьями растений, и, в свою очередь, он благоприятствует образованию белков [47, 61, 110].

Калийное голодание в растениях ячменя озимого можно наблюдать визуально в виде побурения краев листьев и появлением на них ржавых пятен.

Максимальное потребление калия растениями ячменя озимого наблюдается в начальный период их роста и развития. Далее потребление этого элемента идет менее интенсивно, а ближе к фазе созревания зерна происходит реутилизация – перемещение калия из старых листьев в молодые [Ониани О.Г., 1981; Лукьянова М.А. и др., 1990; Минеев В.Г., 1999] [51].

Из агрохимического обследования конца прошлого столетия С.П. Портуровской, Т.Ф. Вигелем и П.П. Ключковым (1985) следует, что большая часть подтипов черноземных почв хорошо обеспечены обменным калием. По их мнению, полная компенсация выноса калия урожаями за счет применения удобрений не нужна, однако отказаться от их внесения также совсем нежелательно. По наблюдениям продолжительностью 17 лет они установили снижение обеспеченности калием черноземов. Для сохранения валовых запасов калия и получения высокого урожая и ячменя озимого необходимо обязательное применение калийных удобрений, особенно на почвах с низким и очень низким его содержанием [59, 60].

В отличие от выноса азота и фосфора из почвы с урожаем культуры, вынос калия всегда выше. В.Н. Якименко (2000 г.) считает, что значительное сокращение содержания запасов калия в почве может привести к их деградации [128].

Возврат калия в почву можно осуществить при грамотной утилизации пожнивных остатков сельскохозяйственных растений. В отличие от азота и фосфора восполняемость калия достигает 45-60% от общего возврата NPK с 1 тонны. Для создания оптимального калийного статуса почвы необходимо предусмотреть ежегодное внесение на полях севооборота калийных удобрений [47]. Применение калийных удобрений способствует увеличению продуктивности культур, улучшению показателей качества урожая, благоприятствует лучшему сохранению в складах и транспортировке в места сбыта.

При заделке калийных удобрений в почву значительная его часть фиксируется почвенным поглощающим комплексом, и, зачастую, она оказывается более доступной для растений, чем калий, присутствующий в материнской породе [61].

В исследованиях О.В. Чухиной в условиях северной части Нечерноземной зоны на дерново-подзолистой почве установлено, что при возделывании культур севооборота, в том числе и ячменя озимого, без

калийных удобрений и при применении их в небольших нормах происходит снижение содержания обменного калия в пахотном слое на 17 мг/кг, а при регулярном таком использовании земельных угодий скорость снижения содержания составляет 4,3 мг/кг в год, а норма расхода на 10 мг/кг почвы соответствовала 178 кг/га д.в. При отрицательном балансе на вариантах с применением удобрений наблюдается некоторое увеличение содержания обменного калия в пахотном слое почвы. Стоит отметить, что при систематическом применении расчетных норм удобрений содержание обменного калия в почве увеличилось в слое 0 - 20 см на 44 мг/кг, скорость изменения соответствовала прибавке 11 мг/кг в год [87].

Работой, проведенной В.Н. Багринцевой, Н.Н. Крестьяниновой и Н.А. Ходжаевой на Прикумской опытно-селекционной станции в условиях Ставропольского края на каштановой среднесуглинистой почве установлено, что при внесении  $K_{30}$  увеличивалась урожайность зерна ячменя озимого на 3,0 ц/га, при внесении  $K_{60}$  – на 3,5 ц/га, а  $K_{90}$  – на 6,4 ц/га, по сравнению с контрольным вариантом где урожайность составила 22,0 ц/га. Применение же на фоне  $N_{60}P_{120}$  этих же норм калия способствовало увеличению урожая зерна ячменя озимого до 46,8; 47,3 и 47,4 ц/га соответственно  $N_{60}P_{120}K_{30}$ ,  $N_{60}P_{120}K_{60}$  и  $N_{60}P_{120}K_{90}$ . Повышение вносимой нормы калийного удобрения с 60 до 90 кг/га на азотно-фосфорном фоне, не привело к значительному росту урожайности.

Из опытов этих же авторов следует, что последствие калийного удобрения на каштановой среднесуглинистой почве проявляется довольно заметно. Увеличение вносимой нормы с  $K_{60}$  до  $K_{180}$  на фоне  $N_{60}P_{120}$  с учетом последствия способствовало увеличению урожайности зерна ячменя озимого с 29,3 (контрольный вариант) до 49,8 ц/га, а применив такие же нормы только калия, показали уменьшение на 0,7-1,7 ц/га [7].

#### **1.4. Микроэлементы и микроудобрения**

Первоочередное значение, несомненно, отводится наиболее дефицитным для питания растений элементам – азоту, фосфору и калию. В свою очередь, очень часто эффективность названных макроэлементов наблюдается ниже, это обусловлено недостаточным для развития агроценозов содержанием в почве доступных растениям мезо- и микроэлементов [108, 111, 112, 113, 120, 124].

В последнее время проблема дефицита микроэлементов для растений из года в год приобретает все большее значение в сельском хозяйстве не только на Кубани, но и в целом для Российской Федерации [97, 106].

Микроэлементы составляют важнейшую роль в регуляции функций клеточного организма, борьбе с грибными и бактериальными болезнями, являясь составной частью ферментов-катализаторов биологической природы [31].

Для увеличения производства качественной сельскохозяйственной продукции применение высококонцентрированных безбалластных азотно-фосфорно-калийных удобрений, при интенсивной системе земледелия с культивированием наиболее продуктивных сортов, привело к снижению в почвах содержания доступных растениям форм микроэлементов. Это обусловило необходимость во внесении микроудобрений. В Российской Федерации и странах ближнего зарубежья в настоящее время пахотные земли нуждаются во внесении следующих удобрений: борных до 59,5 %, кобальтовых – 90,8, марганцевых – 41,3, медных – 64,5, молибденовых – 75,3, цинковых – 83,0 % [115].

Для формирования высокой урожайности и качественных показателей сельскохозяйственных культур большое влияние оказывают различные виды удобрений, в их числе и содержащие в своем составе микроэлементы [32].

Каждый микроэлемент выполняет строго определенные функции в метаболизме, питания растений, они входят в состав многочисленных

ферментов, которые являются катализаторами биохимических процессов. Как правило, при хорошей обеспеченности растений макроэлементами наблюдается более высокая эффективность применения микроудобрений.

По мнению С.В. Жиленко, В.Г. Сычева, А.Х. Шеуджена и Н.И. Акановой применение микроэлементов значительно повышает действие азотных, фосфорных и калийных удобрений. Такие как бор, кобальт, марганец, медь, молибден и цинк повышают как энергию прорастания и всхожесть семян ячменя [25].

Бор. Валовое содержание бора на черноземах Кубани находится в пределах 28-84 мг/кг, что выше его кларка [66, 75]. Собственно говоря, это не является показателем высокой обеспеченности бором растений. Наибольший интерес, с агрономической точки зрения, представляет водорастворимая форма соединений бора, которой в среднем представлено 10 % его валового содержания [79]. Из года в год в процессе ротаций севооборота запасы бора в почве снижаются, особенно этот процесс замечен на фоне внесения высоких норм азотно-фосфорно-калийных удобрений [152]. За последние три ротации 11-ти польного севооборота в черноземе выщелоченном валовое количество бора в пахотном слое снизилось на 3,8 %, подпахотном – на 4,1 %, в свою очередь, подвижного бора на 6,1 % и 7,2 % соответственно, что обусловлено его отчуждением с урожаями культур севооборота и невнесением борных удобрений как источника пополнения почвы этим микроэлементом [97, 108].

Из исследований А.Н. Аристархова и др. авторов было установлено, что действие борных удобрений на повышение урожайности и качества зерна ячменя влияло плодородие почвы и дозы микроудобрения. При внесении в почву и обработке семян увеличивалась урожайность, но слабо оказывалось влияние на содержание белка в зерне этой культуры. Большое значение оказывал тип испытываемой почвы. На серых лесных почвах использование бора при предпосевной обработке семян на фоне высокого уровня азотно-фосфорно-калийных удобрений обеспечивало не только повышение урожайности зерна ячменя на 1.5 ц/га, а также и повышало в нем содержание

белка на 1.2%. Но на выщелоченных черноземах, которые хорошо обеспечены подвижным бором, внесение борного удобрения в почву повышало только урожайность зерна, при этом, не оказывало влияния на увеличение содержания белка [6].

Кобальт. Валовое содержание кобальта в почвах Северного Кавказа колеблется от 7 до 26 мг/кг, кларк в почвах мира составляет около 10 мг/кг. В пахотном и подпахотном почвенных слоях этот микроэлемент содержится в равном количестве. В пахотном на долю легкоподвижного кобальта приходилось 10,1 % от валового его запаса, обменного — 51,4 и резервного — 38,5 %, в подпахотном 8,1; 42,6 и 49,3 % соответственно [121].

Проявляя свойства микроэлементов, кобальт в избыточных концентрациях может рассматриваться как тяжелый металл, следовательно, необходимы регулярные исследования по учету его содержания в почве [43, 44].

При регулярном применении минеральных удобрений в процессе агрогенеза, в условиях высокой культуры земледелия и на фоне больших урожаев происходит снижение валового содержания кобальта в почве [44].

Из исследований кафедры агрохимии Кубанского ГАУ выяснено, что после трех ротаций севооборота в варианте без применения удобрений содержание подвижного кобальта уменьшилось на 2,7 %, а при их систематическом применении снижение составило 5,4 %, также изменения коснулись соотношения форм соединений кобальта в почве – уменьшилось содержание легкоподвижного и резервного кобальта и увеличилось — обменного [97].

О.А. Васильев, А.Г. Ложкин и Н.Н. Зайцева, изучая влияние некорневой подкормки микроудобрениями на урожайность и химический состав ячменя, выяснили, что при использовании смесей микроудобрений: сульфат кобальта ( $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) и сульфат марганца ( $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) повышалось содержание крахмала в зерне ячменя и составило 47,55 и 46,80% соответственно [11].

Марганец. Содержание валового количества марганца в почвах Северного Кавказа, в том числе и на черноземах Кубани составляет 520-1160 мг/кг [66, 76]. Содержание его в черноземе выщелоченном опытного участка до начала закладки многолетнего стационарного опыта кафедры агрохимии Кубанского ГАУ составляло в пахотном слое 491,9 мг/кг, большая часть которых представлена обменными формами. В подпахотном слое — 466,3 мг/кг почвы, доля подвижных форм была меньше, а резервных - больше, в отличие от пахотного слоя. После трех ротаций 11-польного севооборота количество марганца в почве снизилось, в большей степени, под удобряемыми вариантами, главным образом, за счет подвижных его форм [97, 103].

Марганцевые удобрения принято вносят под вспашку, предпосевную культивацию или в рядки. Стоит отметить, что эффективны также предпосевная обработка семян и некорневые подкормки растений [42].

Большую эффективность марганцевые удобрения проявляют на карбонатных черноземах, каштановых почвах, сероземах и известкованных дерново-подзолистых почвах с низким содержанием подвижного марганца. Недостаток этого микроэлемента в почве проявляется у растений заболеванием серой пятнистостью, на листьях появляются мелкие хлоротичные пятна. При существенно выраженном марганцевом голодании пятна смыкаются, после чего образуя участки отмершей ткани. В большинстве случаев такие растения часто погибают [5, 109].

P. Pedas установил, что интенсивное применение навоза и фосфорных удобрений приводит к повышению содержания фосфора в почве и в дальнейшем препятствует усвоению марганца корнями ячменя озимого. Это может привести к дефициту этого микроэлемента в вегетативных надземных органах растений [145].

Из исследований Хурума Х.Д. и других учёных установлено, что обработка предназначенного для посева зерна марганцем значительно увеличивала энергию всхожести семян, нежели внесение этого удобрения в



почву. Также в процессе наблюдений выявлено, что марганцевое удобрение способствует формированию оптимальной густоты продуктивного стеблестоя растений [80].

Медь. Содержание валовой меди в черноземе выщелоченном близко к кларку почвы - 20,0 мг/кг, что соответствует среднему количеству меди её в почвах Северного Кавказа (20-35 мг/кг) [13, 100].

Исследованиями определено, что в процессе агрогенеза, по истечению трех ротаций севооборота, содержание меди в почве снизилось на 2,3-4,1 %. Систематическое применение азотно-фосфорно-калийных удобрений в оптимальных количествах для питания культур повышало подвижность меди, также усиливало интенсивность обеднения с почвой, что сказывалось на возрастающем отчуждении меди под воздействием удобрений и миграцией вниз его по профилю [103].

В различных областях Российской Федерации, в частности в Псковской, Калининской и Калужской, высокая эффективность предпосевного внесения в почву медных удобрений. Установлено положительное влияние их на количество и качество урожая. Обработка семенного материала перед посевом показала идентичный результат. [6].

Молибден. Валовое содержание молибдена в черноземе выщелоченном (1,62-1,70 мг/кг) значительно ниже кларка почв. В условиях агрогенеза в черноземе выщелоченном за три ротации 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота его содержание уменьшилось на 5,88-6,79 %. Наиболее заметна эта тенденция при систематическом применении минеральных удобрений. Обеднение чернозема выщелоченного молибденом обусловлено его миграцией в составе мелкодисперсной фракции почвы вглубь по профилю под воздействием просачивающихся атмосферных осадков, а также выносом его с урожаем культур севооборота. Для реализации генетического потенциала продуктивности и получения элементарно - сбалансированной продукции районированных высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур в черноземе

выщелоченном недостаточно подвижного молибдена, в связи с чем целесообразно применение молибденовых удобрений [103].

А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко и С.В. Жиленко определили, что на гумусовое состояние черноземных почв Кубани положительное влияние оказывают борные, кобальтовые и медные удобрения, но наилучший эффект получен от внесения в почву молибденовых. На фоне вносимых макроудобрений, медные и молибденовые удобрения определяли основную роль в увеличении прироста содержания в почве минерального азота. Также стоит отметить, что молибденовые удобрения изначально способствовали повышению содержания подвижного фосфора в почве, а кобальтовые и цинковые к его снижению [125].

В исследованиях проведенных С.В. Жиленко и другими авторами отмечено, что предпосевная обработка семян ячменя озимого марганцем, цинком и молибденом увеличивают энергию прорастания на 11,0-11,7%. Также несущественно изменялась скорость прорастания семян, но достоверно увеличилось число и высота ростков, при обработке молибденом этот показатель составил на 19,8% больше по сравнению с контролем, когда максимальное влияние оказала медь - 21,9% [25].

Из результатов исследований О.А. Васильева и его коллег, установлено, что некорневая подкормка посевов микроудобрениями значительно повышает, сравнивая с контролем, урожайность ячменя и экономическую эффективность его производства. При внесении молибденовокислого аммония в сочетании с мочевиной эти показатели составили 36,7% и 39,3% соответственно. [11].

Цинк. По содержанию легкоподвижного и обменного цинка чернозем выщелоченный относится к низкообеспеченным. Если азотные, фосфорные и калийные удобрения не вносились, то за три ротаций севооборота количество валового цинка в почве уменьшилось всего лишь на 0,5 и 0,7 мг/кг (1,2 и 1,5 %). За это же время при внесении минеральных удобрений оно уменьшилось на 0,9 мг/кг, т.е. ежегодно сокращалось на 0,064 % [97, 103].

От содержания подвижного цинка в почве зависит, в свою очередь, эффективность цинковых удобрений. Для растений наиболее доступными являются обменные и водорастворимые формы цинка. От pH почвенной среды зависит подвижность и доступность этого микроэлемента для растений. При известковании почвы снижается растворимость цинка микроэлемента и тем самым его поступление в растения. На снижение доступности растениям цинка влияет также содержание органического вещества в почве. В процессе обменных реакций цинка с гуминовыми и фульвокислотами, а также с минеральными ионообменниками происходит закрепление его с почвой из-за образования плохо диссоциирующих соединений. Фосфаты почвенного раствора также отрицательно сказываются на подвижности цинка, так как образующийся фосфат цинка малорастворим. Повышая содержание в почвенном растворе минеральных солей или  $\text{CO}_2$ , и в присутствии соды растворимость цинка усиливается [14, 82, 109].

Из опытов М.В. Рака, В.В. Лапы, Г.А. Соколова и др. установлено, что при предпосевной обработке семян ячменя разными марками микроудобрений ЭлеГум повышала урожайность зерна в среднем за два года на 2,4-4,2 ц/га, где 2,4 ц/га вариант ЭлеГум Бор-Цинк (2,0 л/т). Наилучший результат показали сочетания ЭлеГум Медь - Марганец и ЭлеГум Бор-Марганец. Однако, некорневая подкормка ячменя в фазу выхода растений в трубку также способствовала повышению урожайности зерна, и составила прибавки: ЭлеГум Медь-Цинк- 3,7 ц/га, ЭлеГум Бор-Медь- 4,3 ц/га, ЭлеГум Цинк-Марганец- 4,6 ц/га, ЭлеГум Медь-Марганец - 5,8 ц/га [63].

Исследования, проводимые на черноземе среднесуглинистом Курской области О.А. Митрохиной и Л.Н. Карауловой, при некорневой подкормке растений пшеницы озимой и ячменя озимого комплексным микроудобрением «Аквамикс» в фазу кущения, с составом элементов питания: N - 1,55%, P - 5%, K - 1,55%, Mg - 2%, Fe (ДТПА) - 1,74%, Fe (ЭДТА) - 2,1%, Zn - 0,53%, Cu (ЭДТА) - 0,53%, Mn 2,57%, Ca - 2,57%, B -

0,52%, Мо - 0,13% позволили добиться существенного влияния на количество продуктивных стеблей с 1 м<sup>2</sup>, а также удалось увеличить урожайность зерна культур на 1,5 т/га и качественных его показателей: стекловидности до 60 %, содержания клейковины в зерне до 28% [49].

Для эффективного применения микроудобрений в производстве сельского хозяйства необходимо изучение содержания подвижных форм микроэлементов в почве и их агрохимические показатели. Используя микроудобрения, без учета динамики содержания микроэлементов в почве, может не дать положительного результата, в свою очередь, при избытке этих элементов может привести к отрицательному действию [38, 75, 76].

Содержание микроэлементов в почве, а также их потребность для питания растений в необходимой степени можно удовлетворить при внесении навоза и некоторых минеральных удобрений, преимущественно: сырых калийных солей, фосфоритной муки, томасшлака, золы и некоторых других [101].

Как известно, в навозе наблюдается высокое содержание всех микроэлементов, их количество, поступающее с минеральными удобрениями намного меньше того, которое требуется для пополнения их почвенных запасов [126].

В усвояемой, подвижной форме для растений в минеральных удобрениях присутствует около 70-75% валового содержания микроэлементов. Однако, в навозе подвижность микроэлементов значительно ниже, чем в минеральных удобрениях, что составляет не больше 25%. И все же, разовое за ротацию севооборота внесение навоза в дозе 40 т/га может полностью компенсировать вынос микроэлементов: меди, марганца, молибдена и почти полностью восполняет вынос цинка [36, 48].

Несмотря на то, что специфика минерального питания ячменя озимого давно и широко изучена, однако, экспериментальных данных использования микроудобрений на посевах ячменя недостаточно, научных рекомендаций

для применения в условиях Западного Предкавказья чернозема выщелоченного практически нет.

Совершенствованию технологии возделывания сельскохозяйственных культур отведено большое значение, в том числе и микроэлементам, их роли в жизнедеятельности и продуктивности растений.

Для того чтобы получать высокие урожаи ячменя озимого, необходимо соблюдение технологии возделывания культуры, неотъемлемым компонентом которой является сбалансированная по элементам питания система удобрений, которая отвечает за воспроизводство и сохранность почвенного плодородия.

## **2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Почвенно-климатические условия**

#### **2.1.1. Погодные условия**

Опытный участок располагался в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края, которая по почвенно климатическим характеристикам отличается умеренно-континентальным и умеренно-влажным, теплым климатом.

По данным агроклиматических ресурсов Краснодарского края среднегодовая температура воздуха составляет 10,8 °С, среднемесячная температура июля, где наблюдаются самые высокие температурные отметки, как наиболее жаркого месяца 22-24°С, января –1,5-3,5°С, как самого холодного. Срок безморозного периода – 175-225 дней [4, 86].

Начиная с первой половины и до её середины осень – сухая, с середины и до начала зимы – относительно влажная. Зимний период – умеренно мягкий, с систематическими потеплениями; весна – наступает рано, но затягивается, лето засушливое.

Последние заморозки весной наблюдаются в первой декаде апреля, а первые осенние – во второй декаде октября. В третьей декаде марта происходит переход температуры воздуха через 5°С, его продолжительность составляет 230–245 дня. Годовая сумма эффективных температур варьирует в диапазоне 3540–3620°С, благоприятно для выращивания теплолюбивых сельскохозяйственных культур, в том числе и ячменя озимого. Продолжительность солнечного сияния 2200-2400 часов в год; количество суммарной радиации, поступающей на данную территорию составляет 120 ккал/см<sup>2</sup>.

Значение коэффициента увлажнения (КУ) соответствует 0,30-0,40. Средняя годовая сумма атмосферных осадков в среднем составляет 649 мм, с колебаниями 510 – 860 мм. Наибольший недостаток влаги проявляется на середину летнего периода, самые жаркие дни приходятся на июль и август, а осадки в это время выпадают незначительно, зачастую как ливни, где основная их часть тратится на испарение и поверхностный сток.

Относительная влажность воздуха июля и августа составляет в 60-65%, а в отдельные дни опускается и ниже 20%.

Преобладающими ветрами в данной агроклиматической зоне являются западного и восточного направлений, а пагубное влияние на климат оказывают восточные и северо-восточные ветры, обуславливающие летом сухость и высокую температуру воздуха, весной – иссушение поверхностного слоя почвы, которое сопровождается пыльными бурями. В теплый период срок со слабыми суховеями равняется 47 дням, совместно с интенсивными – 5. [4, 86].

Таким образом, климатические условия центральной зоны Краснодарского края благоприятны для возделывания сельскохозяйственных культур, включая и ячмень озимый, который при соблюдении рекомендуемой агротехнологии способен обеспечить высокие урожаи. Сдерживающим фактором в активной агроклиматической зоне является влагообеспеченность, ее динамика и суховеи.

Однако различное количество выпадающих осадков по месяцам и их частое отсутствие в жаркий летний период в сочетании с суховеями и повышенной температурой воздуха обуславливают большие колебания урожайности культур по годам.

Следовательно, агрономические подходы выращивания ячменя озимого должны соответствовать определённой технологии: отсутствие на посевах сорной растительности, поддержание оптимальной плотности почвенного профиля и экономия в ней влаги, чтобы развитие культуры и её урожай зависели, в большей степени не от погодных условий, а от подходов агротехники.

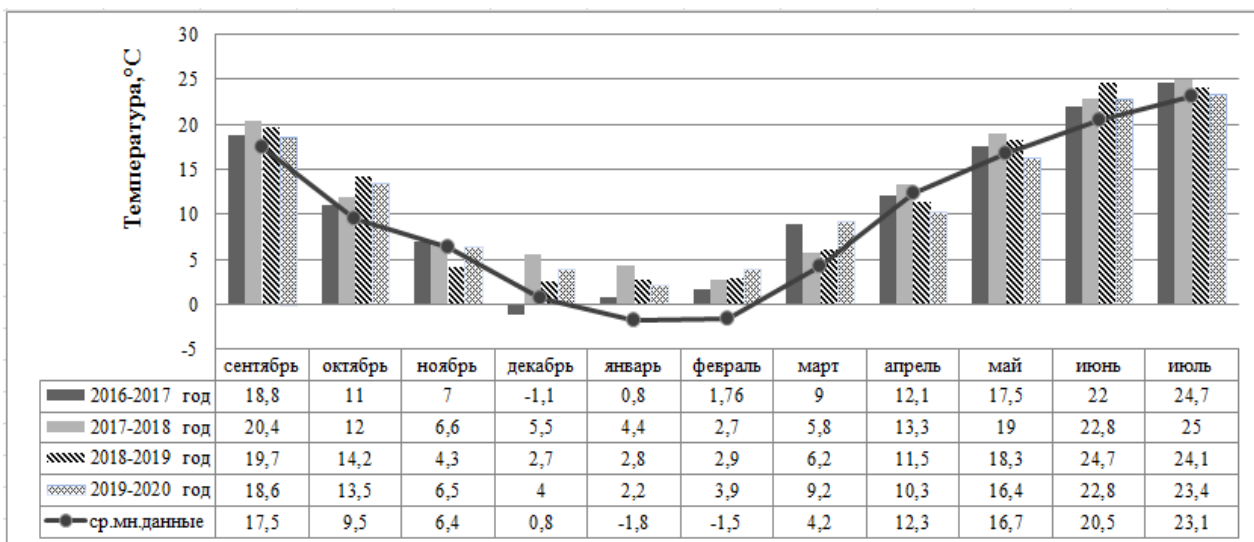


Рис. 1 – Динамика температуры воздуха [54, 55, 56, 57, 58]

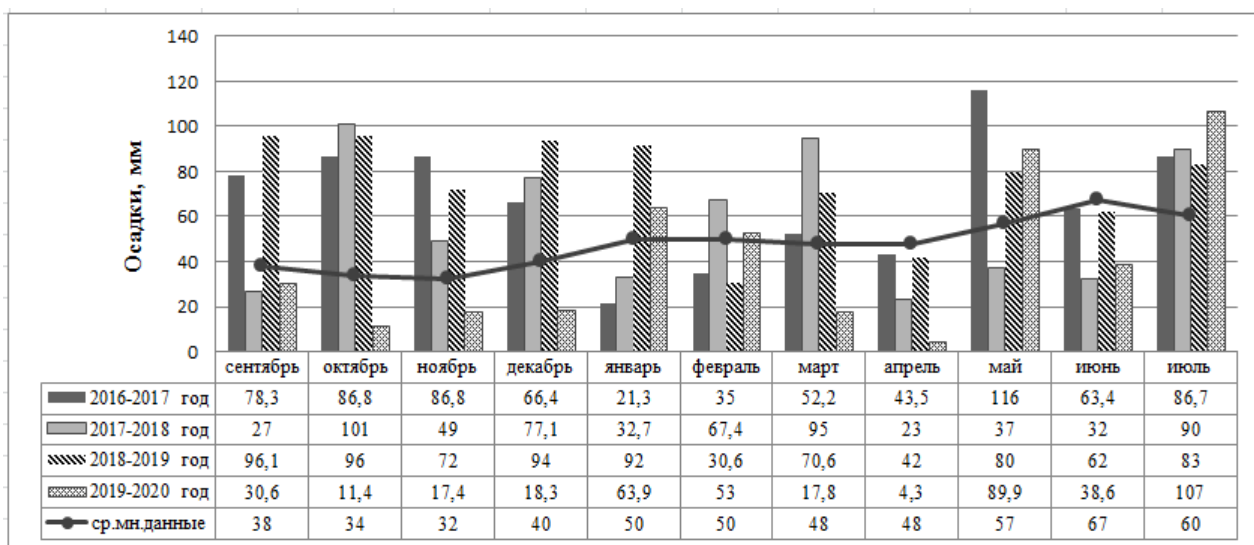


Рис. 2 – Динамика количества осадков [54, 55, 56, 57, 58]

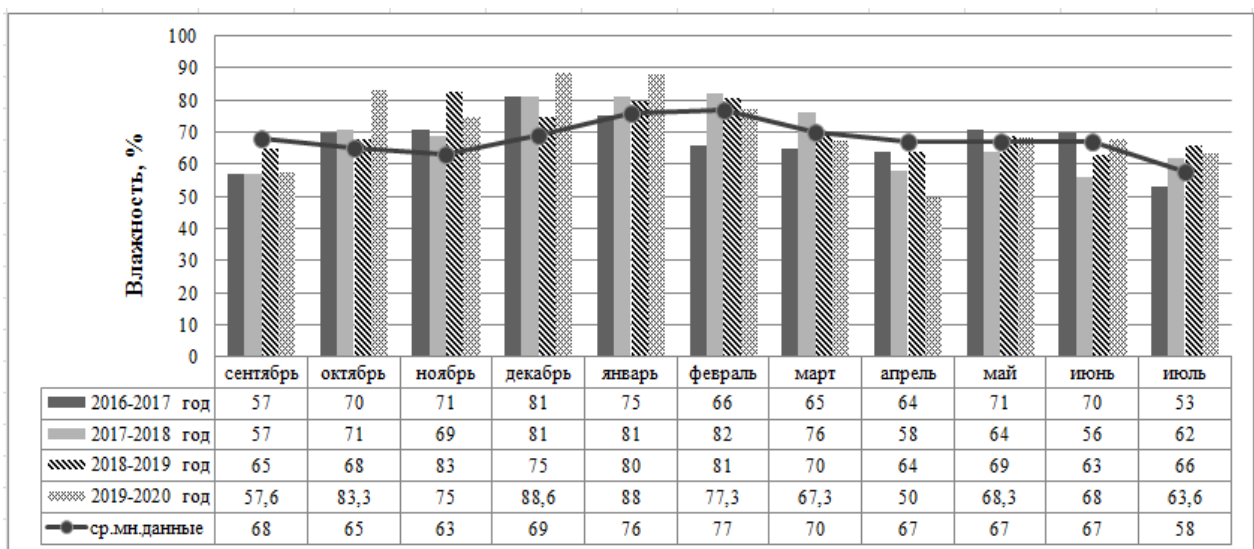


Рис. 3 – Динамика относительной влажности воздуха [54, 55, 56, 57, 58]



В сравнении со среднемноголетними данными сентябрь месяц в годы проведения полевых опытов был жарким и засушливым. К третьей декаде отмечается переход среднесуточной температуры воздуха в сторону понижения. По годам исследований среднемесячная температура колебалась в пределах 18,6 – 20,4°C и была выше среднемноголетней. Сумма атмосферных осадков в этот период по годам находилась в диапазоне 27,0 – 96,1 мм, что отрицательно сказалось на запасах влаги в почве. В третьей декаде месяца наступили оптимальные сроки сева ячменя озимого.

Октябрь месяц 2016 года был прохладным с выпадением более чем двойной нормы осадков. Среднемесячная температура воздуха превышала на 1,5°C среднемноголетних данных. В третьей декаде октября среднесуточная температура опускалась до 6,6°C. В октябре 2017 года отмечена умеренно теплая погода с недобором осадков в первую декаду и начало второй, однако во второй половине месяца прошли обильные дожди, после чего улучшились агрометеорологические условия для роста и развития растений ячменя озимого. Октябрь 2018 и 2019 годов характеризовался относительно благоприятной по температурным характеристикам погодой, среднемесячная температура превышала среднемноголетнюю на 4,7 и 4,0°C соответственно. Осадки в октябре 2018 года выпадали преимущественно в первой и третьей декадах, в среднем за месяц составили 96 мм, что на 62 мм выше среднемноголетних. В октябре 2019 года сумма осадков составила 101 мм. Стоит отметить, что дожди в после посевной период послужили стартовым преимуществом для набухания и прорастания семян ячменя озимого.

Ноябрь 2016 года в первой декаде характеризовался аномально теплой погодой с повышением температуры воздуха до 28,5°C, при этом к концу месяца она понижалась днем до 4 – 6 °C, ночью до -2,6°C. В 2017 году первая половина ноября была необычно теплой с недобором осадков, тем не менее, в третьей декаде выпала норма почти равная норме среднемноголетней за целый месяц, но с понижением температуры воздуха в среднем за декаду до 2,2°C ячмень озимый временно приостановил вегетацию в фазе 3-х листьев.

Погодные условия ноября 2018 года в начале месяца отмечены также теплой погодой при 6-10°C, наблюдалось кратковременное понижение температур до -3 и -6°C, в 12-13-х числах выпадал снег, который быстро растаял. В третьей декаде повсеместно прошли осадки в виде дождя и снега, присутствовали гололедные явления. Температура в дневные часы составляла 2-9°C. Температура воздуха ноября 2019 года оказалась практически равной среднемноголетней и составила разницу всего лишь в 0,1°C, однако ощущалась нехватка в атмосферных осадках в первой и второй декадах месяца. Лишь в третьей декаде ноября выпало 17 мм осадков, что в общей сумме за месяц составило 17,4 мм.

Зимний период 2016-2017 сельскохозяйственного года отличился холодной погодой, только в первой, наиболее теплой декаде января растения ячменя озимого очень слабо вегетировали, преимущественно в дневное время. В феврале присутствовал нестабильный температурный режим с переменными холодными и оттепельными периодами. В среднем температура воздуха за месяц составила 1,76°C, при этом минимальная опускалась до -13,8°C, максимальная подымалась от 11,8°C до 15,7°C. Осадки этого периода выпадали в виде снега, мокрого снега и дождя, что в сумме за 3 месяца составили 125,4 мм. Условия перезимовки ячменя складывались хорошо.

Зима 2017-2018 сельскохозяйственного года началась с аномально теплой погоды декабря с периодическими осадками, продолжающиеся в отдельные периоды до 3-5 дней, которые по результатам наблюдений выпали почти в двойной норме. В связи с повышением среднесуточной температуры воздуха от 5,2°C до 8,7°C, ячмень озимый возобновил вегетацию, так как большая часть посевов после заморозков 3-й декады ноября находилась в фазе 2-3 листьев. Январь и февраль 2018 года отличились теплой погодой со среднемесячной температурой воздуха на 2,6°C и 1,2°C, соответственно, выше среднемноголетних учетов. Выпадали осадки в виде снега, мокрого снега и дождя. Ближе к весне снежный слой сходил быстро.

Погода зимы 2018-2019 сельскохозяйственного года была неустойчивая, но при этом неблагоприятных условий для перезимовки не наблюдалось. Среднемесячная температура воздуха декабря, января и февраля была выше на 1,9; 4,6 и 4,4°C, соответственно, сравнивая со среднемноголетними данными. В январе максимальная температура поднимались до 12°C, минимальная в ночное время снижались до -4°C. Осадки в отдельные дни выпадали в виде дождя и снега. В феврале температура поднимались до +13°C, в ночное время снижались до -10°C.

Декабрь 2019 года и январь, февраль 2020 года можно охарактеризовать благоприятным температурным режимом, где средняя за месяц температура воздуха превышала на 3,2; 4,0 и 5,4°C среднемноголетние данные. В ночное время суток зафиксированы минимальные значения температур, в декабре до -6,0°C, январе и феврале -5,0 и -14,0°C соответственно. Осадки присутствовали в виде снега, мокрого снега и дождя. При повышении температуры воздуха в весенний период снежный слой сходил быстро.

В марте 2017 года первая половина была теплой и сухой, вторая последовала с неустойчивой погодой с осадками, а также сильными ветрами и заморозками. Однако среднемесячная температура воздуха составила 9°C, при этом максимальная в дневное время повышалась до 20,8°C, а минимальная снижалась до 0,7°C. Общая сумма атмосферных осадков, выпавших за месяц, составила 52,2 мм. Март 2018 года, март 2019 года и март 2020 года были схожи, характеризовались неустойчивой погодой с перепадами температурного режима. Среднемесячная температура составляла 5,8-6,2-9,2°C, что на 1,6-2,0-5,0°C превышала среднемноголетнюю. По годам прогревание поверхностного слоя почвы шло медленно, осадки выпадали чаще в виде дождя. В общем, после зимнего покоя ячмень озимый вышел в хорошем состоянии, с повышением температуры к концу первой декады активизировались ростовые процессы, а к концу третьей декады на посевах ячменя озимого прослеживалась фаза выхода в трубку.

Апрель был сравнительно идентичен по годам исследований с перепадами среднесуточной температуры воздуха, которая в среднем за месяц в 2017 году составила 12,1°C, в 2018 году – 13,3°C, в 2019 году – 11,5°C, в 2020 году – 10,3°C

В третьей декаде апреля 2017 года отмечено увеличение температурных показателей в дневные часы до 24–28°C. Сумма атмосферных осадков за месяц равнялась 43,5 мм, Агрометеорологические условия апреля 2017 года складывались благоприятно для роста и развития ячменя озимого.

В апреле 2018 года максимальная температура в третьей декаде достигала днем отметки в 25–30°C, в ночное время снижалась до 4°C, при этом месяц отличился недобором осадков и оказался меньше среднемноголетних данных в 2 раза. В целом же погодные условия складывались вполне благоприятно.

В середине первой декады апреля 2019 года установилась сухая погода, в некоторые дни температура воздуха повышалась до 26°C. В третьей декаде температура понизилась, в ночные часы достигала 3–4°C. Дожди прошли преимущественно во второй декаде, сильные с градом и порывами ветра до 20–21 м/сек. В течение месяца метеоусловия складывались хорошо.

В апреле 2020 года наблюдалась сухая погода с недобором осадков, в сумме за месяц составляющие 4,3 мм. Среднемесячная температура воздуха была на 2,0°C ниже среднемноголетних значений, однако условия для роста и развития ячменя озимого складывались благоприятно. В конце апреля начале мая наступала фаза колошения.

В 2017 году май характеризовался довольно низкими для этого месяца температурными показателями. Среднемесячная температура составила 17,5°C, при этом максимальная днем была на уровне 24,9–30,4°C, а ночью минимальная 5,6 – 9,6 °C. Осадки в виде ливневых дождей сопровождалось шквалистыми усилениями ветра и выпадением града, их сумма за май 116 мм, что на 59 мм выше среднемноголетних данных. Однако условия для

произрастания ячменя озимого складывались благоприятно, к середине месяца проходило массовое цветение, к концу начался налив зерна.

Отличительным признаком мая 2018 года была теплая и сухая погода. Среднемесячная температура воздуха составила 19,0°C, в отдельные дни поднимались до 29°C, в ночное время снижались до 11°C. В сумме за месяц выпало всего 37 мм осадков в виде дождя. Из-за повышенного температурного режима, отсутствия продуктивных осадков и интенсивного расхода влаги ускорилось развитие растений ячменя озимого на 10-15 дней в сравнении со среднемноголетними данными. К середине месяца завершался налив зерна, прослеживалась молочная спелость. В целом погодные условия для формирования зерна ячменя озимого были удовлетворительными.

Май 2019 года в первой своей половине был теплый и сухой. Среднемесячная температура составила 18,3°C. Повышения и понижения температурных показателей были схожи с маем 2018 года. Осадки в виде дождя, местами сильного и очень сильного в сумме за месяц составили 80 мм, что немного ниже среднемноголетний данных. Развитие ячменя озимого проходило в ускоренном режиме. Погодные условия складывались вполне благоприятно.

В мае 2020 года преобладала довольно низкая температура, тем не менее максимальная поднималась днем до 29,0°C, минимальная опускалась ночью до 4,0 – 6,0 °C, в среднем за месяц составила 16,4°C. Всего выпало 89,9 мм осадков в виде дождя, что на 32,9 мм выше среднемноголетних данных. Условия для произрастания ячменя озимого складывались благоприятно, во второй декаде месяца проходило массовое цветение, к третьей начинался налив зерна.

Июнь 2017 года показал себя как месяц с неустойчивым температурным режимом с частыми дождями, в сумме за месяц 63,4 мм. Среднемесячная температура воздуха составила около 22,0°C, в дневные часы температура подымалась до 28,0–34,7°C, а в ночные снижалась до 12,1–14,1°C. Условия для формирования урожая ячменя озимого, налива его зерна были хорошие.

Созревание сдерживалось из-за неустойчивой погоды с выпадением осадков. К концу первой декады июня посевы ячменя озимого достигли фазы восковой спелости, к концу второй фазы полной спелости. Следовала уборка урожая.

В первой декаде июня 2018 года погода бала умеренно теплой и в большей степени сухой. Вторая и третья декады характеризовались аномально высокой температурой с периодическими суховеями, на территории края стояла сильная жара. Средняя температура воздуха за месяц составила 22,8°C, но максимальная зафиксирована в третьей декаде и подымалась свыше 30°C и достигала 38-40°C (опасное явление «сильная жара»). На протяжении всего месяца осадков почти не выпадало, лишь в третьей декаде июня в 29-30-х числах осадки носили ливневой характер. У ячменя озимого созревание шло ускоренно из-за суховеяного характера погоды и недостатка влаги в почве, к середине месяца наступила фаза полной спелости зерна, после чего провели уборку урожая.

В первой декаде июня 2019 года стояла умеренно теплая и сухая погода, во второй и третьей аномально жаркая с частыми суховеями. Средняя за месяц температура воздуха составила 24,7°C, максимальная зафиксирована в третьей декаде свыше 30°C и достигала 38-40°C (опасное явление «сильная жара»). Большая часть осадков в виде ливневых дождей выпала в конце третьей декады июня (30 мм), в сумме за весь месяц 62 мм. Агрометеорологические условия для формирования урожая ячменя озимого были хорошими, повышенный температурный режим ускорил развитие посевов, к середине месяца наступала фаза полной спелости и была произведена уборка.

Июнь 2020 года складывался умеренно с теплой и сухой погодой, в дневные часы температура подымалась до 34,1–35,0°C, а в ночные снижалась до 11,2–16,0°C. Условия для формирования урожая ячменя озимого, налива его зерна были благоприятные. Созревание сдерживалось из-за выпадения осадков во второй декаде месяца, когда растения ячменя озимого достигли

фазы полной спелости зерна. Всего выпало 38,6 мм осадков в виде дождя, что на 28,4 мм ниже среднемноголетних данных. В третьей декаде следовала уборка урожая.

В послеуборочный период в июле месяце по всем годам испытаний проводилась агротехническая подготовка почвы к посеву следующей культуры, погодные условия были хорошими, показатели температуры и выпавших атмосферных осадков были выше среднемноголетних данных.

### **2.1.2. Характеристика почвы опытного участка**

В зоне проведения научных исследований присутствует умеренно континентальный климат, равнинный рельеф с западинами, состоящий из однообразия почвообразующих пород, где в недавнем прошлом произрастала степная и лугово-степная растительность, в совокупности, в настоящее время определили направление почвообразовательного процесса и приведшее к формированию почв черноземного типа.

Прежде всего, отличительной особенностью Кубанских черноземов Западного Предкавказья в их морфологии является большая мощность гумусовых горизонтов, присущая для большинства подтипов, при сравнительно невысоком содержании гумуса.

Произрастание многовидовой растительности, процессы преобразования продуктов гумификации, которые в условиях мягкого климата способны более глубоко проникать в почвенный профиль, обуславливают большую мощность гумусового горизонта черноземов выщелоченных.

Из технического отчета о почвенном обследовании, по геоморфологическому районированию равнинной и предгорно-степной части Краснодарского края участок опытного поля входит в Кубанский дельтово-пойменный район, где располагается южная часть Азово-Кубанской равнины. Западины являются неотъемлемым характерным элементом рельефа этой территории, равнины с многочисленными понижениями [74].

По данным А.Х. Шеуджена, В.Т. Куркаева и Н.С. Котлярова, чернозём выщелоченный – это подтип почв, имеющий общие особенности

морфологического строения профиля, к ним относятся: 1. Хорошо отображенная дифференциация генетических горизонтов; 2. Довольна большая мощность гумусового слоя (A+AB), достигающая в среднем 147 см; 3. Весьма однородная окраска почвенного профиля: темно-серая с буроватым оттенком горизонта A, менее темная с более бурым оттенком горизонта B и буровато-палевая почвообразующей породы; 4. Среднеуплотненное сложение почвенного профиля за исключением пахотного слоя: гранулометрический состав чаще всего глинистый или тяжелосуглинистый; 5. Хорошая оструктуренность почвенных горизонтов: структура горизонта A зернисто-комковатая, которая с углубленностью укрупняется и становится комковато-ореховатой; 6. Сильная вымытость (выщелоченность) от карбонатов кальция. Линия вскипания от карбонатов появляется в горизонте BC или в почвообразующей породе [101].

В 2018 году в монографии «Агробиогеохимия чернозема» Шеуджен А.Х. охарактеризовал по морфологическим признакам чернозем выщелоченный на основании почвенного разреза, расположенного на опытном поле кафедры агрохимии в учхозе «Кубань» Кубанского ГАУ им. И.Т. Трубилина:

Профиль чернозема выщелоченного дифференцирован на почвенно-генетические горизонты:  $A_{\text{пах}}$ -A-AB<sub>1</sub>-AB<sub>2</sub>-B-C, которому свойственна однородная темно-серая окраска с буроватым оттенком, начинающаяся с горизонта AB<sub>1</sub>. Сверхмощная толща гумусового слоя A+AB=148 см. До C горизонта профиль чернозема промыт от карбонатов кальция, имеет среднеуплотненное сложение, где плотность почвы верхних горизонтов 1,30-1,35 г/см<sup>3</sup> и нижних 1,39-1,47 г/см<sup>3</sup> [97].

Морфологическое описание чернозема выщелоченного (Шеуджен А.Х. 2018 г.):

$A_{\text{пах}}$ (0-25/25 см) - свежий, темно-серый, глинистый, комковато-зернистый, уплотненный, червороины, корневые остатки, переход постепенный.



**А** (25-62/37 см) – свежий, темно-серый, глинистый, комковатый, уплотненный, червороины, корневые остатки, переход постепенный.

**АВ<sub>1</sub>** (62-109/47 см) – свежий, темно-серый с буроватым оттенком, глинистый, комковатый, средне уплотненный, червороины, корневые остатки, переход постепенный.

**АВ<sub>2</sub>** (109-148/39 см) – свежий, темно-серый с бурым оттенком, глинистый, комковатый, средне уплотненный, червороины, местами отдельные корни, переход постепенный.

**В** (148-177/29 см) – свежий, бурый с темными затеками гумуса, тяжелосуглинистый, структура почвы слабо выражена, средне уплотненный, от 10%-ной HCl не вскипает, переход постепенный.

**С** (более 177 см) – свежий, бурый с желтоватым оттенком, тяжелосуглистый, средне уплотненный, бесструктурный, карбонаты в виде белоглазки, вскипает от 10%-ной HCl с 180 см.

В гранулометрическом составе чернозема выщелоченного фракция физической глины (<0,01 мм) в **А<sub>пах</sub>** слое составляет 61,2%, до горизонта **С** уменьшается до 57,4%. На глубине более 177 см фракция пыли (0,05-0,001) возрастает до 60,3%, а фракция ила (<0,001) уменьшается до 33,3%. По соотношению сумм фракций чернозем выщелоченный относится к иловато-пылевой легкоглинистой разновидности (таблица 1).

Таблица 1 – Гранулометрический состав чернозема выщелоченного [97]

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций в % от абсолютно сухой почвы (размер частиц в мм)						Сумма фракций		
		1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01	0,05-0,001	1-0,05
<b>А<sub>пах</sub></b>	0-25	-	4,5	34,3	10,8	12,0	38,4	61,2	57,1	4,5
<b>А</b>	26-62	-	4,6	34,4	10,5	12,4	38,1	61,0	53,3	4,6
<b>АВ<sub>1</sub></b>	63-109	0,1	4,6	34,6	9,7	13,1	37,9	60,7	57,4	4,7
<b>АВ<sub>2</sub></b>	110-148	0,1	4,7	36,2	8,4	13,6	37,0	59,0	58,2	4,8
<b>В</b>	149-177	0,3	5,3	36,9	8,5	14,8	34,2	57,5	60,2	5,6
<b>С</b>	> 177	1,4	6,0	36,2	8,8	15,3	33,3	57,4	60,3	6,4

В пределах почвенного профиля гранулометрический состав не однороден. В нижней части профиля, начиная с горизонта АВ<sub>2</sub> вплоть до почвообразующей породы легкоглинистый гранулометрический состав сменяется тяжелосуглинистым. Гранулометрический состав почвы во многом определяет ее физические и водно-физические свойства [97].

Чернозем выщелоченный обладает благоприятными для роста и развития растений физическими свойствами (таблица 2).

Таблица 2 – Физические свойства чернозема выщелоченного [97]

Горизонт	Глубина горизонта, см	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы, г/м <sup>3</sup>	Общая пористость, %	Пористость аэрации, %
А <sub>пах</sub>	0-25	1,30	2,67	51,9	27,8
А	26-62	1,35	2,70	50,0	25,3
АВ <sub>1</sub>	63-109	1,39	2,72	48,9	23,4
АВ <sub>2</sub>	110-148	1,45	2,73	46,8	20,3
В	149-177	1,47	2,74	46,3	20,2
С	> 177	1,47	2,74	46,3	20,0

Плотность почвы горизонта А<sub>пах</sub> составляет 1,30 г/см<sup>3</sup>, с глубиной увеличивается, в горизонтах: А до 1,35 г/см<sup>3</sup>, АВ<sub>1</sub> - 1,39 г/см<sup>3</sup>, АВ<sub>2</sub> - 1,45 г/см<sup>3</sup>, В и С – 1,47 г/см<sup>3</sup>. Наибольшая плотность твердой фазы характерна для горизонтов В и С (2,74 г/см<sup>3</sup>), наименьшая для А<sub>пах</sub> (2,67 г/см<sup>3</sup>), обогащенная гумусом и полуразложившимися растительными остатками. Почва характеризуется высокой общей пористостью, колеблющейся от 51,9% в горизонте А<sub>пах</sub> до 46,3% в почвообразующей породе. Пористость аэрации варьирует в пределах профиля от 27,2 до 20,0%. Такие показатели свидетельствует о хорошей оструктуренности чернозема выщелоченного. Эти изменения коррелируют с содержанием гумуса в различных горизонтах почвы [97].

Чернозем выщелоченный в пахотном горизонте имеет достаточно высокую полную (34,0 %) и наименьшую (29,8 %) влагоемкости, максимальная гигроскопичность невысокая – 9,49 %, влажность устойчивого

завядания растений также сравнительно небольшая – 14,2 %, диапазон активной влаги равен 15,6 % (таблица 3).

Таблица 3 – Водно-физические свойства чернозема выщелоченного, % [97]

Горизонт	Глубина горизонта, см	МГ	ПВ	ВЗ	НВ	ДАВ
A <sub>пах</sub>	0-25	9,49	34,0	14,2	29,8	15,6
A	26-62	8,85	31,4	13,3	27,0	13,7
AB <sub>1</sub>	63-109	8,73	29,4	13,1	26,4	13,3
AB <sub>2</sub>	110-148	8,66	26,6	13,0	25,9	12,9
B	149-177	8,60	26,1	12,9	25,6	12,7
C	> 177	8,51	26,1	12,8	23,8	11,0

Примечание: МГ - максимальная гигроскопичность, ПВ - полная влагоемкость, ВЗ - влажность завядания, НВ - наименьшая влагоемкость, ДАВ - диапазон активной влаги

Анализ водно-физических свойств чернозема показал характерную для почв черноземного ряда дифференциацию по горизонтам. Наиболее благоприятными для роста и развития растений водно-физическими свойствами характеризуется пахотный горизонт. С глубиной профиля и увеличением плотности сложения почвы значения показателей, характеризующих её водно-физические свойства, заметно снижаются. Такой характер изменения их связан с уменьшением к низу содержания в почве гумуса [97].

Чернозем выщелоченный на территории испытываемого участка слабогумусный: в пахотном слое гумуса содержится до 3,2%, при постепенном уменьшении вниз по профилю проникает на значительную глубину почвы. В горизонте В его содержится более 0,7%. Тип гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного гуматный или фульватно-гуматный, количество гуминовых кислот превышает над содержанием фульвокислот в 1,5-5 раз, что характерно для черноземообразования. Расчет

валового запаса гумуса показал, что в горизонтах А+В его содержится – 468,2 т/га, в 200 см слое – 481,7 т/га.(таблица 4) [92, 93, 97, 103].

Таблица 4 – Физико-химические свойства и запас гумуса в черноземе выщелоченном [97]

Горизонт	Глубина взятия образца, см	рН <sub>водн.</sub> , ед.	Поглощенные катионы, мг-экв./100 г			Гумус, %	Запас гумуса, т/га		
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	сумма		по горизонтам	в слое А+В	в слое 0-200 см
А <sub>пах</sub>	0-25	6,5	31,2	11,6	42,8	3,2	104,0	468,2	481,7
А	26-62	6,6	31,0	11,7	42,7	2,7	131,2		
АВ <sub>1</sub>	63-109	6,7	31,4	10,9	42,3	1,9	121,5		
АВ <sub>2</sub>	110-148	7,0	31,3	10,3	41,6	1,5	82,7		
В	149-177	7,7	26,2	9,0	35,2	0,7	28,8		
С	> 177	8,0	23,5	7,4	30,9	0,4	13,5		

Как считают В.Ф. Вальков и многие его единомышленники, слабая гумусность чернозема выщелоченного предопределила небольшое содержание в нем азота. В пахотном слое его количество в большинстве случаев укладывается в диапазон 0,16-0,18%, редко оно доходит до 2,5% и с глубиной почвы постепенно уменьшается до 0,07-0,1%. Азот чернозема выщелоченного находится в трудноусвояемой для растений форме: содержание легкогидролизуемого азота составляет 29-59 мг/кг почвы [10].

Из таблицы 5 следует, что большая глинистость чернозема выщелоченного обуславливает образование в нем значительных количеств оксидов кремния, алюминия и железа. При прохождении вниз по почвенному профилю вниз содержание оксидов марганца, алюминия, калия, титана, серы и фосфора уменьшается, а железа, кальция, кремния, натрия и магния – увеличивается [10, 97].

Таблица 5 – Валовой химический состав чернозема выщелоченного, % на прокаленную и бескарбонатную почву [97]

Глубина горизонта, см	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SO <sub>3</sub>
0-25	64,67	18,10	6,90	2,73	2,10	2,41	1,38	0,80	0,22	0,10	0,11
26-62	64,68	18,06	7,03	2,71	2,22	2,42	1,42	0,76	0,20	0,10	0,10
63-109	64,70	18,01	7,11	2,69	2,30	2,44	1,46	0,70	0,19	0,09	0,08
110-148	64,72	17,68	7,26	2,63	2,54	2,50	1,51	0,60	0,18	0,09	0,07,
149-177	64,75	17,30	7,32	2,60	2,77	2,53	1,60	0,56	0,17	0,08	0,05
> 177	64,78	17,25	7,38	2,50	2,81	2,54	1,63	0,52	0,15	0,06	0,04

Чернозем выщелоченный богат калием: его содержание в пахотном слое почвы достигает 2,73%. Количество общего фосфора в верхних горизонтах в среднем составляет 0,22%, с глубиной более 177 см уменьшается до 0,15%. Большая его часть представлена минеральными соединениями, в верхних горизонтах их 55-65%, в нижних – более 90%. Доля фосфора органических соединений доходит до 43% в верхних и 8-10% в нижних горизонтах почвы. Что касается подвижных форм фосфора и калия, то количество их в пахотном слое колеблется от повышенного до очень высокого, что, очевидно, объясняется неравномерной удобренностью территории. Так, подвижного фосфора содержится от 172 до 357, калия – 1002-370 мг/кг почвы. Причем высокое содержание фосфора и калия наблюдается не только в пахотном горизонте, но и по всему профилю. Чернозем выщелоченный обладает высокой емкостью поглощения: сумма поглощенных оснований достигает 33,1-34,7 мг-экв./100 г почвы. Среди поглощенных оснований 74,9-75,8% приходится на долю кальция. Засоление отсутствует. Однако в составе почвенного поглощающего комплекса до 2-5% от емкости может занимать водород. Поэтому реакция среды верхних горизонтов нейтральная или даже слабокислая, глубже переходящая в слабощелочную. Имеет место выщелачивание карбонатов, а также слабое перемещение оксидов магния из горизонта А в горизонт В. Почвенно-экологический индекс равен 71,3-80,1 [10, 97, 103, 123].

Скомпоновав научный материал, следует следующее описание чернозема выщелоченного в содержание которого входит: легкогидролизуемого азота около 38 мг/кг, подвижного фосфора – 138, обменного калия – 350, водорастворимого бора - 1,08, подвижного кобальта - 1,3, подвижного марганца - 150, подвижной меди - 0,22, подвижного молибдена - 0,14, подвижного цинка - 1,0.

Наряду с общим агрохимическим описанием почвы чернозема выщелоченного в таблице 6 представлена агрохимическая характеристика почвы опытного участка [97].

Таблица 6 – Агрохимическая характеристика чернозёма выщелоченного – почвы опытного участка (А.Х. Шеуджен, 2018 г.)

<b>Показатель</b>	<b>Показатель</b>
рН водный– 6,5	Фосфор общий (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), %– 0,15
рН солевой– 5,8	Калий валовой (K <sub>2</sub> O), %– 1,98
Сумма поглощенных оснований (S), мг-экв./100 г. почвы– 41,0	Кремний валовой (Si), %– 32,1
Гидролитическая кислотность (H <sub>r</sub> ), мг-экв./100 г. почвы – 1,98	Кальций валовой (Ca), %– 1,66
Емкость катионного обмена (Т), мг-экв./100 г. почвы– 43,0	Магний валовой (Mg), %– 1,01
Степень насыщенности почвы основаниями (V), %– 95,4	Сера валовая (S), % – 0,03
Гумус общий, % – 3,24	Железо валовое (Fe), %– 0,40
Азот общий (N), %– 0,22	Бор валовой (B), мг/кг– 47,1
Кобальт валовой (Co), мг/кг– 14,4	Марганец валовой (Mn), мг/кг– 478,3
Медь валовая (Cu), мг/кг – 16,8	Молибден валовой (Mo), мг/кг – 1,60
Цинк валовой (Zn), мг/кг– 42,3	Ванадий валовой (V), мг/кг – 88,9
Йод валовой (I), мг/кг– 4,31	Селен валовой (Se), мг/кг– 0,34
Литий валовой (Li), мг/кг – 43,5	Титан валовой (Ti), мг/кг– 4700
Никель валовой (Ni), мг/кг– 28,0	Хром валовой (Cr), мг/кг– 70,1
Кадмий валовой (Cd), мг/кг– 0,77	Свинец валовой (Pb), мг/кг– 26,7

Следовательно, почва испытываемого участка – чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках, имеет благоприятные агрохимические показатели плодородия для сельскохозяйственного использования (рисунок 4).

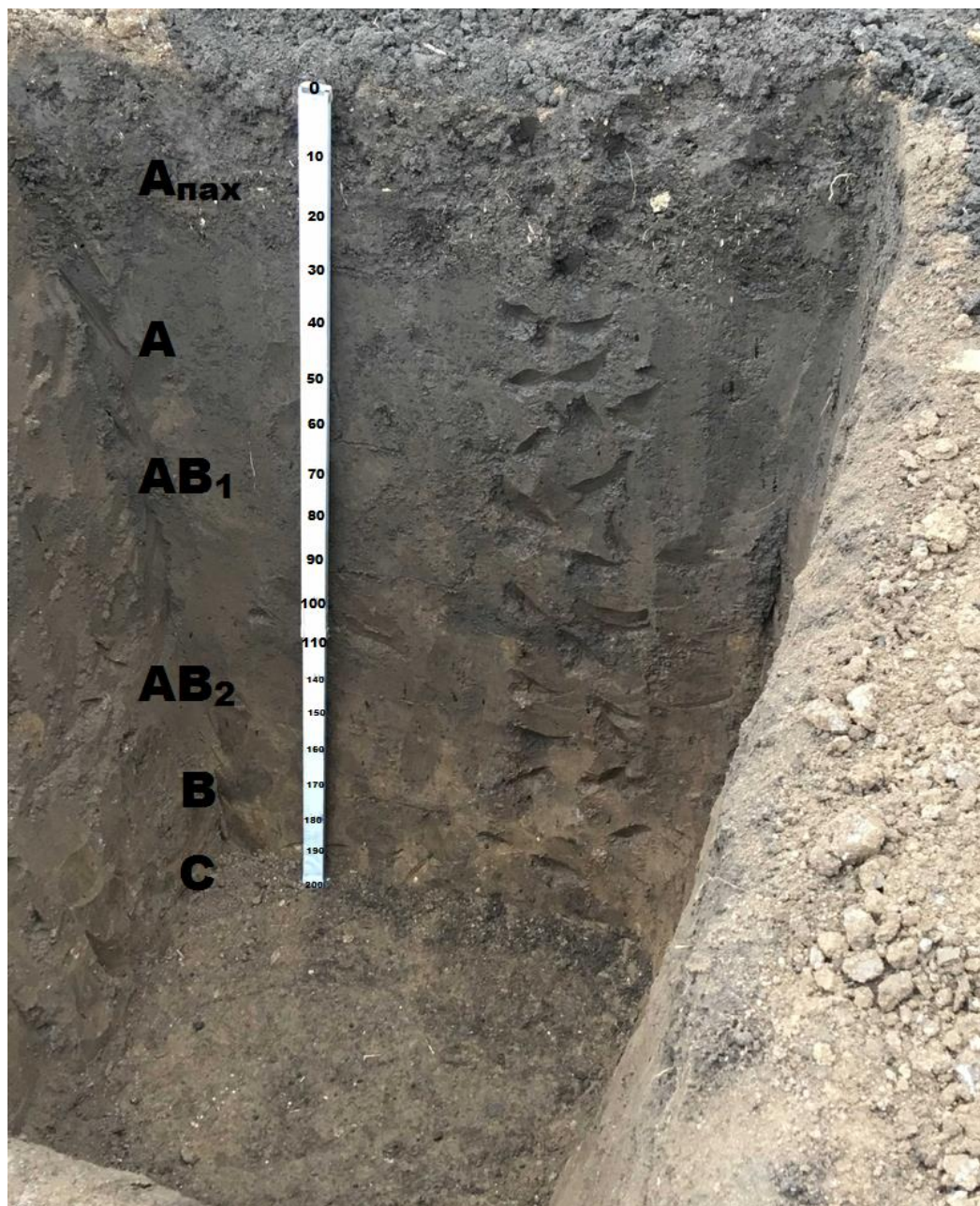


Рис. 4 - Профиль чернозема выщелоченного на стационарном участке кафедры агрохимии в учхозе «Кубань», Кубанский ГАУ

## 2.2. Объект и методика проведения исследований

Исследования проводили в 2017–2020 гг. на многолетнем стационаре кафедры агрономической химии Кубанского государственного аграрного университета им. И.Т. Трубилина (рисунки 5 – 17).

Объект исследования – ячмень озимый, сорт Рубеж, устойчивый к патогенам и полеганию, относится к группе среднеспелых сортов, колос шестирядный, плотный. Зерно полуудлиненной формы, среднего размера. Масса 1000 зерен 35,0-40,0 г. Зернофуражное направление использования, в зерне содержится 10,5-13,0% белка, с пленчатостью 9,2-11,7%. Высота растений достигает 100 см. Соломина упругая и прочная. Сорт Рубеж ячменя озимого морозоустойчив, в начале развития формирует мощную первичную корневую систему, благодаря чему ему свойственно произрастать на подкисленных почвах. Сорт Рубеж – высокопродуктивен, в системе севооборота показывает неплохие результаты. Рекомендуемая норма высева 4,0-4,5 миллионов всхожих зерен на гектар, при увеличении нормы формируется более высокая конкуренция между растениями ячменя за элементы питания и воду, возрастает вероятность заражения листовыми болезнями, происходит снижение урожайности. Сорт Рубеж восприимчив к мучнистой росе, при высоком азотном фоне поражается сетчатой пятнистостью. Для формирования более высокой урожайности зерна необходима химическая защита.

Предшественник – пшеница озимая, сорт Адель.





Рис. 5 – Полевой опыт. Посев ячменя озимого.



Рис. 6 - Полевой опыт. Фаза 2-3 листьев. Подсчет густоты стояния растений.



Рис. 7 - Полевой опыт. Фаза осеннего кущения. Дератизация родентицидом.



Рис.8 - Полевой опыт. Период зимнего покоя.



Рис.9 - Полевой опыт. Фаза весеннего кушения.

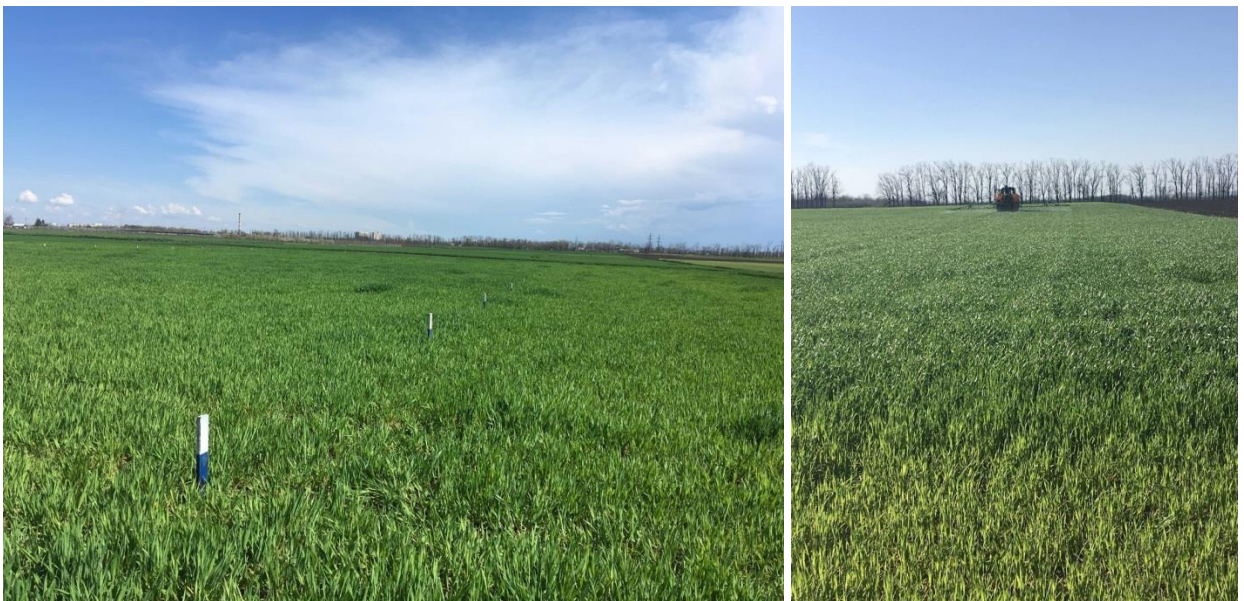


Рис.10 - Полевой опыт. Фаза выхода в трубку. Гербицидная обработка препаратом Примадонна, СЭ против двудольных сорняков.



Рис.11 - Полевой опыт. Фаза колошения. Пестицидная обработка в баковой смеси препаратами Амистар Трио и Каратэ Зеон против болезней и вредителей.



Рис.12 - Полевой опыт. Слева фаза молочной спелости зерна, справа восковой спелости.



Рис. 13 - Полевой опыт. Отбор снопов ячменя озимого для проведения анализа биометрии и структуры урожая.

Было заложено 2 опыта.

Опыт № 1 – участок с макроудобрениями представлен шестнадцатью вариантами, где изучались следующие системы:  $N_0P_0K_0$ ,  $N_{80}P_0K_0$ ,  $N_0P_{60}K_0$ ,  $N_0P_0K_{40}$ ,  $N_{80}P_{60}K_0$ ,  $N_{80}P_0K_{40}$ ,  $N_0P_{60}K_{40}$ ,  $N_{80}P_{60}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{40}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{40}P_{30}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{20}$ ,  $N_{120}P_{30}K_{60}$ ,  $N_{40}P_{90}K_{60}$ ,  $N_{120}P_{90}K_{60}$ . Повторность – двукратная. Применяемые макроудобрения: аммонийная селитра (34,6% N), двойной суперфосфат (43%  $P_2O_5$ ) и калий хлористый (60%  $K_2O$ ).

Опыт № 2 – участок с микроудобрениями представлен восьмью вариантами в четырехкратной повторности. В виде фонового внесения использовали удобрения в двойной норме  $N_{80}P_{60}K_{40}$ , где вносили аммофос (12% N, 52%  $P_2O_5$ ), карбамид (46% N) и калийную соль (41%  $K_2O$ ). Далее отдельно по каждой делянке в норме 4 кг д.в./га применяли микроудобрения: борную кислоту (17,3%B), сульфат кобальта (20,0% Co), сульфат марганца (21,0%Mn), сульфат меди (24,0%Cu), молибдат аммония (52,0% Mo) и сульфат цинка (21,8 % Zn).

Расположение вариантов в опытах – рендомезированное, где величина делянки в опыте № 1 составила 162 м<sup>2</sup> (5,4×30 м), учет проводился с площади – 63 м<sup>2</sup> (2,1×30 м), опыта № 2- 32 м<sup>2</sup> (3,2×10 м), учетная – 21 м<sup>2</sup> (2,1×10 м).

Все вышеуказанные макро- и микроудобрения вносили в почву до посева ячменя озимого под основную обработку (рисунок 14).

### Схема

№ варианта	Вариант	Норма удобрений
Опыт №1		
1.	000	Без удобрений
2.	200	N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
3.	020	N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>
4.	002	N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>
5.	220	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>
6.	202	N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>
7.	022	N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>
8.	222	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>
9.	111	N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>
10.	311	N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>
11.	131	N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>
12.	113	N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>
13.	331	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>
14.	313	N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>
15.	133	N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>
16.	333	N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>
Опыт №2		
1.	Контроль	Без удобрений
2.	222	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>
3.	222+B	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> +B <sub>4</sub>
4.	222+Co	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> +Co <sub>4</sub>
5.	222+Mn	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> +Mn <sub>4</sub>
6.	222+Cu	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> +Cu <sub>4</sub>
7.	222+ Mo	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> + Mo <sub>4</sub>
8.	222+Zn	N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> +Zn <sub>4</sub>

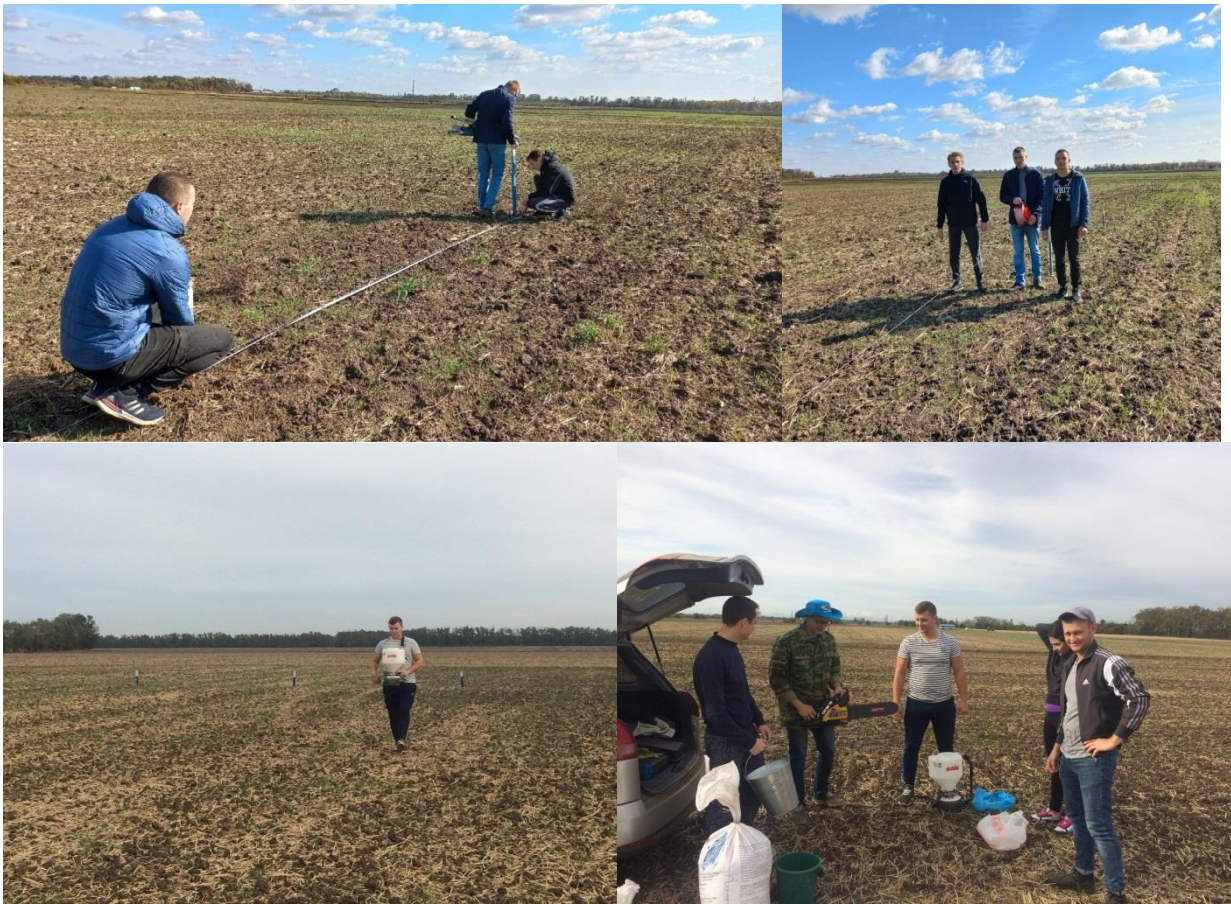


Рис. 14 - Полевой опыт. Разбивка опытного участка и внесение макро- и микроудобрений под основную обработку ячменя озимого

Обработка почвы – рекомендованная учебно-опытным хозяйством «Кубань» для данной зоны возделывания состояла:

- лущение стерни на глубину 10–12 см тяжёлой дисковой бороной БДТ-3 (фирма Kuhn);
- вспашка на глубину 20–22 см агрегатом МТЗ-1221 +ПО 4-35 (Multi-MasterKuhn),
- культивация поля перед посевом на глубину 5-6 см агрегатом МТЗ-1221+КПС-4,2+БЗСС-1,0.

Посев ячменя озимого проводили в оптимальные сроки сеялкой GreatPlains СРН-15 с нормой высева 3-3,5 млн./га всхожих семян и шириной междурядий 17,8 см с последующим прикатыванием кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А.

Почвенные образцы и растения отбирали с каждой делянки опыта по фазам вегетации ячменя: осеннее кущение, весеннее кущение, колошение и полную спелость зерна.

Почвенные образцы и растения отбирали с каждой делянки опыта по фазам вегетации ячменя: осеннее кущение, весеннее кущение, колошение и полную спелость зерна.

Все аналитические работы осуществлялись согласно общепринятым методикам в соответствии с общими требованиями к проведению анализов (ГОСТ 29269-91) (рисунок 16-17).

В почвенных образцах определяли:

- влажность почвы гравиметрическим методом (ГОСТ 28268-89);
- содержание аммонийного азота путем экстрагирования 0,1 н KCL с использованием реактива Несслера (ГОСТ 26489-85);
- содержание нитратного азота потенциометрически (ГОСТ 26951-86).
- содержание подвижного фосфора и обменного калия по методу Чирикова (ГОСТ 26204-91).

В отобранных растительных пробах определяли:

- линейные параметры путем измерения растений;
- содержание сухой массы органов растений гравиметрическим методом;
- содержание пластидных пигментов в листьях по Годневу в модификации Шеуджена и количества хлорофиллов и каротиноидов по формулам Хольма-Ветштейна;
- площадь листьев методом высечек.

Расчет фотосинтетического потенциала проводили на основе произведения полусуммы площадей листьев за два последовательных определения на длительность периода между этими определениями. Для определения чистой продуктивности фотосинтеза использовали формулы Кида, Веста и Бригга.



Растительный материал подвергался мокрому озолению с использованием концентрированной серной кислоты и перекиси водорода (метод Куркаева). В растворе озолота определяли содержание азота (ГОСТ 13496,4-93), фосфора (ГОСТ 26657-97) и калия пламенно-фотометрическим методом (ГОСТ 26726-85).

Перед уборкой урожая были отобраны пробные снопы для определения структуры урожая ячменя озимого по следующим признакам: высота растений, продуктивная кустистость, длина колоса, число зерен в колосе, масса зерна с одного колоса, масса 1000 зерен.

Учет урожайности зерна ячменя озимого проводили в фазе полной спелости комбайном Terrion-2010 сплошным обмолотом каждой делянки с последующим пересчетом на стандартную влажность и 100 % чистоту (рисунок 15).

На основе экспериментальных данных содержания элементов питания в зерне и соломе, а также с учетом урожайных данных ячменя озимого было определено их потребление в период вегетации и вынос с урожаем основной и побочной продукцией.

Качество зерна ячменя озимого оценивали по содержанию белка (ГОСТ 10846-91), крахмала (ГОСТ 10845-98), массовой доли золы (ГОСТ 10847-2019), а также по показателям пленчатости (ГОСТ 10843-76) и сбора белка расчетным методом.

Экономическая оценка применения макро- и микроудобрений на посевах ячменя озимого проводилась на основе показателей: прибавки урожайности в натуральном и стоимостном выражении, дополнительных затрат, условно-чистого дохода, окупаемости затрат и нормы рентабельности.

Статистическая оценка экспериментальных данных осуществлялась методом дисперсионного анализа [114].



Рис. 15 - Полевой опыт. Уборка зерна ячменя озимого в фазе полной спелости малогабаритным комбайном.



Рис. 16 - Полевой опыт. Механизированный и ручной отборы почвенных образцов.



Рис. 17 - Проведение лабораторных анализов на кафедре агрохимии.

### **3. ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**

#### **3.1 Пищевой режим чернозема выщелоченного под посевами ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений**

Ячмень озимый обладает большой потенциальной продуктивностью. На формирование 1 тонны зерна с соответствующим количеством побочной продукции азота потребляется 24-30 кг, фосфора – 14-17, калия – 19-26 кг. Потребление питательных элементов озимым ячменем, в течение вегетации, неравномерное. В фазе кущения поглощение элементов питания растениями составляет 70 % от максимального их выноса, которое в колошение достигает 90 %, фосфора – 75 %, а калия – заканчивается. В большей мере азот растениям необходим от начала кущения до выхода растений в трубку. Применение макро- и микроудобрений под озимый ячмень улучшали азотный, фосфорный и калийный режимы чернозема выщелоченного. Это способствовало обеспечению оптимальных условий для роста и развития растений и, в конечном итоге, повлияло на продуктивность этой культуры [107].

##### **3.1.1 Минеральный азот**

Неотъемлемой частью в питании растений является минеральный азот [148]. Динамика содержания нитратного и аммонийного азота в черноземе выщелоченном при возделывании ячменя озимого отображена на рисунке 18.

Содержание  $N-NO_3^-$  в почве зависело как от нормы внесенного азотного удобрения  $N_{40}$ ,  $N_{80}$  и  $N_{120}$ , так и от фазы вегетации растений ячменя озимого.

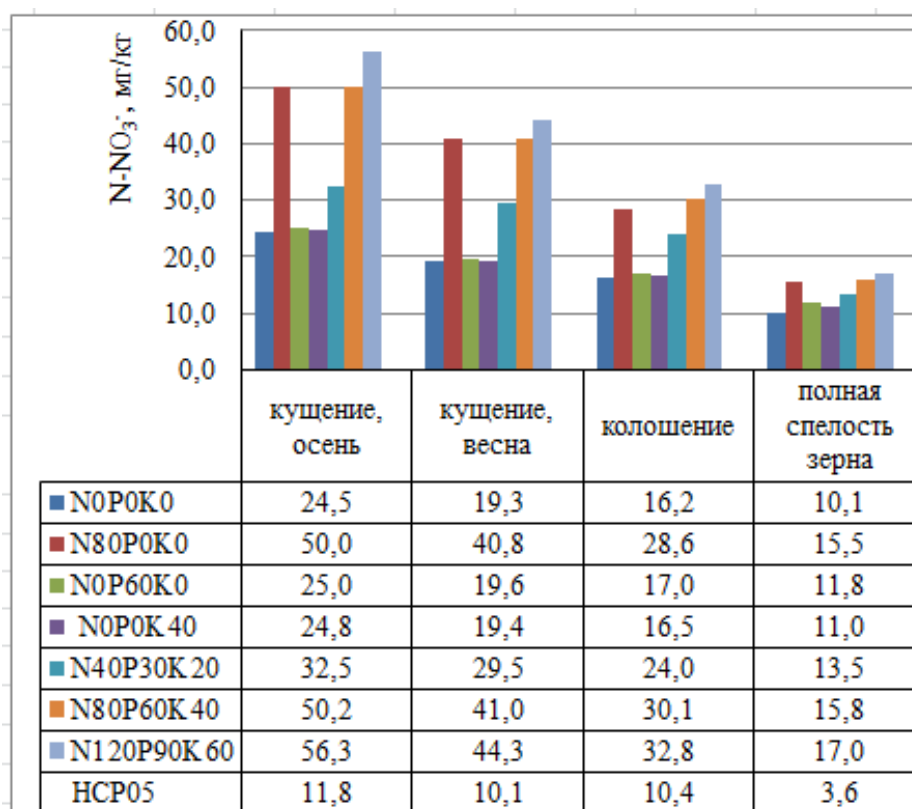


Рис. 18 – Динамика содержания нитратного азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макроудобрений, мг/кг

На всех вариантах опыта наблюдалось постепенное снижение количества  $N-NO_3$  от осеннего кущения до полного созревания зерна. В почве вариантов, где азотное удобрение не применялось, его содержание в периоды осеннего и весеннего кущения не превышало 25,0 и 19,6 мг/кг, что меньше в 1,3-2,3 и 2,1-2,3 раза при внесении норм азота от 40 до 120 кг/га д.в. соответственно. Такая же закономерность выявлена и в последующие фазы вегетации растений – колошение и полной спелости зерна. При этом с увеличением нормы азотного удобрения количество нитратного азота в почве, по сравнению с вариантами  $N_0P_0K_0$ ,  $N_0P_{60}K_0$  и  $N_0P_0K_{40}$ , возрастало. Так, осенью в фазе кущения при применении азота в норме 40 кг д.в./га – в среднем на 31,2 %, а ее увеличении в 2 раза ( $N_{40}$ ) – еще на 54,5 % (17,7 мг/кг). Последующее возрастание нормы до  $N_{80}$  кг д.в./га не способствовало резкому скачку содержания в почве нитратной

формы азота, лишь еще на 12,2 % (6,1 мг/кг). Последнее, по-видимому, связано с потерями азота из пахотного слоя почвы.

Весной, после возобновления вегетации растений, содержание нитратного азота в почве снизилось на 3,0-12,0 мг/кг (9,2-21,8 %). При применении азота из расчета  $N_{80}$  без фосфорно-калийных удобрений потери этого элемента из почвы составили 18,4 %, или 9,2 мг/кг. При той же норме азота, но с внесением  $P_{60}K_{40}$  уменьшение нитратного азота в почве оставалось в тех же пределах, и увеличивалось при  $N_{120}P_{90}K_{60}$  (21,3 %, или 12,0 мг/кг). В меньшем количестве снижение происходило при применении минимальных норм минеральных удобрений, в т.ч. и азотного –  $N_{40}P_{30}K_{20}$  (9,2 %, или 3,0 мг/кг).

В фазе колошения зафиксировано дальнейшее уменьшение содержания нитратного азота в почве. В исходной почве оно составляло 16,1 %, а при внесении удобрений – 18,6-29,9 %. При этом на фоне  $N_{80}P_{60}K_{40}$  это снижение достигало 26,6 % (10,9 мг/кг), а при  $N_{120}P_{90}K_{60}$  – 26,0 % (11,5 мг/кг), т.е. с увеличением нормы азота потери этого элемента из почвы не происходили.

К созреванию ячменя содержание нитратного азота в почве достигало своего минимума. По сравнению с предыдущей фазой вегетации растений азота в неудобренной почве сократилось на 37,7 % (6,1 мг/кг), на вариантах  $N_0P_{60}K_0$  и  $N_0P_0K_{40}$  – на 30,6 (5,2 мг/кг) и 33,3 % (5,5 мг/кг) соответственно, а при разных нормах азотного удобрения – 43,8-48,2 % (10,5-15,8 мг/кг).

Немаловажной формой азотного питания растений является аммонийная. Содержание  $N-NH_4^+$  в корнеобитаемом слое почвы чернозема выщелоченного показано на рисунке 19. В его динамике выражена тенденция, проявляющаяся на всех вариантах опыта, постепенного снижения количества от осеннего кущения к окончанию вегетации растений. Содержание в почве аммонийного азота уменьшилось на 36,4-59,4 % (6,3-19,0 мг/кг).

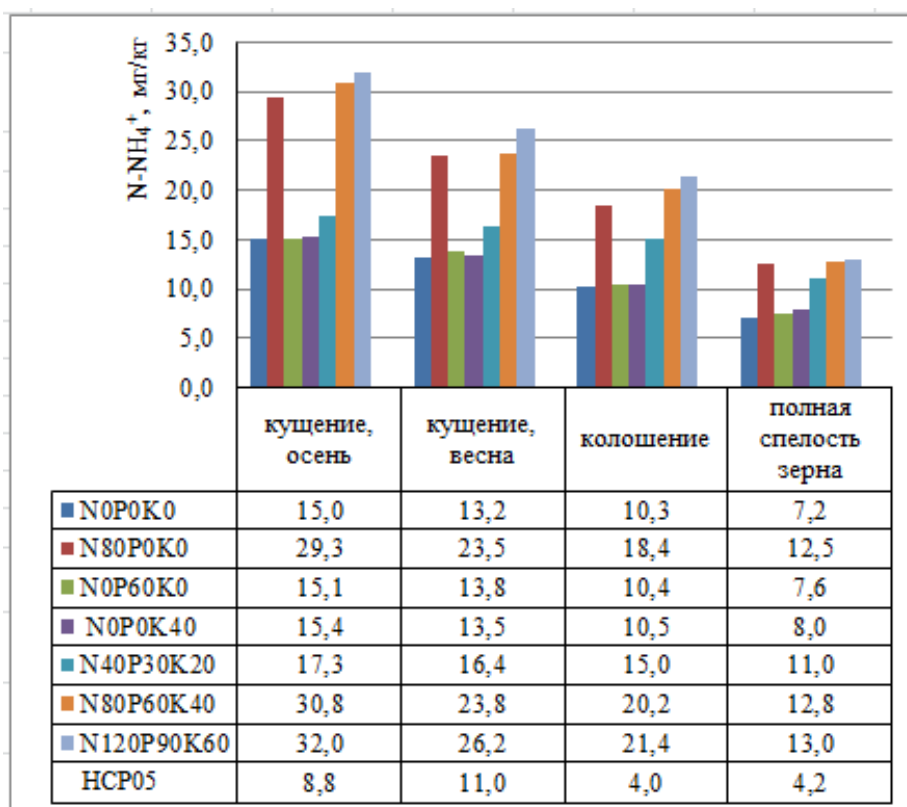


Рис. 19 – Динамика содержания аммонийного азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макроудобрений, мг/кг

Результаты исследований показали положительное влияние азотного удобрения в нормах 40, 80 и 120 кг/га д.в. на азотный режим чернозема выщелоченного. При минимальной норме  $N_{40}$  содержание аммонийного азота осенью в фазе кущения было больше на 15,3 % (2,3 мг/кг), чем в удобренной почве. После возобновления вегетации растений, весной в фазе кущения различия составили 24,2 % (3,2 мг/кг), в фазах колошения и полной спелости зерна – 45,6 и 52,8 % (4,7 и 3,8 мг/кг) соответственно. Внесение азота в почву из расчета 80 и 120 кг/га д.в. привело к двукратному увеличению содержания в почве аммонийного азота по сравнению с удобренным вариантом. В период осеннего кущения оно составило 15,8 и 17,0 мг/кг, после перезимовки весной – 10,6 и 13,0 мг/кг, в фазе колошения – 9,9 и 11,1 мг/кг, а в полную спелость зерна – 5,6 и 5,8 мг/кг соответственно.

Таким образом, содержание в почве нитратного ( $N-NO_3^-$ ) и аммонийного ( $N-NH_4^+$ ) азота зависит от нормы азотного удобрения. Ее

применение из расчета не более 80 кг/га д.в. ( $N_{40}$  и  $N_{80}$ ) происходит увеличение азота в почве практически пропорционально норме, а с повышением до  $N_{120}$  – замедление. Причиной последнего могут являться более интенсивные процессы нитрификации и потребления азота растениями озимым ячменем. На снижение содержания в почве нитратного азота также сказываются процессы миграции, а именно вынос  $N-NO_3^-$  из пахотного в нижележащие горизонты, особенно усиливающиеся в условиях обильного выпадения атмосферных осадков.

Для изучения воздействия микроэлементов на содержание биогенных элементов в почве была выбрана система удобрения на фоне внесения  $N_{80}P_{60}K_{40}$ , представленная на рисунке 20. Из иллюстрационного материала видно, что включение микроэлементов в систему удобрения ячменя озимого не изменяло ход динамики содержания нитратного азота в корнеобитаемом слое почвы, выраженной в количественном его уменьшении от начала вегетации растений к ее окончанию.

В неудобренной почве содержание нитратного азота во все фазы вегетации ячменя было наименьшим. При применении минеральных удобрений его количество увеличилось практически в 2 раза. Внесение в почву борного удобрения в количестве 4 кг/га д.в. (борная кислота, 17,3% В) не способствовало количественному изменению нитратного азота по сравнению с фоном  $N_{80}P_{60}K_{40}$ . Применение кобальтового удобрения в той же норме несколько увеличивало его содержание в период вегетации растений на 0,4-0,6 мг/га. Небольшое влияние, как и внесение борного удобрения, оказало марганцевое. В большей степени повышению этого элемента питания в почве способствовали молибденовое и цинковое удобрения. Они более заметно воздействовали на азотный режим почвы, чем вышеперечисленные. На этих вариантах содержание в почве нитратного азота в фазе колошения превышало фон на 2,7 и 5,3 %.



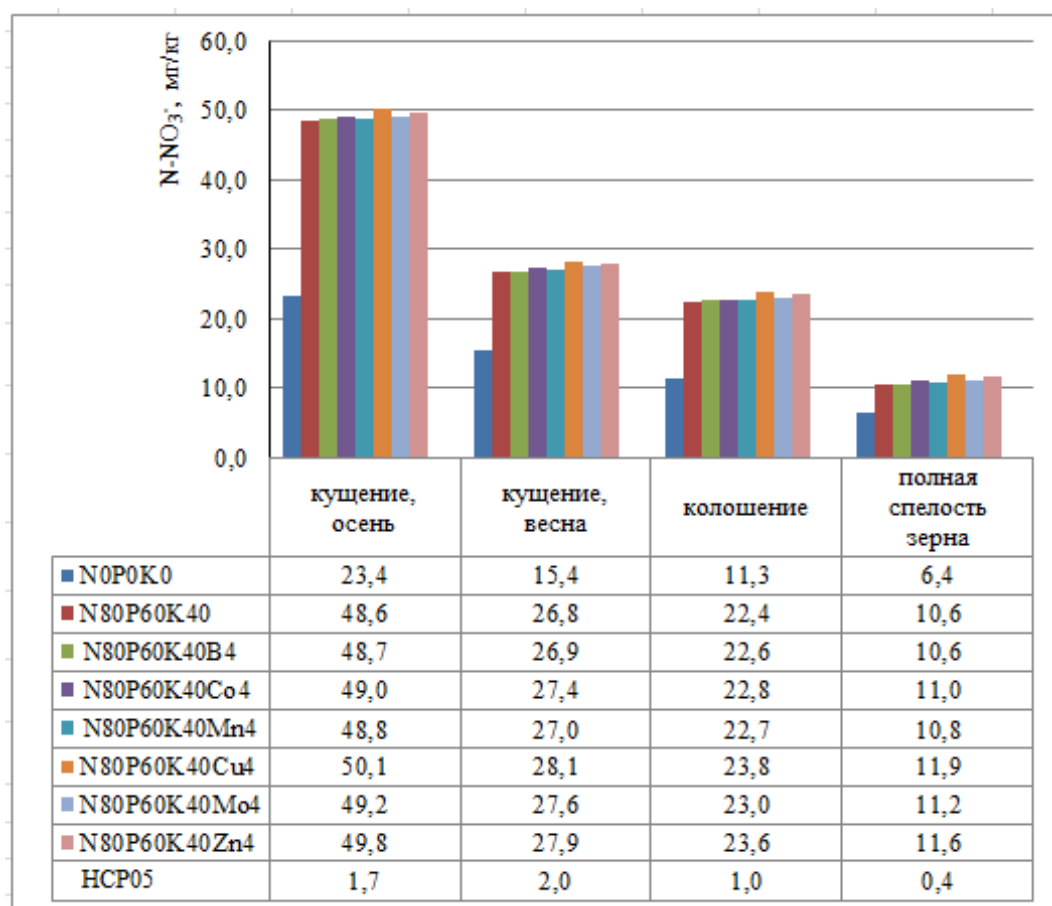


Рис. 20 – Динамика содержания нитратного азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении микроудобрений, мг/кг

Максимальная обеспеченность почвы азотом была достигнута при внесении сульфата меди (24 % Cu) в норме 4 кг/га по д.в. В почве этого варианта содержание нитратного азота увеличивалось в осеннее и весеннее кущение соответственно на 3,1 и 4,9 % (1,5 и 1,3 мг/кг). В большей степени различия с фоном проявились в последующие периоды развития растений ячменя. Так в фазы колошения и полной спелости зерна они достигали 6,3 и 12,3 % (1,4 и 1,3 мг/кг) соответственно.

Влияние внесения микроудобрений на содержание аммонийного азота в пахотном слое почвы чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого продемонстрировано на рисунке 21. Как видно, ход количественной динамики обменно-поглощенного аммония в почве не изменилось. Его

содержание постепенно убывает от начала вегетации до созревания ячменя. В почве, где удобрения не применялись, количество  $N-NH_4^+$  снизилось на 57,5 %, на фоне их внесения – 55,8 %, а в вариантах с внесением в почву микроудобрений из расчета 4 кг/га по д.в. – 50,8-55,8 %. Следовательно, различия между вариантами по уменьшению содержания аммонийного азота в почве незначительные.

Внесение микроудобрений оказали более отчетливое влияние на динамику содержания аммонийного азота, чем нитратного. Влияние борного удобрения уже заметно к фазе кущения растений, где содержание этого элемента питания в почве, по сравнению с фоном, увеличилось на 3,6 % (0,6 мг/кг). Марганцевые удобрения в начале вегетации ячменя не оказывали никакого воздействия на азотный режим почвы, но уже к фазам колошения и созревания можно отчетливо наблюдать увеличение количества аммонийного азота на 5,5 (0,9 мг/кг) и 5,3 % (0,6 мг/кг) соответственно.

Внесенные в почву кобальтовые и молибденовые удобрения практически в равной степени влияли на изменение содержания в ней обменно-поглощенного аммония. Под воздействием кобальта эта форма азотного питания возрастала относительно фона уже в начале вегетации растений на 3,1 % или на 3,1 мг/кг. В период весеннего кущения эти различия достигали 5,8 % или 1,2 мг/кг. В фазах колошения и созревания зерна – 13,9 % (2,3 мг/кг) и 7,0 % (0,8 мг/кг) соответственно. В такой же степени на аммонийный режим почвы оказывали молибденовые удобрения. Осенью и весной в фазе кущения количество аммонийного азота было больше на 3,1 % (0,8 мг/кг) и 4,3 % (0,9 мг/кг) соответственно, чем на фоне. Максимальная величина этого различия наблюдалась в фазе колошения, которая составила 15,1 % (2,5 мг/кг). Перед уборкой урожая содержание аммонийного азота в удобренной почве молибденом повышалось на 8,8 % (1,0 мг/кг).

Несколько большее влияние на азотный режим почвы наблюдалось со стороны цинковых удобрений. Их действие проявлялось с начала вегетации и продолжалось до ее окончания. По сравнению с фоном содержание

аммонийного азота в осеннее кущение увеличивалось на 4,7 % (1,2 мг/кг), весеннее –5,3 % (1,1 мг/кг). Максимальные различия приходились на фазы колошения (20,0 %, или 3,3 мг/кг) и созревания зерна (12,3 %, или 1,4 мг/кг).

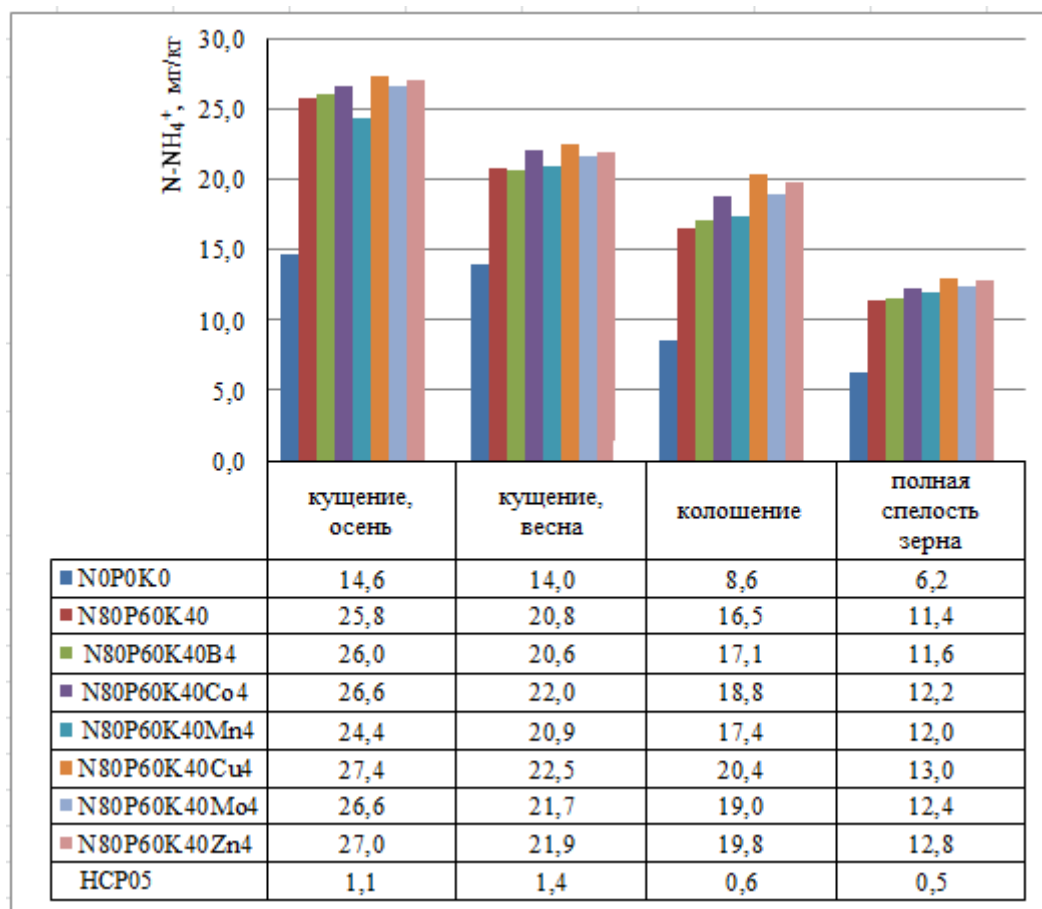


Рис. 21 – Динамика содержания аммонийного азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении микроудобрений, мг/кг

Внесенные в почву медные удобрения, как и по отношению к нитратному азоту, способствовали большему накоплению аммонийной его формы. По сравнению с фоном содержание  $N-NH_4^+$  осенью в фазе кущения повысилось на 6,2 % (1,6 мг/кг), весной различия достигали 8,2 % (1,7 мг/кг), а к фазе колошения ячменя они достигали максимума – 23,6 % (3,9 мг/кг) и достаточно большими сохранялись к концу вегетации растений – 14,0 % (1,6 мг/кг).

Таким образом, микроудобрения оказывают значительное влияние на обеспеченность почвы азотом. Внесение медных удобрений в почву из расчета 4 кг/га д.в. на фоне азотно-фосфорно-калийных под посеvy ячменя озимого способствует увеличению нитратного и аммонийного азота в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Они воздействуют в течение всего периода вегетации и сильнее проявляются в фазе колошения растений.

### **3.1.2 Подвижные формы фосфора и калия**

Содержание подвижного фосфора в черноземе выщелоченном при выращивании ячменя озимого определенным образом зависело от норм внесенных минеральных удобрений и фазы вегетации растений (рисунок 22). Динамика его содержания в почве на всех вариантах показывает, что максимум приходился на начало вегетации растений с постепенным снижением к фазе созревания зерна. Наименьшее количество доступных фосфатов растениям ячменя отмечено в почве варианта без применения удобрений.

После возобновления вегетации растений в фазе кущения содержание подвижного фосфора сократилось относительно осени на 5,4 % в неудобренной почве. Такая же тенденция наблюдалась и при внесении  $P_{60}$  без включения азотных и калийных удобрений (5,2 %), и в меньшей степени на фоне полного минерального удобрения  $N_{80}P_{60}K_{40}$  (2,4 %). Следует отметить, что меньше всего фосфора уменьшалось на вариантах  $N_{80}P_0K_0$  (на 1,0 %) и  $N_{40}P_{30}K_{20}$  (на 1,7 %), обусловленное, по-видимому, не соблюдением отношением N:P:K на черноземе выщелоченном под изучаемую культуру.

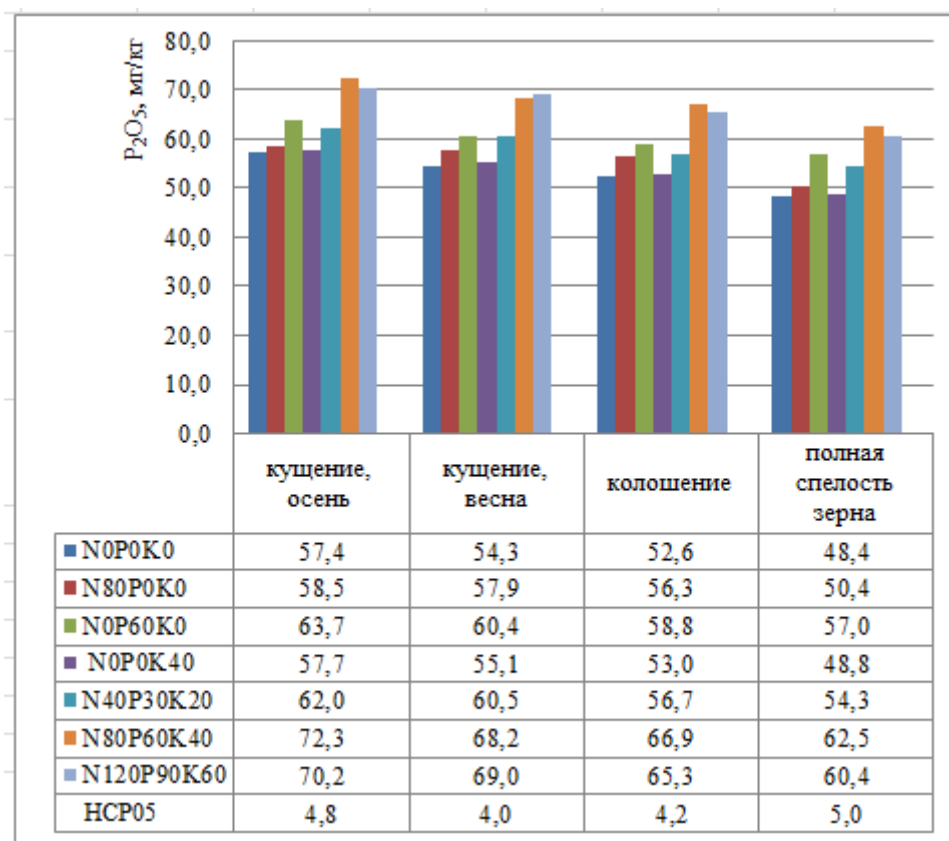


Рис. 22 – Динамика содержания подвижного фосфора в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макроудобрений, мг/кг

К фазе колошения количество подвижного фосфора относительно весеннего кущения уменьшилось на 3,1 % в исходной почве, в вариантах без внесения фосфора  $N_{80}P_0K_0$  и  $N_0P_0K_{40}$  – на 2,8 и 3,8 % соответственно. На других вариантах опыта, где фосфорные удобрения вносились отдельно, так и совместно с азотными и калийными, снижение доступных фосфатов растениям варьировало 2,6-6,3 %. При этом с увеличением нормы внесения фосфора величина этого снижения была ощутимей.

По окончанию онтогенеза ячменя озимого количество подвижного фосфора достигало своего минимума, хотя тенденция превышения в вариантах с внесением удобрений сохранялась относительно к неудобренной почве.

Результаты исследований показали, что содержание фосфатов за период вегетации ячменя сократилось в почве без внесения удобрений на 15,7 %. Их применение также способствовало их сокращению. В удобренной почве фосфором ( $N_{80}P_0K_0$  и  $N_0P_0K_{40}$ ) уменьшение этого элемента составило 13,9 и 15,4 % соответственно. При применении одного фосфорного удобрения ( $N_0P_{60}K_0$ ) – 10,5 %, на вариантах с внесением азотно-фосфорно-калийных удобрений  $N_{80}P_{60}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{30}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  – 12,4, 13,6 и 14,0 % соответственно.

Резюмируя, важно отметить, что независимо от применяемой системы удобрения содержание подвижного фосфора в почве было больше в удобренных вариантах по сравнению с неудобренным. Осенью в фазе кущения эти различия варьировали в пределах 8,0-26,0 %, весной – 11,7-27,1 %, колошения – 7,8-27,2 % и полной спелости зерна – 12,2-29,1 %.

Динамика содержания обменного калия в пахотном слое почв при выращивании ячменя озимого отражена на рисунке 23.

По динамике, представленной на рисунке, можно отметить равномерное снижение содержания обменного калия на всех вариантах опыта в течение всего вегетационного периода ячменя озимого. Максимум наблюдалось в фазе кущения осенью и минимум – в конце онтогенеза культуры. В почве без внесения удобрений количество этого элемента питания уменьшилось за вегетацию растений на 7,3 %. При применении  $K_{40}$  в отдельности уменьшение не отличалось от неудобренного варианта (7,5 %). Внесение калийного удобрения в норме  $K_{20}$ ,  $K_{40}$  и  $K_{60}$  совместно с азотно-фосфорными снижением составило 2,8, 7,4 и 2,3 % соответственно.

Следует отметить, что достоверное увеличение обменного калия в почве наблюдалось только при внесении калийных удобрений совместно с азотом и фосфором. При этом на фоне  $N_{40}P_{30}K_{20}$  в черноземе выщелоченном прослеживалась более высокая концентрация обменного калия.

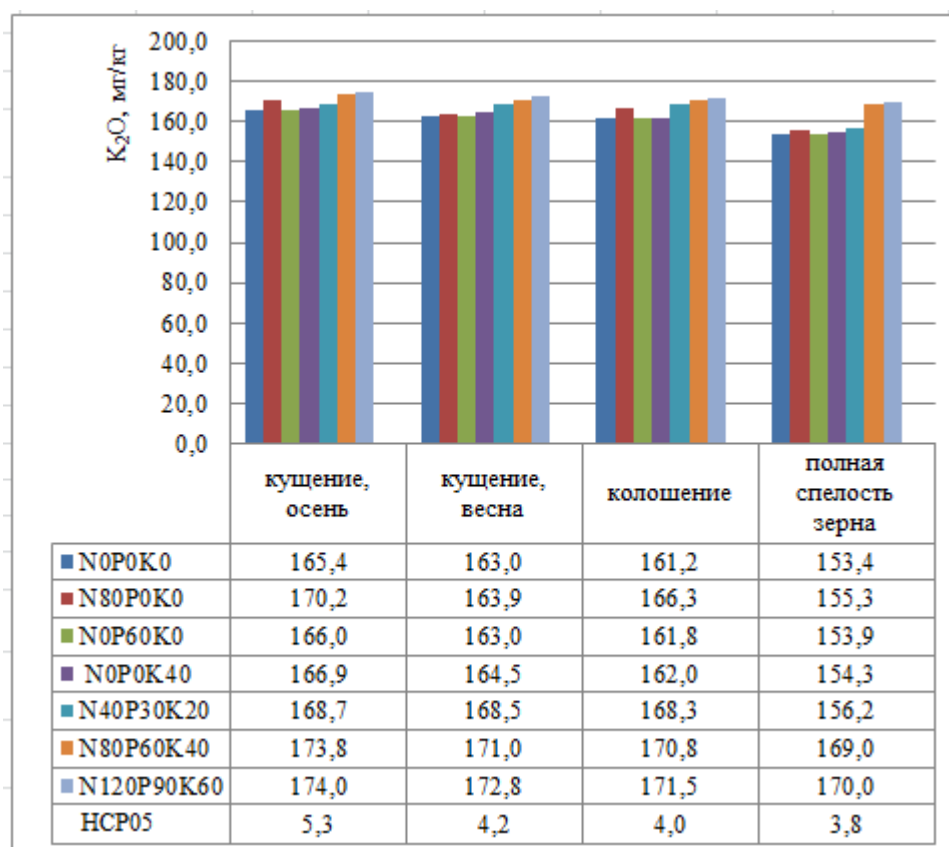


Рис. 23 – Динамика содержания обменного калия в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макроудобрений, мг/кг

Применение микроудобрений по-разному повлияло на изменение содержания подвижного фосфора в почве (рисунок 24). Применение одних минеральных удобрений увеличивало содержание подвижного фосфора в почве опытного участка по сравнению с контролем. Совместное внесение макро- и микроудобрений оказало положительное воздействие на обеспеченность почвы фосфатов. Включение бора в систему удобрения ячменя сопровождалось увеличением их содержания в фазы осеннего кущения на 3,1 %, весеннего – 4,9 %, колошения – 2,2 % и полной спелости зерна – 4,1 %. Такая же тенденция обнаружена на вариантах с кобальтовым удобрением 4,4%, 4,5, 1,2 и 3,6 %, марганцевым – 2,7%, 3,5, 3,2 и 6,1%, молибденовым – 2,7 %, 2,8, 2,3 и 5,3 %.

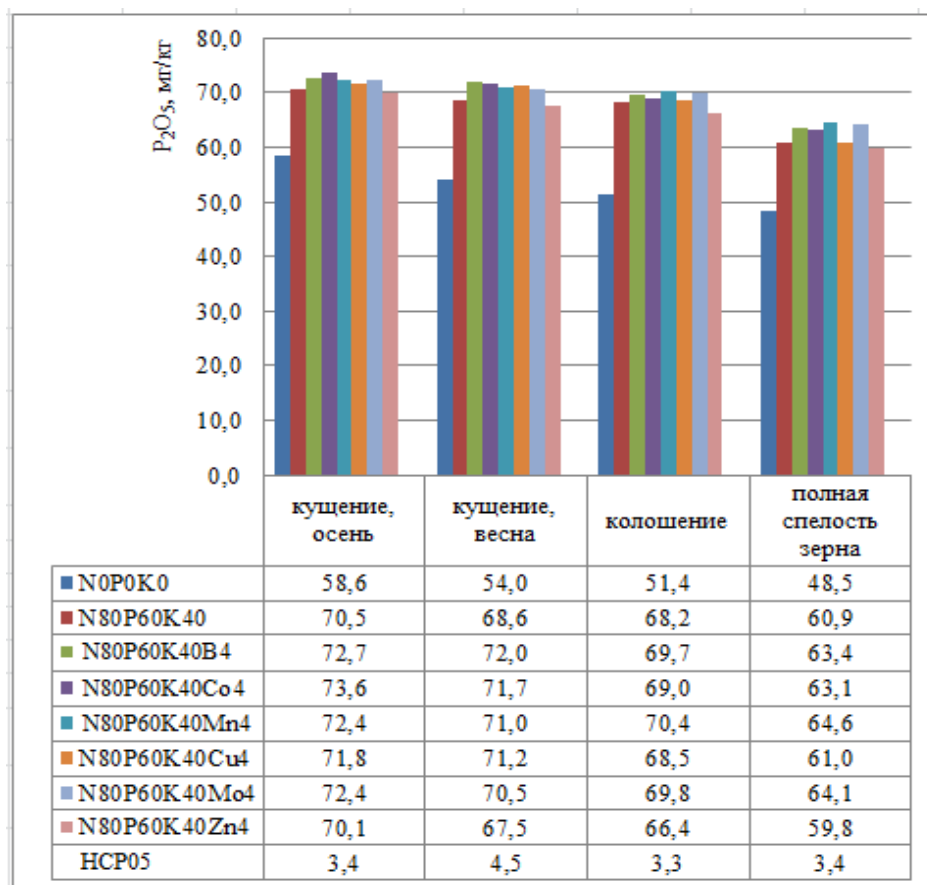


Рис. 24– Динамика содержания подвижного фосфора в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении микроудобрений, мг/кг

Влияние медного удобрения на количество подвижного фосфора в почве зафиксировано лишь в фазы осеннего и весеннего кущения, где увеличение составило 1,8 % и 3,8 % соответственно. Цинковое удобрение не обеспечивало повышения содержания в почве этого элемента питания. Вероятной причиной последнего является связывание фосфора в трудно растворимые соединения с цинком. Его количество в почве было меньше фонового варианта.

Динамика содержания в почве обменного калия определялась постепенным его уменьшением от начала вегетации растений к ее окончанию (рисунок 25).



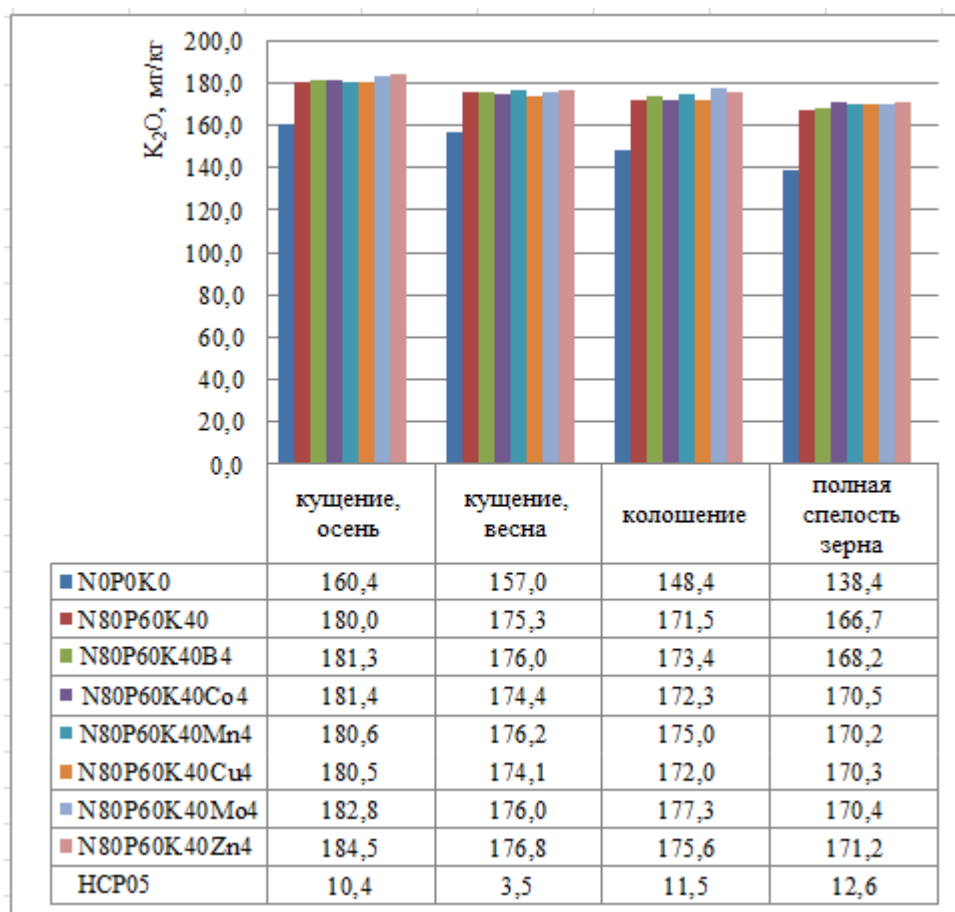


Рис. 25– Динамика содержания обменного калия в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении микроудобрений, мг/кг

На содержание в почве обменного калия наилучшее воздействие было получено от применения молибденового и цинкового удобрений. Его количество увеличивалось относительно фона на протяжении всей вегетации (0,4-3,4 % и 0,9-2,7 % соответственно). Влияние на калийный режим почвы борного, кобальтового, марганцевого и медного удобрений выражено слабо. Увеличение содержания обменного калия в почве по сравнению с фоном можно было наблюдать только к периоду созревания зерна, которое составляло на 0,9 %, 2,3, 2,1 и 2,2 % соответственно.

## **3.2 Рост и развитие растений ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений**

### **3.2.1 Изменение густоты стояния и высоты растений ячменя озимого в процессе фенологических наблюдений**

Процессы роста и развития растений неразрывно связаны с фотосинтетической деятельностью, водообменом и минеральным питанием, в комплексе которые определяют структуру, величину и качество полученной продукции. Ростовые показатели, главным образом, зависят от генотипа сорта, но реализация генетического потенциала в конечном итоге определяется почвенно-климатическими условиями и соответствующей технологией возделывания сельскохозяйственных культур [12].

К свидетельствованию происходящего процесса роста и развития можно отнести следующие признаки: густоту стояния, высоту и биомассу растений. От площади ассимиляционной поверхности листьев во многом зависит продуктивность сельскохозяйственных культур за счет более эффективного использования энергии солнечного света. А этот показатель находится в зависимости от густоты стояния растений.

Как показали исследования, внесенные макроудобрения повлияли на формирование густоты стояния растений ячменя озимого, которая к концу осеннего кушения изменялась от 377,8 до 383,2 шт./м<sup>2</sup> в зависимости от варианта опыта. После зимнего покоя в весенний учет эти показатели снизились в 2 раза. При этом количество растений на 1 м<sup>2</sup> было наибольшим при применении систем удобрения N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>. На этих вариантах по сравнению с другими зафиксирована большая выживаемость растений и меньшая их изреживаемость (таблица 7).

При сочетании макро- и микроудобрений густота стояния растений к концу фазы кушения изменялась от 375,8 до 382,5 шт./м<sup>2</sup> осенью, а в период весеннего учета эти показатели снизились до 248,3-272,4 шт./м<sup>2</sup>. Микроэлементы создают благоприятную среду для развития корневой

системы и повышают конкурентоспособность агроценоза растений. Это можно проследить на основании учета весеннего кущения. Внесение в почву медного удобрения на фоне  $N_{80}P_{60}K_{40}$  лучшим образом сказалось на выживаемости растений и уменьшении их изреживаемости. Различия с вариантом  $N_{80}P_{60}K_{40}$  составили 4,2 и 3,1 % соответственно.

Таблица 7 – Влияние макро- и микроудобрений на перезимовку растений ячменя озимого

Вариант	Количество растений, шт/м <sup>2</sup>		выживаемость растений, %	изреживаемость растений, %
	осень	весна		
макроудобрения				
1. $N_0P_0K_0$	381,2	249,3	65,4	34,6
2. $N_{80}P_0K_0$	377,8	250,8	66,4	33,6
3. $N_0P_{60}K_0$	381,4	252,5	66,2	33,8
4. $N_0P_0K_{40}$	379,0	249,4	65,8	34,2
5. $N_{40}P_{30}K_{20}$	379,4	250,9	66,1	33,9
6. $N_{80}P_{60}K_{40}$	383,2	260,1	67,9	32,1
7. $N_{120}P_{90}K_{60}$	383,0	258,6	67,5	32,5
НСР <sub>05</sub>	6,2	8,6	-	-
микроудобрения				
1. $N_0P_0K_0$	382,0	248,3	65,0	35,0
2. $N_{80}P_{60}K_{40}$	381,6	260,6	68,3	31,7
3. $N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	382,5	263,2	68,8	31,2
4. $N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	376,3	261,4	69,4	30,6
5. $N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	379,1	263,5	69,5	30,5
6. $N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	375,8	272,4	72,5	27,5
7. $N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	380,4	269,4	70,8	29,2
8. $N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	376,3	270,1	71,8	28,2
НСР <sub>05</sub>	7,5	18,2	-	-

Оптимизация минерального питания растений – основной источник благоприятного их роста и развития, что является результатом максимальной продуктивности посевов. Внесенные удобрения положительно отразились на линейном росте растений ячменя озимого (рисунок 26).

Рост растений в высоту наблюдался на протяжении всей вегетации растений ячменя не зависимо от варианта опыта. Внесение макроудобрений способствовали более интенсивному росту растений. В большей мере этот

показатель проявился на фоне N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>, где превышение контроля составило в периоды осеннего и весеннего кущения 33,5 и 37,4 %. Меньшие различия наблюдались в фазы колошения и полной спелости зерна – 18,3 и 20,0 % соответственно.

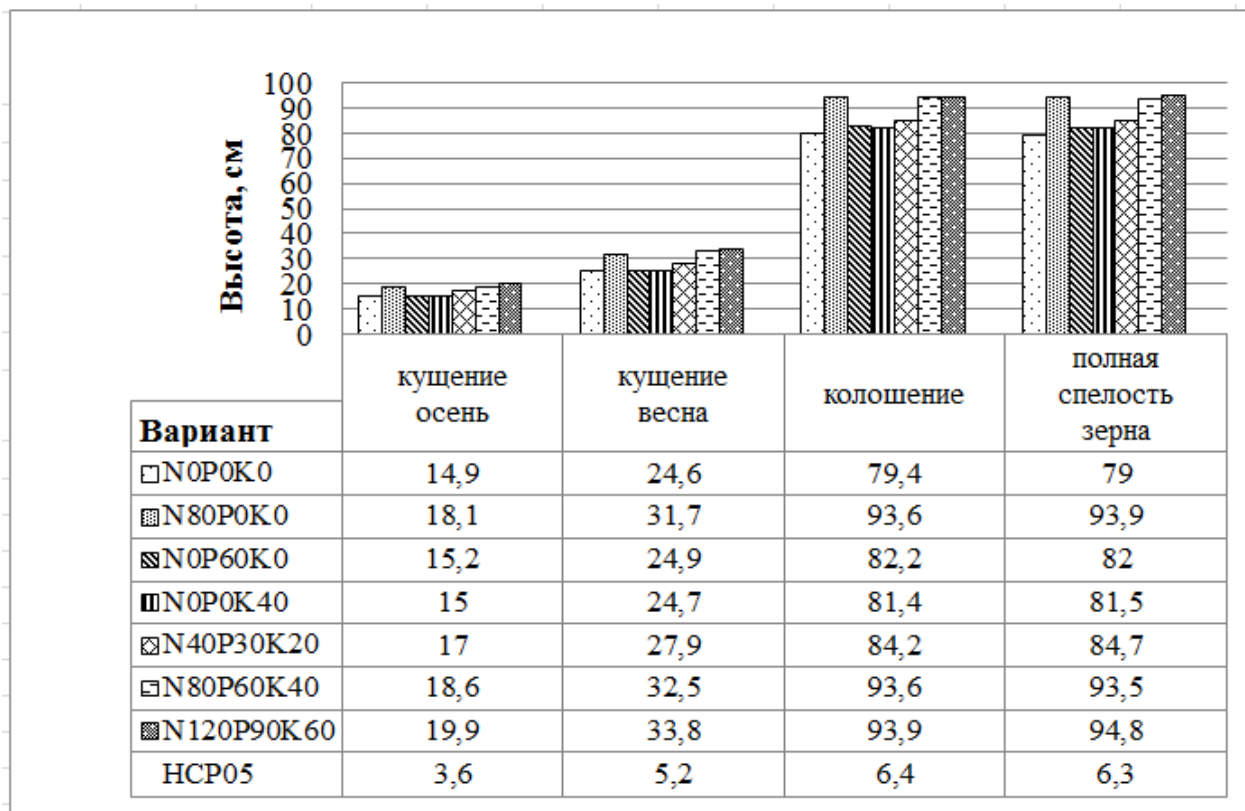


Рис. 26 – Динамика высоты растений ячменя озимого при внесении макроудобрений (2017-2020 гг.), см

Микроудобрения, внесенные в почву на фоне N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>, способствовали увеличению высоты растений по сравнению с контролем по всем фазам вегетации ячменя (рисунок 27). В период осеннего кущения бор, кобальт и марганец увеличивали величину этого показателя относительно N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> на 0,1; 0,4 и 0,6 см соответственно. Наибольшее воздействие проявилось при внесении таких микроэлементов как цинка, молибдена и меди. Превышение фона составляло 0,7; 0,8 и 0,9 см соответственно.

Измерение высоты растений ячменя озимого в другие фазы вегетации выявили аналогичные закономерности. Весенний отбор растений показал увеличение их высоты относительно фона на 2,3, 2,4 и 1,2 см под

воздействием соответственно борных, кобальтовых и марганцевых удобрений. В фазе колошения эти различия составили 4,1, 4,2 и 4,0 см, в полную спелость зерна – 3,5, 4,0 и 3,8 см соответственно.

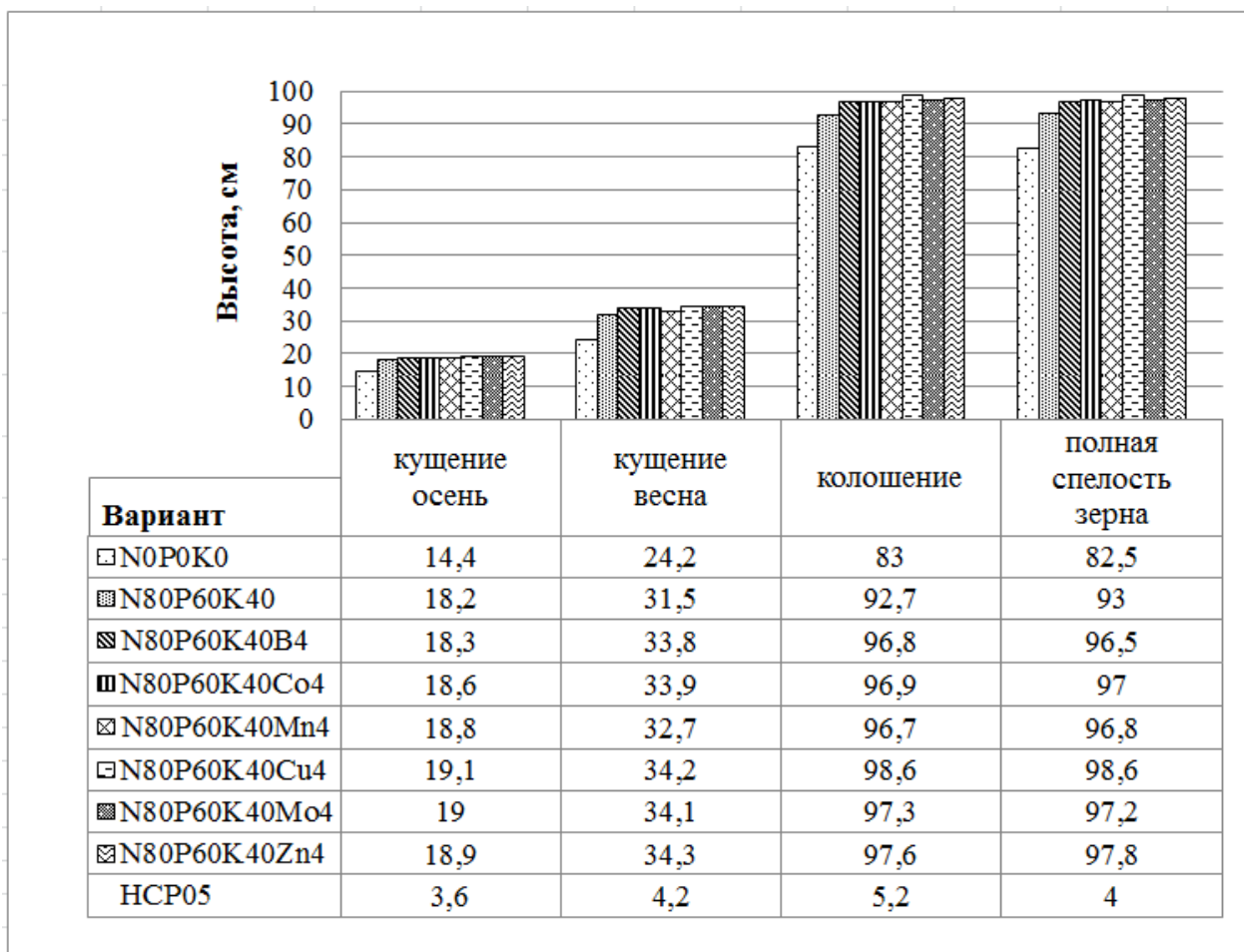


Рис. 27 – Динамика высоты растений ячменя озимого при внесении микроудобрений (2017-2020 гг.), см

Внесение цинка, молибдена и меди способствовали лучшему росту растений. Под их влиянием высота растений после возобновления вегетации растений, весной, увеличивалась по отношению к фону на 2,8, 2,6 и 2,7 см. В фазах колошения эти величины достигали различий 4,9, 4,6 и 5,9 см, а к полной спелости зерна – 4,8, 4,2 и 5,6 см соответственно.

Таким образом, макро- и микроудобрения способствуют лучшему росту и развитию растений ячменя озимого, что несомненно отражается на накоплении сухого вещества [104].

### 3.2.2 Динамика накопления сухого вещества растениями

#### ячменя озимого

Образование сухого вещества – важный и сложный физиологический процесс, зависящий от условий внешней среды и онтогенеза самого растения. От прироста сухой массы растений значительно зависит их продуктивность. Минеральные удобрения являются одним из основным фактором накопления сухой массы вещества на единице площади посева.

Представленные данные в таблице 8 показывают, что наибольший прирост органической массы растениями происходило в условиях внесения полного минерального удобрения. В фазе осеннего кущения приращение относительно контроля в вариантах  $N_{80}P_{60}K_{40}$ ,  $N_{40}P_{30}K_{20}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  составило соответственно 0,49, 0,26 и 0,48 г/раст.; весеннего – 0,94, 0,96 и 0,87 г/раст.; в фазы колошения – 2,16, 1,56 и 2,14 г/раст. и созревания – 1,96, 0,92 и 1,76 г/раст. в листостебельной массе, а в зерне – 2,07, 0,97 и 1,86 г/раст. При этом лучшие условия для накопления сухой массы растениями создавались на вариантах  $N_{80}P_{60}K_{40}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , где в среднем от фазы осеннего кущения до полной спелости зерна прирост биомассы относительно контроля составил 60,5 % и 56,8 % соответственно.

Таблица 8 – Сухая масса растений ячменя озимого при внесении макроудобрений, г/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
1. $N_0P_0K_0$	0,89	2,08	3,16	2,93	3,08
2. $N_{80}P_0K_0$	1,02	3,01	5,22	4,20	4,42
3. $N_0P_{60}K_0$	0,92	2,24	3,38	3,05	3,21
4. $N_0P_0K_{40}$	0,90	2,16	3,31	3,01	3,17
5. $N_{40}P_{30}K_{20}$	1,15	3,04	4,72	3,85	4,05
6. $N_{80}P_{60}K_{40}$	1,38	3,02	5,32	4,89	5,15
7. $N_{120}P_{90}K_{60}$	1,37	2,95	5,30	4,69	4,94
НСР <sub>05</sub>	0,12	0,81	1,52	1,78	1,33

Применение  $N_{80}P_0K_0$  также способствовало приросту сухой массы в растениях, причем с той же интенсивностью, как и при полном азотно-фосфорно-калийном внесении удобрений. В вариантах, где растения выращивались на фоне фосфорных или калийных удобрений ( $N_0P_{60}K_0$  и  $N_0P_0K_{40}$ ) сухое вещество количественно уступало другим вариантам опыта.

Внесение микроудобрений показывает степень положительного влияния на накопление сухой биомассы растениями, однако по вариантам опыта присутствуют некоторые различия (таблица 9). Главным образом, это связано с различной физиологической ролью каждого микроэлемента в жизнедеятельности озимого ячменя, а также их взаимодействием с почвой.

Таблица 9 – Сухая масса растений ячменя озимого при внесении микроудобрений, г/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
1. $N_0P_0K_0$	0,84	1,95	2,92	3,02	2,88
2. $N_{80}P_{60}K_{40}$	1,32	2,87	5,18	4,06	3,87
3. $N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	1,34	2,87	5,25	4,4	4,19
4. $N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	1,39	2,88	5,3	4,56	4,34
5. $N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	1,36	2,88	5,28	4,14	3,94
6. $N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	1,44	2,98	5,37	5,22	4,97
7. $N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	1,4	2,89	5,32	4,66	4,44
8. $N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	1,42	2,91	5,36	5,94	4,7
НСР <sub>05</sub>	0,84	1,95	2,92	3,02	2,88

Независимо от применения макро- и микроудобрений накопление сухой массы растениями ячменя озимого происходило на протяжении всего периода вегетации. При этом на всех удобренных вариантах сухого вещества в растениях было больше, чем на контрольном. При применении минеральных удобрений этот показатель в фазу колошения составлял 5,18 г/раст. Включение микроэлементов в систему удобрения ячменя способствовало приросту биомассы на 1,35-3,67 %.

Наибольшее влияние на образование в растениях ячменя сухой массы оказали медь, молибден и цинк. Превышение фонового внесения составило в фазе осеннего кущения соответственно 0,12, 0,08 и 0,10 г/раст., весеннего – 0,11, 0,02 и 0,04 г/раст., в колошение – 0,19, 0,14 и 0,18 г/раст., в созревание – 1,16, 0,60 и 1,88 г/раст. в листостебельной массе. В зерне ячменя соответственно 1,10, 0,57 и 0,83 г/раст. Отсюда видно, что значительные различия по накоплению сухого вещества наблюдались в фазах колошения и созревания.

В меньшей степени на прирост биомассы растениями оказали влияние такие микроэлементы, как марганец, кобальт и бор. В фазе колошения он превышал фоновый вариант на 0,07-0,12 г/раст. В период созревания в листостебельной массе – на 0,08-0,05 г/раст., в зерне – на 0,07-0,47 г/раст. Среди этих микроэлементов, оказывающих большее воздействие на этот показатель, можно выделить кобальт.

### **3.3 Содержание элементов минерального питания в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений**

Безусловно, поглощение ячменем озимым макроэлементов зависит от содержания их в почве и климатических условий произрастания, а также от генотипической характеристики сорта, требующего для формирования урожая определенное количество элементов питания. Анализируя динамику содержания в растениях ячменя озимого азота, фосфора и калия установлена ее зависимость от уровня минерального питания [23, 116].

#### **3.3.1 Азот**

Динамика содержания азота в надземной вегетативной массе растений ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений характеризовалась постепенным снижением от фазы кущения до полной спелости зерна (рисунки 28-29).



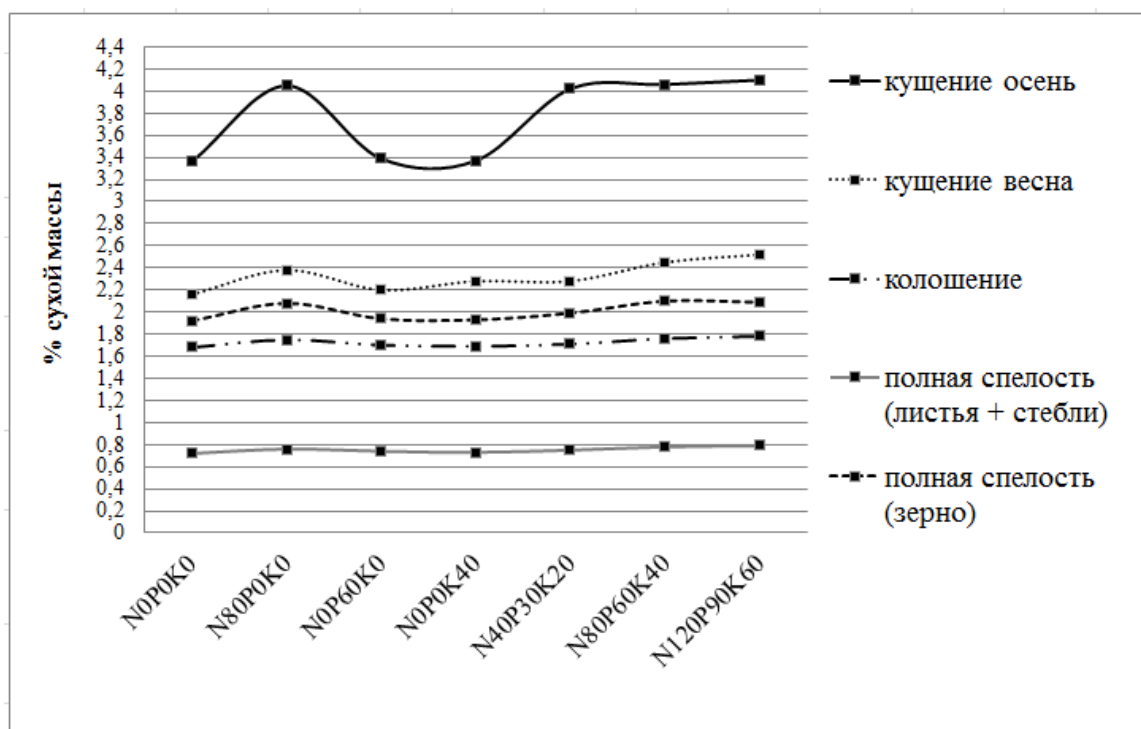


Рис. 28 – Динамика содержания азота в растениях ячменя озимого при внесении макроудобрений по фазам вегетации, % сухой массы

В фазе осеннего кущения ячменя на фоне внесения  $N_{40}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{80}P_0K_0$ ,  $N_{80}P_{60}K_{40}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  содержание азота в растениях по сравнению с вариантом без удобрений возросло на 0,66%, 0,69, 0,70 и 0,74 % соответственно (рисунок 28).

При внесении двойных норм фосфорного ( $N_0P_{60}K_0$ ) и калийного ( $N_0P_0K_{40}$ ) удобрений его количество от фонового внесения практически не отличалось. Различия можно было наблюдать только в фазе весеннего кущения, которые составляли соответственно 0,04 и 0,12 % сухой массы.

В фазе колошения начинается накопление биогенных элементов в генеративных органах растений ячменя озимого и к полной спелости сказывается на содержании их в зерне. Наиболее положительный эффект был получен при полной двойной норме минерального удобрения ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ), где увеличение в зерне относительно контроля составило 0,18 % сухой массы.

Микроудобрения оказали положительное воздействие на накопление азота растениями ячменя озимого (рисунок 29).

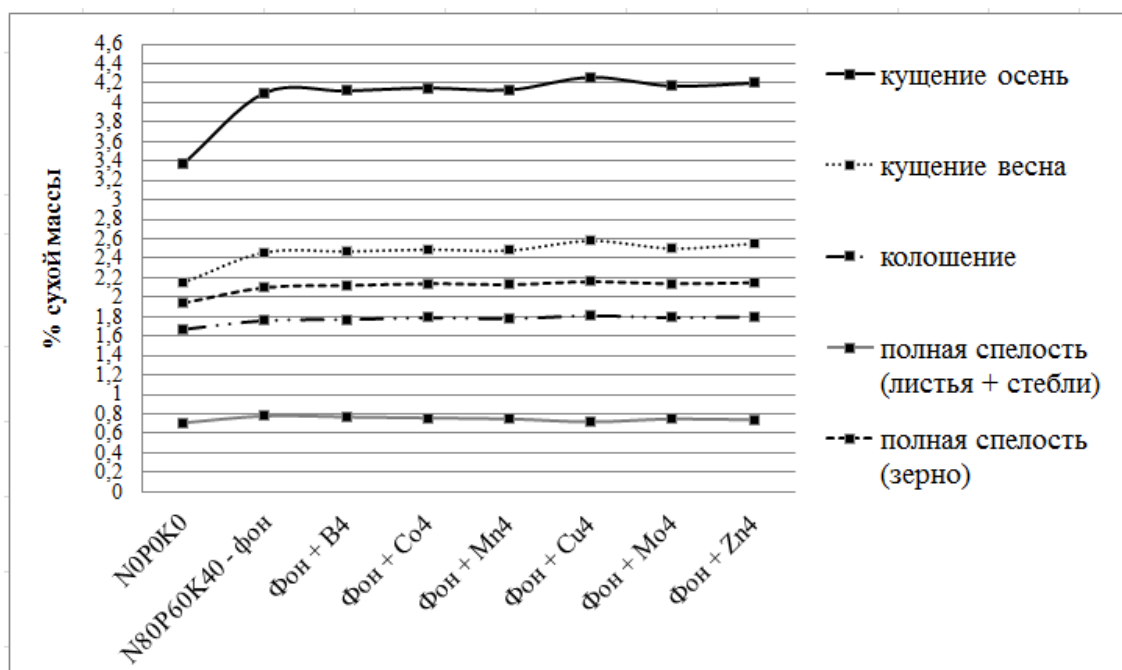


Рис. 29 – Динамика содержания азота в растениях ячменя озимого при внесении микроудобрений по фазам вегетации, % сухой массы

Внесение микроэлементов бора и марганца повышали содержание азота в вегетативной надземной массе растений и зерне ячменя относительно варианта без удобрений. Однако их действие было значительно ниже по сравнению с фоновым внесением  $N_{80}P_{60}K_{40}$ . Увеличение по фазам вегетации в сравнении с ним не превышало 0,01-0,02 % и 0,02-0,03 % соответственно. Немного лучшее воздействие было получено от кобальтового и молибденового удобрений, где различия в зависимости от фазы вегетации были достигнуты 0,03-0,05 % и 0,03-0,07 % соответственно. Внесение в почву медного удобрения на фоне двойной нормы  $N_{80}P_{60}K_{40}$  значительно отразилось на накоплении азота как вегетативной надземной массе растений, так и в зерне ячменя. На этом варианте содержание азота по сравнению с фоном увеличивалось соответственно на 0,05-0,16 % и 0,06 % сухой массы.

### 3.3.2 Фосфор

Применение макро- и микроудобрений повлияло на динамику накопления фосфора ячменем озимым, для которой характерно снижение этого элемента к концу вегетации растений (рисунки 30-31).

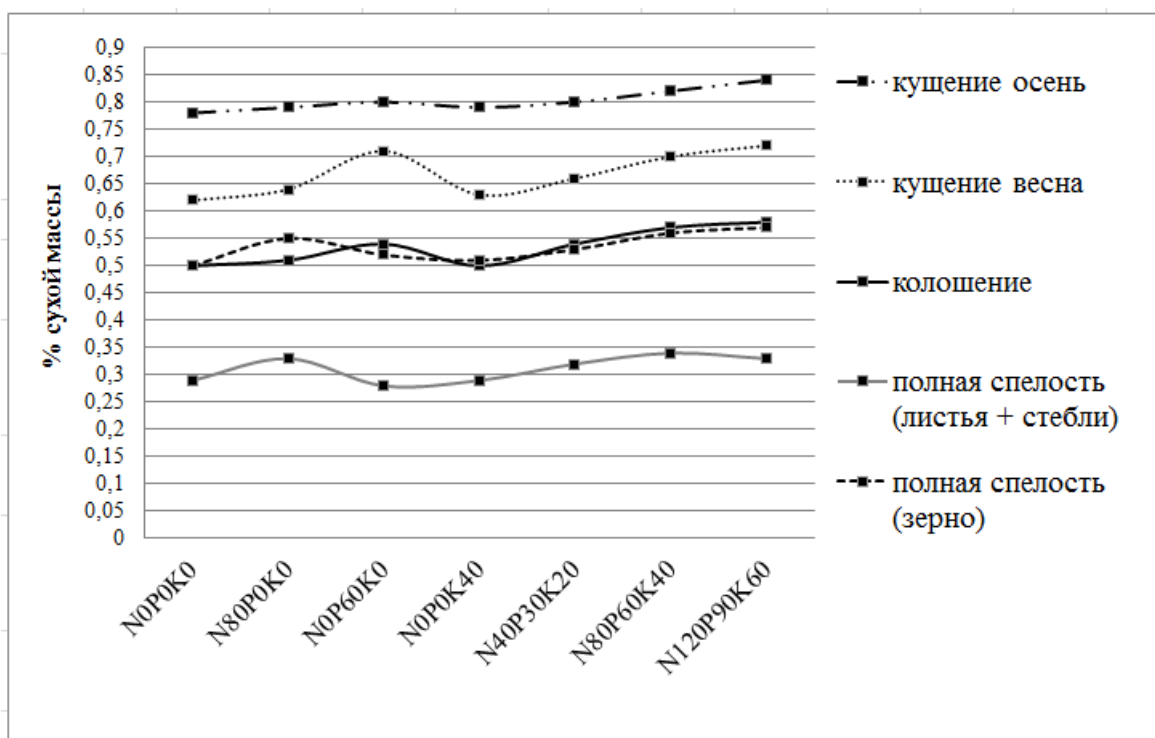


Рис. 30 – Динамика содержания фосфора в растениях ячменя озимого при внесении макроудобрений по фазам вегетации, % сухой массы

Внесение фосфорного удобрения без азотного и калийного в двойной норме ( $N_0P_{60}K_0$ ) повышало содержание фосфора в фазу осеннего кушения до 0,80 % сухой массы растений ячменя, что также равнялось полной расчетной норме одинарного удобрения ( $N_{40}P_{30}K_{20}$ ) (рисунок 30). При тех же условиях максимальный результат был получен при внесении двойной ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) и тройной ( $N_{120}P_{90}K_{60}$ ) норм удобрения и составил 0,82 и 0,84 % соответственно.

При дальнейшем развитии растений ячменя озимого от фазы весеннего кушения к фазе полной спелости происходит снижение содержания фосфатов в вегетативной массе на 0,46-0,52 %. При этом на накопление в зерне сухой массы фосфора положительное влияние оказала тройная норма  $N_{120}P_{90}K_{60}$ , которая показала увеличение на 0,07 % по сравнению с контрольным вариантом.

Микроудобрения на содержание фосфора в растениях ячменя озимого повлияли незначительно (рисунок 31).

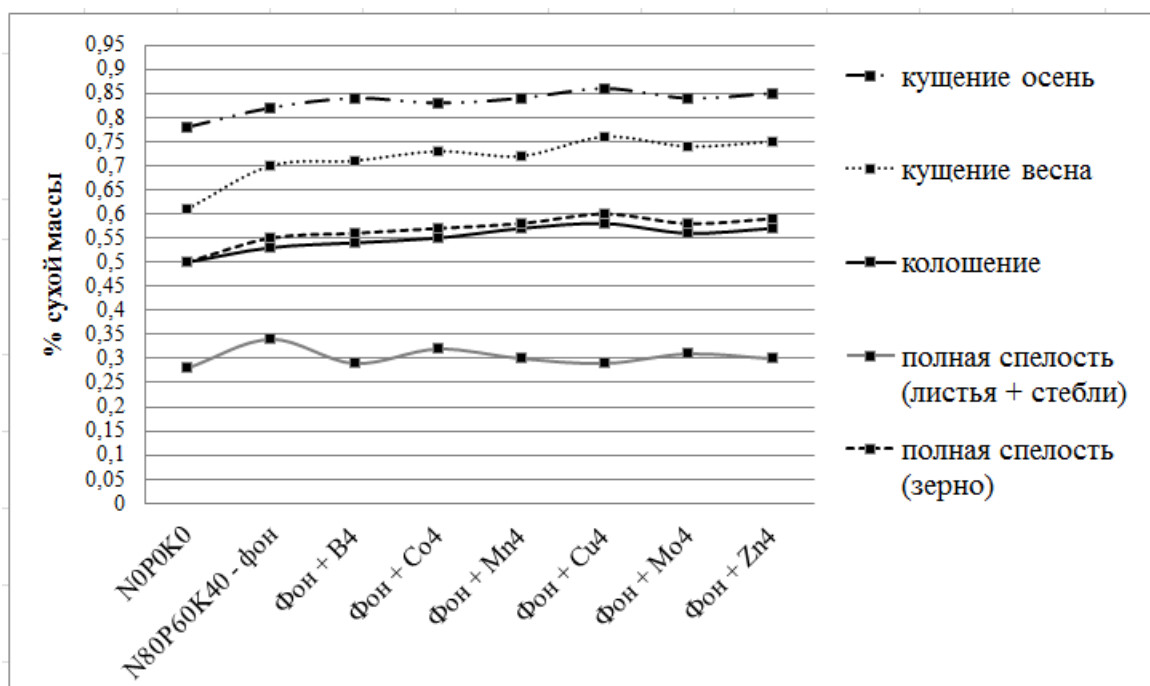


Рис. 31 – Динамика содержания фосфора в растениях ячменя озимого при внесении микроудобрений по фазам вегетации, % сухой массы

Эффективность внесенных микроэлементов бора, кобальта и марганца не отличалась от применяемой двойной нормы азотно-фосфорно-калийного удобрения. Содержание фосфора в растениях при внесении этих микроэлементов было практически одинаковым с фоновым вариантом. Включение в систему удобрения меди способствовало увеличению этого элемента питания в надземной вегетативной части растений и зерне ячменя. Относительно фона N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> содержание фосфора возрастало на 0,04-0,06 % и 0,05 % сухого вещества соответственно.

### 3.3.3 Калий

Макро- и микроудобрения повлияли на содержание калия в растениях ячменя озимого, в динамике которого наблюдалось постепенное снижение этого элемента к концу вегетации растений. Максимум содержания калия в надземной вегетативной массе приходился на фазу осеннего кущения, минимум – созревания зерна (рисунки 32-33).

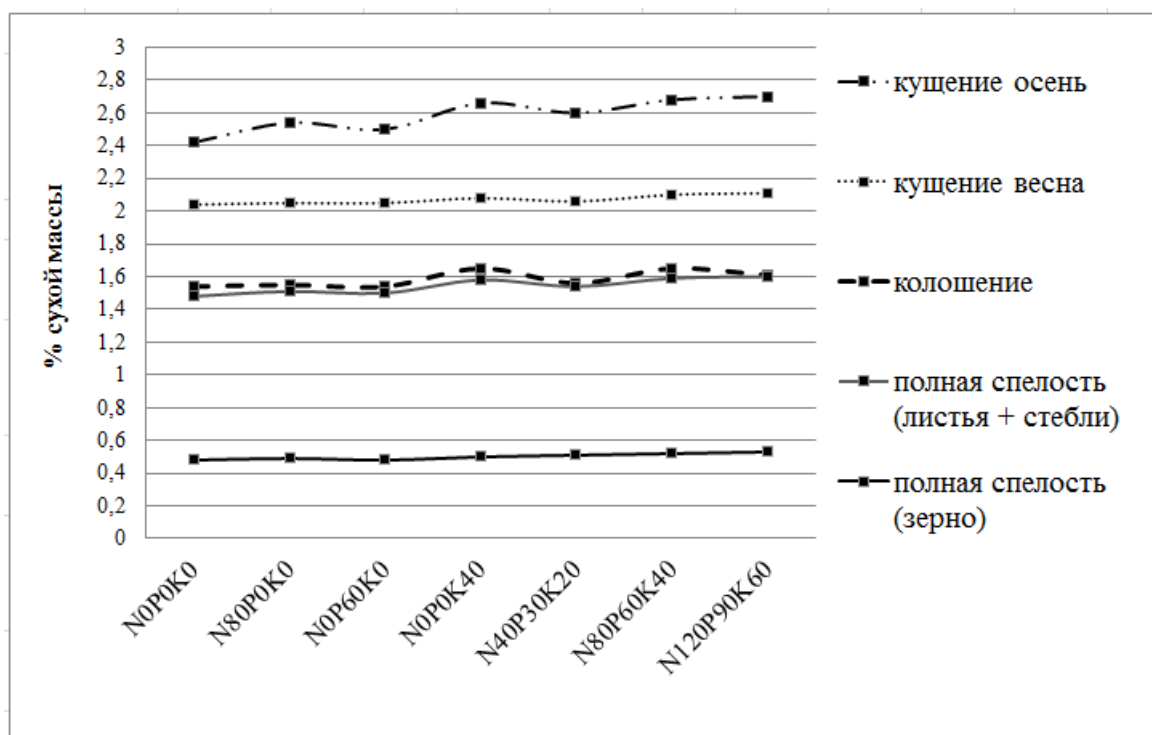


Рис. 32 – Динамика содержания калия в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений по фазам вегетации, % сухой массы

На удобренных вариантах макроудобрениями содержание калия в надземной массе растений было больше по сравнению с контролем. Действие только азотного ( $N_{80}P_0K_0$ ) и только фосфорного ( $N_0P_{60}K_0$ ) удобрений на содержание сухой массы калия имело слабовыраженную тенденцию к росту относительно фона, составившую в фазу осеннего кущения увеличение только на 0,12 % и 0,08% соответственно (рисунок 32). В то время, как внесение только калийного удобрения ( $N_0P_0K_{40}$ ) увеличивало количество калия в растениях примерно на том же уровне, как и действие двойной нормы ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ), где разница между ними составила 0,02 % сухой массы в растениях ячменя озимого.

Применение полного минерального удобрения в тройной норме ( $N_{120}P_{90}K_{60}$ ) способствовало увеличению содержания калия в надземной массе растений, которое увеличивалось относительно контроля на 0,28 % в осеннее кущение, 0,07 % – весеннее, 0,07 % – колошение, 0,12 – полную спелость, а также на 0,05 % в зерне ячменя.

Определено, что микроэлементы стимулируют более интенсивное поглощение калия из почвы, что в свою очередь сказывается на его содержании в надземной массе ячменя озимого (рисунок 33).

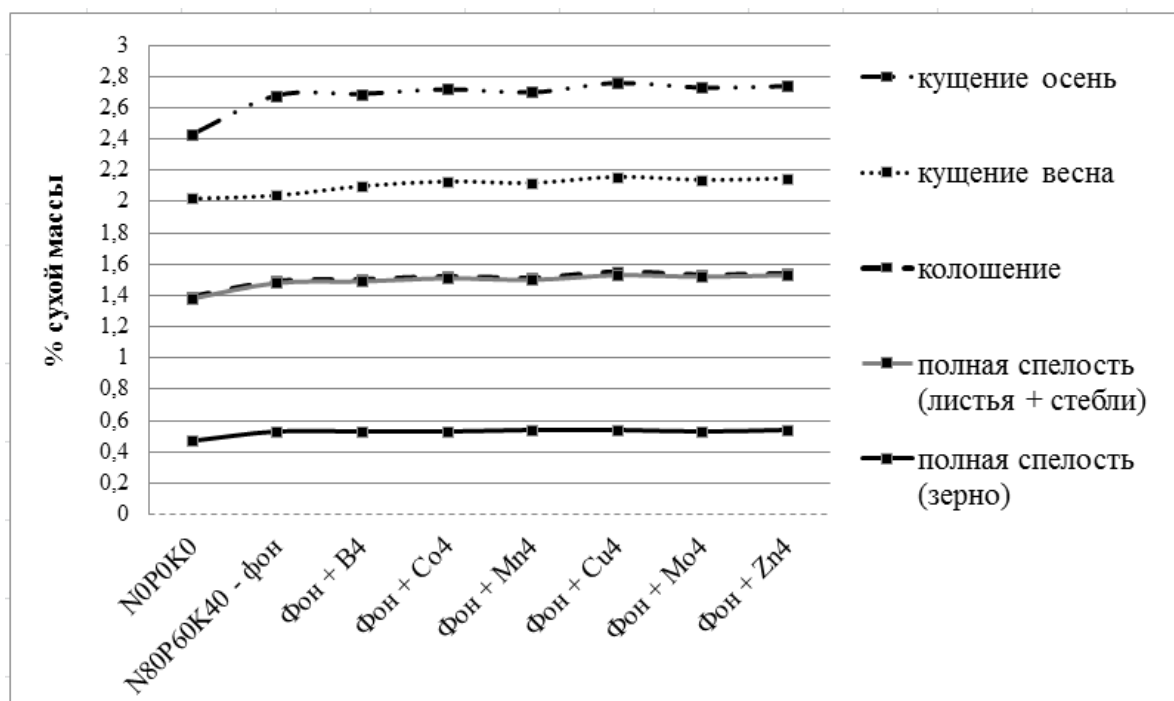


Рис. 33 – Динамика содержания калия в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений по фазам вегетации, % сухой массы

В наибольшей степени изучаемый показатель возрастал при внесении кобальтового, цинкового и медного микроудобрений. Так, в процессе онтогенеза количество калия в растениях ячменя повышалось до 0,09%, 0,11% и 0,12% соответственно. Уступают этим удобрениям по степени действия на содержание калия в растениях ячменя борное, марганцевое и молибденовое: 0,01-0,06%, 0,02-0,08% и 0,04-0,05 % соответственно.

### 3.4 Потребление элементов минерального питания растениями ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

Еще одним важным показателем агрохимической эффективности, отражающим уровень питания ячменя озимого, является потребление макроэлементов. С помощью различных условий минерального питания, в конкретные фазы развития культуры, прослеживается неравномерная динамика поглощения азота, фосфора и калия [119].

### 3.4.1 Азот

Улучшение обеспеченности растений ячменя озимого азотом при включении систем удобрений не изменяет характер динамики потребления азота растениями, но отражается на количественных показателях этого процесса (таблица 10).

Таблица. 10 – Потребление азота растениями ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений по фазам вегетации, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	29,90	44,93	53,09	21,10	59,14
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	41,31	71,64	91,35	31,92	91,94
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	31,19	49,28	57,46	22,57	62,27
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	30,33	49,25	55,94	21,97	61,18
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	46,23	69,31	80,71	28,88	80,60
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	56,03	73,99	93,63	38,14	108,15
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	56,17	74,24	94,34	35,18	103,25
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	28,31	41,92	48,76	21,44	55,87
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	54,12	70,60	91,52	31,67	81,27
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	55,21	70,89	92,92	33,88	88,83
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	57,68	71,71	94,87	34,66	92,88
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	56,17	71,42	93,98	31,05	83,92
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	61,34	76,88	97,20	37,58	107,35
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	58,38	72,25	95,41	34,95	95,02
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	59,64	74,20	96,48	36,56	101,05

По фазам вегетации ячменя озимого наблюдается неравномерность потребления азота. На контрольном варианте к фазе кущения растения потребляют 37% азота от общего количества за весь вегетационный период, кущению весной - 56% а к фазе колошения - 66%.

При норме N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> потребление растениями ячменя азота увеличивается по сравнению с контролем в фазы: кущения осенью на 26,1 мг/раст. (87,4 %), кущения весной -29,1 (64,7 %), колошения - 40,5 (76,4),

полной спелости на 66,1 мг/раст. (82,3 %). При норме  $N_{120}P_{90}K_{60}$  в сравнении с нормой  $N_{80}P_{60}K_{40}$  до фазы колошения потребление азота было на одном уровне, а к фазе полной спелости зерна уменьшилось на 8,3 %. Это может быть обусловлено отклонением продукционного процесса от оптимальных значений, Наиболее энергично накапливали азот растения при внесении удобрений из расчета  $N_{40}P_{30}K_{20}$ . К фазе колошения в них содержалось 74 % азота от максимального его потребления. Это, если учесть полученный урожай, является следствием недостатка азота для растений ячменя озимого во второй половине онтогенеза. С незначительно меньшей интенсивностью растения поглощали азот при наибольшей из изучаемых норм внесения удобрений -  $N_{120}P_{90}K_{60}$ . Больше всего азота в период налива зерновок потребляли растения из агроценоза сформированного при внесении минеральных удобрений из расчета  $N_{80}P_{60}K_{40}$ . Вероятнее всего, именно в этом агроценозе растения обеспечены элементами питания в количестве близком к оптимальному [116].

Практически никакого влияния на вынос азота ячменем озимым не оказали двойные нормы  $N_0P_{60}K_0$  и  $N_0P_0K_{40}$  удобрений, которые отличились немного лучшим увеличением показателей по сравнению с контролем на 1,29 - 4,37 мг/растение и на 0,43 - 4,32 мг/растение соответственно.

Микроудобрения в прямой зависимости повлияли на вынос азота растениями ячменя также как и на его содержание в сухой надземной массе. По-прежнему, лидирующим здесь является медное удобрение, увеличивающее процесс потребления азота в фазу осеннего и весеннего кушения на 13,3 и 8,9%, колошения – 6,2%, полной спелости листьев +стеблей и в зерне – 18,7 и 32,1% соответственно.

### 3.4.2 Фосфор

Из таблицы 11 следует, что потребление фосфора растениями ячменя озимого втрое меньше, чем азота, но относительно равномерно на протяжении всего вегетационного периода.



Таблица 11 – Потребление фосфора растениями ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений по фазам вегетации, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6,94	12,90	15,80	8,50	15,40
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	8,06	19,26	26,62	13,86	24,31
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	7,36	15,90	18,25	8,54	16,69
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	7,11	13,61	16,55	8,73	16,17
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	9,20	20,06	25,49	12,32	21,46
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	11,32	21,14	30,32	16,63	28,84
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	11,51	21,24	30,74	15,48	28,16
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6,55	11,90	14,60	8,46	14,40
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	10,82	20,09	27,45	13,80	21,28
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	11,26	20,38	28,35	12,76	23,46
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	11,54	21,02	29,15	14,59	24,74
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	11,42	20,74	30,10	12,42	22,46
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	12,38	22,65	31,15	15,14	29,82
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	11,76	21,39	29,79	14,45	25,75
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	12,07	21,82	30,55	14,82	27,73

К фазе осеннего кушения растения ячменя озимого накапливали 25-29 % фосфора от общего его потребления, кушению весной - еще 22-32 %, колошению - 12-22, полной спелости -25 -34 %. Следовательно, перед уходом в зиму растения использовали 25-29 %, к фазе кушения весной - 46-59 %, колошения - 66-75 % от всего использованного на формирование урожая фосфора. [116].

Наибольшим и равномерным выносом фосфора из почвы характеризовались варианты с нормами N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>, здесь в отдельные фазы вегетации ячменя озимого он составил увеличение по сравнению с делянкой без удобрений до 95,6% и 94,6% соответственно. Это может указывать на достаточную обеспеченность агроценоза этим элементом питания.

Внесение только фосфорного удобрения N<sub>0</sub>P<sub>60</sub>K<sub>0</sub> не позволяет обеспечить потребление фосфора должным образом. Подтверждающим сравнением этого может являться вариант системы удобрений N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub>,

составляющий вынос фосфора более чем на 1,84 мг/растение или 25,0% в фазу осеннего кущения и 3,78 мг/растение или 44,4% в фазу полной спелости (листья + стебли).

При внесении микроудобрений повышенное потребление фосфора растениями ячменя наблюдался на вариантах с молибденом (4,7% - 21,0%), цинком (7,4% - 30,3%) и медью (9,7% - 40,1%).

### 3.4.3 Калий

Поступление калия в растениях зависит от обеспеченности доступными для растений формами этого элемента.

Полученные данные из таблицы 12 свидетельствуют о весомой отзывчивости ячменя озимого на потребление калия, которого больше расходуется, нежели фосфора.

Таблица 12 – Потребление калия растениями ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений по фазам вегетации, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
<b>макроудобрения</b>					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	21,54	42,43	48,66	48,11	14,78
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,91	61,70	80,91	70,06	21,66
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	23,00	45,92	52,05	50,55	15,41
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	23,94	44,93	54,62	52,61	15,85
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	29,90	62,62	73,63	67,58	20,66
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	36,98	63,42	87,78	86,02	26,78
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	36,99	62,24	85,33	79,93	26,18
<b>микроудобрения</b>					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	20,41	39,39	40,59	38,92	13,54
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	35,38	59,98	77,18	60,53	20,51
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	36,05	60,27	78,75	60,49	22,21
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	37,81	61,34	80,56	68,86	23,00
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	36,72	61,06	79,73	62,10	21,28
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	39,74	64,37	83,24	79,87	26,84
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	38,22	61,85	81,40	70,83	23,53
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	38,91	62,56	82,54	75,88	25,38

Калий интенсивно поглощается в начале онтогенеза растений. Уже перед уходом в зиму в растениях сосредоточено 33-35 % от суммарного его количества, потребляемого за весь вегетационный период, в фазе кущения весной - 59-71 %, колошения - 77-83 %. В фазе полной спелости 75-77 % калия сосредоточено в вегетативных органах растений и лишь 23-25 % в зерновках [116].

Аналогично с потреблением фосфора вариант  $N_0P_0K_{40}$  уступает в выносе одинарной норме  $N_{40}P_{30}K_{20}$  на 5,96 мг/растение или 24,9%.

Внесение норм  $N_{80}P_{60}K_{40}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  полных минеральных удобрений обеспечивает потребление калия на протяжении онтогенеза ячменя в большем объеме в отличие от других вариаций. Но стоит отметить, что, несмотря на повышенное содержание калия в тройной норме, эффективнее двойная, которая к фазе колошения, обеспечила вынос на 2,8% больше, к фазе полной спелости зерна в листьях и стеблях на 7,1% и в зерне на 2,2%.

Вынос калия на варианте с медным микроудобрением был максимальным и составил увеличение в фазы: осеннего кущения на 12,3%, весеннего кущения – 7,3%, колошения – 7,9%, полной спелости в листьях + стеблях – 31,9% и в зерне - 30,1%.

Таким образом, анализ динамики накопления сухого вещества, содержание в растениях азота, фосфора и калия и их потребление выявили дефицит для формирования высокопродуктивного агроценоза ячменя озимого. Наиболее эффективно используются минеральные удобрения из расчета  $N_{80}P_{60}K_{40}$ , а включение меди в систему этого удобрения позволило дополнительно повысить вышеотмеченные показатели.

### **3.5 Фотосинтетическая активность растений ячменя озимого в зависимости от применения макро- и микроудобрений**

Фотосинтез – уникальное качество растений, определяет их функционирование и продуктивность. В процессе фотосинтеза растения аккумулируют энергию солнца и используют её на синтез органических

соединений. Количество поглощенной энергии определяется размером ассимиляционной поверхности и количеством фотосинтетических пигментов [24, 81, 150].

Максимально интенсивный фотосинтез отличается у растений с оптимальной площадью листьев. Это относится и к агроценозу. В связи с этим все агротехнические приемы направлены на формирование оптимальной ассимиляционной поверхности и более длительное поддержание её в активном состоянии. Одним из наиболее действенного средства воздействия на формирование ассимиляционной поверхности являются удобрения [68].

Площадь ассимиляционной поверхности листьев ячменя озимого на всех вариантах опыта к фазе колошения растений достигла максимальной величины. У ячменя озимого выращиваемого с внесением различных норм и комбинаций макроудобрений она изменялась от 152,8 до 228,0 см<sup>2</sup>/растение, а при внесении микроудобрений совместно с двойной нормой N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> – от 212,3 до 235,1 см<sup>2</sup>/растение. При этом суммарное содержание хлорофиллов (а+б) в вариантах с макроэлементами превышало контроль на 0,002–0,289 мг/дм<sup>2</sup> сырой массы или на 0,09–12,9%, в исследованиях с микроэлементами по сравнению с только фоновым внесением увеличение составило 0,008–0,134 мг/дм<sup>2</sup> или 0,3–5,4%. Также выявлены незначительные количественные различия в содержании каротиноидов в листьях ячменя озимого, которых было больше, чем в контроле на 0,004–0,022 мг/дм<sup>2</sup> или на 0,9–5,0% на вариантах с макроудобрениями, а при добавлении N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> микроудобрений на 0,003–0,013 мг/дм<sup>2</sup> или на 0,7–2,9% (таблица 13).

Таблица 13 – Фотосинтетическая деятельность растений ячменя озимого в фазе колошения при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Площадь листьев см <sup>2</sup> /растение	содержание, мг/дм <sup>2</sup>			Фотосинтетический потенциал, тыс.м <sup>2</sup> × сут/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> × сут	Интенсивность фотосинтеза, мг СО <sub>2</sub> /дм <sup>2</sup> ×ч	Ассимиляционное число
		хлорофилл а	хлорофилл б	каротиноиды				
макроудобрения								
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	149,5	1,768	0,607	0,440	668,2	7,2	28,8	12,1
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	196,2	1,795	0,609	0,444	885,0	8,0	32,4	13,5
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	157,3	1,770	0,608	0,446	682,5	7,4	29,0	12,2
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	152,8	1,769	0,608	0,445	676,6	7,3	28,9	12,2
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	174,5	1,804	0,610	0,447	779,1	7,5	30,5	12,6
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	208,4	1,838	0,624	0,462	1079,1	8,6	34,8	14,1
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	228,0	1,886	0,638	0,458	1108,6	8,1	32,8	13,0
микроудобрения								
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	151,0	1,770	0,609	0,436	668,8	7,2	28,8	12,1
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	209,8	1,840	0,626	0,455	1080,4	8,5	34,2	13,1
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	212,3	1,846	0,628	0,458	1086,5	8,7	34,8	14,1
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	230,7	1,900	0,629	0,460	1088,0	8,9	36,2	14,3
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	229,5	1,902	0,630	0,460	1092,4	8,8	35,8	14,5
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	235,1	1,962	0,638	0,468	1100,3	9,6	38,8	14,9
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	232,5	1,956	0,634	0,464	1094,7	9,0	38,2	14,7
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	233,9	1,958	0,636	0,461	1098,6	9,4	38,5	14,8

Применение макроудобрений в двойной ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) и тройной ( $N_{120}P_{90}K_{60}$ ) нормах положительно сказывается на фотосинтетической деятельности растений. Фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, интенсивность фотосинтеза и ассимиляционное число в этих вариантах превышали аналогичные показатели в контроле на 61,5 и 65,9%, 11,1 и 12,5%, 20,8 и 13,8%, 16,5 и 7,4% соответственно. Наибольшим эти показатели были в варианте  $N_{80}P_{60}K_{40}$ . Добавление к ним борного, кобальтового и марганцевого удобрения не оказали существенного влияния на эти показатели. В наибольшей мере на фотосинтетическую деятельность растения влияло медное удобрение. При его добавлении к  $N_{80}P_{60}K_{40}$  фотосинтетический потенциал, чистая, продуктивность фотосинтеза, интенсивность фотосинтеза и ассимиляционное число увеличились на 1,8%; 12,9%; 13,5% и 13,7% соответственно.

Следовательно, усилить воздействие макроудобрений на фотосинтетическую деятельность растений можно путем включения в систему удобрения меди.

### **3.6 Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество зерна ячменя озимого**

Урожайность является универсальным индикатором эффективности любого агроприема и системы удобрения (таблица 14).

Анализ полученных данных за 2017-2019 годы исследований показал, что в наибольшей мере при выращивании ячменя озимого на черноземе выщелоченном растения испытывают дефицит азота. На варианте с внесением только азотного удобрения ( $N_{80}P_0K_0$ ) урожайность увеличилась на 24,5% или 1,01 т/га. Фосфорное ( $N_0P_{60}K_0$ ) или калийное ( $N_0P_0K_{40}$ ) удобрения в двойной их норме существенных изменений урожайности по сравнению с вариантом без удобрений не показали. Прибавка составила 0,31-0,30 т/га или 7,24% и 7,01% соответственно.

Таблица 14 – Урожайность ячменя озимого при внесении макроудобрений

Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка	
	2017	2018	2019	средняя	т/га	%
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,09	4,42	4,34	4,28	-	-
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,58	5,45	5,95	5,33	1,05	24,53
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	4,25	4,51	5,01	4,59	0,31	7,24
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	4,15	4,49	5,09	4,58	0,30	7,01
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	4,90	5,71	6,31	5,64	1,36	31,78
6. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	4,87	5,69	6,19	5,58	1,30	30,37
7. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	4,49	4,50	5,10	4,70	0,42	9,81
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	5,17	6,07	6,57	5,94	1,66	38,78
9. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	4,62	5,22	5,82	5,22	0,94	21,96
10. N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	4,81	5,73	6,33	5,62	1,34	31,31
11. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	4,61	5,25	5,75	5,20	0,92	21,50
12. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	4,60	5,23	5,83	5,22	0,94	21,96
13. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	4,87	5,78	6,38	5,68	1,40	32,71
14. N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	4,85	5,73	6,33	5,64	1,36	31,78
15. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	4,78	5,24	5,84	5,29	1,01	23,60
16. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	4,99	5,81	6,21	5,67	1,39	32,48
НСР <sub>05</sub>	0,82	0,94	0,88	-	-	-

Применение одинарной нормы N<sub>40</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub> не позволяет максимально реализовать потенциал продуктивности ячменя озимого сорта Рубеж. В этом варианте урожайность зерна увеличивалась на 21,96%, что меньше чем при двойной норме только азотного удобрения (N<sub>80</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub>).

Наилучшим образом показали себя варианты с внесением минеральных удобрений из расчета N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub>, где прибавка зерна по сравнению с N<sub>0</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> составила 38,78% и 32,48%, то есть при повышенной норме отмечено снижение урожайности ячменя озимого на 6,3% по сравнению с двойной нормой, результатом чего может быть избыток удобрений.

Продуктивность любого сорта, зависит от области выращивания и абиотических факторов, что дает возможность при благоприятных условиях возделывания достичь оптимальных параметров элементов структуры урожая [65].

Таблица 15 – Биометрические показатели растений ячменя озимого при внесении макроудобрений

Вариант	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт./растение	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1-го колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	79,0	1,9	3,4	45,5	1,62	33,2
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	92,9	2,4	4,2	56,6	1,84	36,8
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	82,7	1,9	3,6	47,2	1,69	33,7
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	81,5	1,9	3,5	46,0	1,67	33,4
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	93,0	2,5	4,3	57,3	1,87	36,9
6. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	92,9	2,4	4,2	57,2	1,86	36,7
7. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	83,0	1,9	3,7	47,8	1,70	33,8
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	93,5	2,6	4,9	65,0	1,98	37,3
9. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	84,7	2,3	3,9	52,1	1,76	36,4
10. N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	93,3	2,6	4,8	64,7	1,99	37,1
11. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	85,0	2,4	4,0	53,9	1,78	36,6
12. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	84,9	2,4	4,0	53,6	1,77	35,5
13. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	94,6	2,5	4,7	63,5	1,88	37,0
14. N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	94,0	2,4	4,6	62,8	1,84	36,9
15. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	85,1	2,4	4,1	53,7	1,79	36,7
16. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	94,8	2,6	4,8	63,8	1,90	37,1
НСР <sub>05</sub>	3,8	0,3	0,8	7,1	0,32	1,2

Высота растений ячменя озимого интенсивно нарастает с начала фазы весенней вегетации и достигает наибольшей величины в фазе колошения. На увеличение высоты стебля существенное влияние оказали макроудобрения (таблица 15).

Минимальная высота растений ячменя озимого отмечена на естественном уровне плодородия почвы, то есть в контрольном варианте, которая в среднем за три года исследований составляла 79 см.

Значительно повлияло на высоту растений ячменя озимого использование следующих систем удобрения: N<sub>80</sub>P<sub>0</sub>K<sub>0</sub> (200), N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>0</sub> (220), N<sub>80</sub>P<sub>0</sub>K<sub>40</sub> (202), N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub> (222), N<sub>80</sub>P<sub>30</sub>K<sub>20</sub> (211), N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>20</sub> (331), N<sub>120</sub>P<sub>30</sub>K<sub>60</sub> (313), N<sub>120</sub>P<sub>90</sub>K<sub>60</sub> (333). При таком уровне минерального питания растения были выше, чем в контроле на 17,6%, 17,7%, 17,6%, 18,4%, 18,1%, 19,7%, 18,9% и 20% соответственно. Полегания растений ячменя озимого при этом не отмечено.



Основными показателями, определяющими величину урожая ячменя озимого, являются продуктивная кустистость, длина колоса, озерненность колоса, масса зерна с колоса и 1000 зерен [19, 65].

Кущение растений может являться средством компенсации регулирования изреживаемости посевов. [65, 127].

Продуктивная кустистость растений ячменя озимого в зависимости от уровня минерального питания изменялась от 1,9 до 2,6 шт./растение. Повышение плодородия почвы путем внесения макроудобрений с увеличением нормы повышало продуктивную кустистость по сравнению с контролем на 0,4 – 0,7 шт./растение или 21,0 – 36,8%. При этом наибольшее её влияние отмечается в вариантах с двойными ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) и тройными ( $N_{120}P_{90}K_{60}$ ) нормами макроудобрений.

Влияние калийных и фосфорных удобрений на продуктивную кустистость растений ячменя озимого не зафиксировано.

Выявлена положительная связь между длиной колоса и количеством в нем зерен. Главным образом, озерненность колоса обусловлена биологическими особенностями сорта, а также площадью питания растений, влагообеспеченностью и технологией выращивания [35].

Длина колоса ячменя озимого, в среднем по опыту составила 4,2 см. Минимальное значение – 3,4 см, отмечено в контроле. На всех вариантах, где вносились двойная или тройная нормы азотных удобрений, размер колоса был выше среднего.

За три года среднее количество зерен в колосе ячменя озимого изменялось от 45,5 шт. на контроле и до 65,0 шт. в варианте с внесением двойных норм ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) азотно-фосфорно-калийных удобрений. Стоит отметить, что внесение только фосфорного ( $N_0P_{60}K_0$ ), калийного ( $N_0P_0K_{40}$ ), или фосфорно-калийного ( $N_0P_{60}K_{40}$ ) удобрений не влияло на анализируемый показатель.

Важный элемент структуры урожая ячменя озимого – масса зерна с 1 колоса, которая является производным от количества зерен в колосе и определяет массу 1000 зерен. Масса зерна с 1 колоса варьировала согласно

улучшениям питательного режима в отдельности по каждому варианту. В среднем в контроле она составила 1,62 г, а по делянкам с применением систем удобрений  $N_{80}P_{30}K_{20}$  (211) и  $N_{80}P_{60}K_{40}$  (222) была максимальной 1,98-1,99 г.

Масса 1000 зерен – важнейший элемент структуры урожая, являющийся показателем качества урожая, а также продуктивности, отражающий количество вещества, содержащееся в зерне, и его крупность [65].

В зависимости от уровня минерального питания масса 1000 зерен изменялась от 33,2 г до 37,3 г. Повышение обеспеченности растений элементами минерального питания способствует увеличению массы 1000 зерен. Минимальные значения массы 1000 зерен, как и предыдущих элементов структуры урожая, отмечены в вариантах: без удобрений – 33,2г, или при внесении только фосфорного удобрения ( $N_0P_{60}K_0$ ) – 33,7 г, калийного удобрения ( $N_0P_0K_{40}$ ) – 33,4 г и фосфорно-калийного удобрений ( $N_0P_{60}K_{40}$ ) – 33,8 г. Зерновки с максимальной массой 1000 зерен – 37,1 г формировались при внесении двойных ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) и тройных ( $N_{120}P_{90}K_{60}$ ) норм макроудобрений, что на 11,7% выше варианта без удобрений.

Включение в систему удобрений ячменя озимого микроэлементов способствовало формированию более высокой урожайности (таблица 16).

Таблица 16 – Урожайность ячменя озимого при предпосевном внесении микроудобрений

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га	
	2018	2019	2020	средняя	к $N_0P_0K_0$	к $N_{80}P_{60}K_{40}$
1. $N_0P_0K_0$	4,41	4,20	4,55	4,39	-	-
2. $N_{80}P_{60}K_{40}$	6,00	5,82	6,18	6,00	1,61	-
3. $N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	6,36	6,16	6,52	6,35	1,96	0,35
4. $N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	6,42	6,23	6,57	6,41	2,02	0,41
5. $N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	6,40	6,20	6,54	6,38	1,99	0,38
6. $N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	6,67	6,45	6,80	6,64	2,25	0,64
7. $N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	6,52	6,31	6,67	6,50	2,11	0,50
8. $N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	6,54	6,44	6,64	6,56	2,17	0,56
НСР <sub>05</sub>	0,40	0,34	0,33	-	-	-

В среднем за три года исследований фоновое внесение двойной расчетной нормы  $N_{80}P_{60}K_{40}$  сопровождалось ростом урожайности на 1,61 т/га или 36,7% по сравнению с контролем. При добавлении к  $N_{80}P_{60}K_{40}$  бора она повышалась еще на 0,35 т/га (5,8%), кобальта – 0,41 т/га (6,8%), марганца – 0,38 т/га (6,3%), молибдена – 0,50 т/га (8,3%), цинка – 0,56 т/га (9,3%) и в наибольшей степени меди – 0,64 т/га (10,7%). Такая закономерность отмечается на протяжении всех лет исследований. В связи с этим можно считать экспериментально доказанным расположение микроэлементов по мере возрастания влияния на урожайность ячменя озимого в следующий ряд медь>цинк>молибден>кобальт>марганец>бор.

Микроэлементы оказывают определенное влияние на биометрические признаки растений ячменя озимого (таблица 17).

Таблица 17 – Биометрические показатели растений ячменя озимого при внесении микроудобрений

Вариант	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт./раст.	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1-го колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1. $N_0P_0K_0$	82,5	1,8	3,5	45,3	1,60	33,1
2. $N_{80}P_{60}K_{40}$	93,0	2,2	4,1	56,7	1,76	36,8
3. $N_{80}P_{60}K_{40}B_4$	96,5	2,3	4,3	62,5	1,82	37,0
4. $N_{80}P_{60}K_{40}Co_4$	97,0	2,4	4,5	62,2	1,81	37,3
5. $N_{80}P_{60}K_{40}Mn_4$	96,8	2,2	4,4	61,8	1,79	37,2
6. $N_{80}P_{60}K_{40}Cu_4$	98,6	2,6	4,8	64,8	1,91	37,6
7. $N_{80}P_{60}K_{40}Mo_4$	97,2	2,4	4,6	63,6	1,85	37,4
8. $N_{80}P_{60}K_{40}Zn_4$	97,8	2,5	4,7	64,0	1,88	37,5
НСП <sub>0,5</sub>	4,0	0,3	0,3	6,4	0,06	1,6

В сравнении с контролем во всех вариантах с применением удобрений отмечено увеличение высоты растений на 10,5-16,1 см, продуктивной кустистости – 0,4-0,8 шт./растение, длины колоса – 0,6-1,3 см, числа зерен в колосе – 11,4-19,5 шт., массы зерна с 1-го колоса – 0,16-0,31 г и массы 1000 зерна – 3,7-4,5 г.

Включение в систему удобрения ячменя озимого молибдена, цинка и меди в наибольшей мере воздействовало на растения ячменя озимого, увеличивая их высоту на 4,5%, 5,2% и 6,0%, продуктивную кустистость – 9,1-13,6-18,2%, длину колоса – 12,2-14,6-17,1%, число зерен в колосе – 12,2-12,9-14,3%, массу зерна с 1-го колоса – 5,1-6,8-8,5%, массу 1000 зерен – 1,6-1,9-2,2% соответственно.

Качество зерна обуславливается биохимическим составом с содержанием белков, углеводов, жиров, витаминов и минеральных веществ. Совокупностью этих элементов определяются товарные, питательные, технологические и гигиенические свойства [136, 147].

Чтобы полнее оценить эффективность систем удобрений, необходимо проанализировать их влияние на технологическое качество зерна ячменя озимого (таблица 18).

Таблица 18 – Качество зерна ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Содержание, %			Пленчатость, %	Сбор белка кг/га
	белка	крахмала	золы		
<b>Макроудобрения</b>					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	10,9	59,0	3,3	10,9	466,5
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	11,8	64,0	3,0	10,3	628,9
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	11,0	60,5	3,1	10,7	504,9
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	11,0	60,0	3,2	10,8	503,8
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	11,3	64,0	3,1	10,6	589,9
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	12,0	63,5	3,0	10,2	712,8
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	11,9	63,5	3,0	10,1	674,7
<b>Микроудобрения</b>					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	11,0	59,0	3,3	10,8	482,9
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	12,0	63,5	3,0	10,2	720,0
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	12,1	64,5	2,8	9,6	768,4
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	12,2	64,0	3,0	10,1	782,0
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	12,1	64,5	3,0	10,0	772,0
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	12,3	65,0	2,9	9,9	816,7
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	12,2	64,5	2,7	9,7	793,0
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	12,2	64,5	2,9	9,8	800,3

Применение удобрений из расчета:  $N_{80}P_0K_0$ ,  $N_{40}P_{30}K_{20}$ ,  $N_{80}P_{60}K_{40}$  и  $N_{120}P_{90}K_{60}$  существенно влияло на содержание белка и крахмала в зерне ячменя озимого. Разница с контролем составила 0,4-1,1% и 4,5-5,0% соответственно. При внесении только калийного или фосфорного удобрения не отмечен их существенность влияния на содержание белка и крахмала.

Полное азотно-фосфорно-калийное удобрение в двойной и тройной его нормах одинаково на 0,3% снижали количество зольных элементов в зерне и на 0,7% – 0,8% пленчатость зерна ячменя озимого по сравнению с контролем.

Самый высокий сбор белка зерна ячменя озимого была при внесении двойной нормы макроудобрений ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) – 712,8 кг/га. Увеличение до тройной нормы ( $N_{120}P_{90}K_{60}$ ) сопровождалось снижением на 38,1 кг/га.

Добавление микроэлементов к  $N_{80}P_{60}K_{40}$  лучшим образом повлияло также на содержание белка и крахмала в зерне ячменя озимого, которое по вариантам опыта повысилось на 0,8 – 2,5% и 0,8 – 2,4% соответственно. При этом не оказывали заметного влияния на содержание зольных элементов в зерне и его пленчатость кобальт и марганец.

Под воздействием бора и молибдена зольность и зерне и пленчатость зерна снижалась по сравнению с фоном ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) на 0,2 и 0,3%, 0,6 и 0,5% соответственно.

Двойная расчетная норма  $N_{80}P_{60}K_{40}$  в сравнении с вариантом без удобрений увеличивает сбор белка с гектара на 49,1%, когда при добавлении микроэлементов по вариантам опыта бора на 6,7%, кобальта – 8,6%, марганца – 7,2%, меди – 13,4%, молибдена – 10,2% и цинка – 11,2%.

Из изученных микроудобрений наибольший эффект на посевах ячменя озимого в плане увеличения урожая и его качества обеспечивает сульфат меди.

### **3.7 Вынос биогенных элементов с урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование 1 т зерна при внесении макро- и микроудобрений**

Агрохимическая эффективность применения удобрений определяется величиной потребления агроценозами сельскохозяйственных культур

элементов минерального питания или по их выносу из почвы с урожаем. Для расчета нуждаемости в удобрениях необходимо следить за этим показателем.

Для контроля потребности растений ячменя озимого в удобрениях определен вынос биогенных элементов из почвы с урожаем культуры и их затраты, необходимые для формирования 1 т. зерна при внесении макро- и микроудобрений (таблица 19).

Вынос с урожаем ячменя озимого элементов питания обуславливается его величиной, которая определяется уровнем минерального питания, то есть нормами вносимых удобрений. Внесение макро- и микроэлементов сопровождается интенсивным выносом азота, фосфора и калия растениями культуры, следствием чего является рост урожайности. В зависимости от величины урожайности и содержания макроэлементов в зерне и соломе, хозяйственный вынос ячменя озимого отражает следующий порядок интенсивности их выноса: азот > калий > фосфор, который в среднем по опыту № 1 составил 6,9-51,4% > 13,5-49,4% > 9,5-59,5% соответственно, по опыту № 2 48,5-64,5% > 48,7-69,3% > 55,7-72,8% соответственно.

Наибольшее количество макроэлементов отчуждается агроценозом ячменя озимого произраставшего при внесении полного минерального удобрения  $N_{80}P_{60}K_{40}$ . В этом агроценозе отмечено увеличение по сравнению с вариантом без удобрений выноса азота на 51,4%, фосфора – 59,5%, калия – 49,4%. При этом затраты этих элементов на формирование 1 т зерна повышались на 9,1%, 15,0% и 7,7% соответственно.

При увеличении нормы удобрений до  $N_{120}P_{90}K_{60}$  хозяйственный вынос макроэлементов ячменем озимым был ниже, чем при норме  $N_{80}P_{60}K_{40}$ , что, главным образом обусловлено снижением урожайности. Затраты азота, фосфора и калия на формирование 1 т зерна остались неизменными.

Таблица 19 – Вынос биогенных элементов урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование 1 т зерна при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Вынос, кг/га									Затраты на 1 т зерна, кг		
	солома			зерно			хозяйственный			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
Макроудобрения												
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	29,28	11,71	60,18	82,18	21,10	20,54	111,46	32,89	80,72	26,04	7,68	18,86
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	38,49	16,71	76,47	110,86	29,32	26,18	149,35	46,03	102,65	28,02	8,64	19,26
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	32,26	12,21	65,40	89,05	23,87	22,03	121,31	36,08	87,43	26,43	7,86	19,05
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	31,76	12,64	68,74	88,39	23,36	22,90	119,15	36,00	91,64	26,02	7,86	20,01
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	37,19	15,87	76,37	103,88	27,67	26,62	141,07	43,54	102,99	27,02	8,34	19,73
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	44,02	19,19	89,73	124,74	33,26	30,89	168,76	52,45	120,62	28,41	8,83	20,31
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	42,55	17,77	86,18	118,50	32,31	30,05	161,05	49,49	116,23	28,40	8,73	20,50
Микроудобрения												
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	29,61	11,68	57,55	85,17	21,95	20,63	114,78	33,63	78,18	26,14	7,66	17,81
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	44,46	19,38	84,36	126	33	31,87	170,46	52,38	116,23	28,41	8,73	19,37
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	46,45	17,49	89,88	134,62	35,56	33,66	181,08	52,94	123,54	28,52	8,34	19,46
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	46,28	19,44	91,96	137,17	36,54	33,97	183,45	56,03	125,93	28,62	8,74	19,56
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	45,46	18,18	90,92	135,89	37	34,45	181,35	55,18	125,37	28,42	8,85	19,65
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	45,42	18,29	90,51	143,42	39,84	35,86	188,84	58,13	132,37	28,44	8,75	19,94
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	46,31	19,14	93,86	139,1	37,7	34,45	185,41	56,84	128,31	28,52	8,74	19,74
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	46,12	18,7	95,35	141,04	38,7	35,42	187,16	57,4	130,77	28,53	8,75	19,93

Превышение выноса урожаем азота и калия над поступлением их в почву с минеральными удобрениями указывает на отрицательный баланс этих элементов в черноземе выщелоченном. Вместе с тем фосфор при выносе с урожаем 43,5-52,5 кг/га с минеральным удобрением вносится 30-90 кг/га.

Затраты элементов на формирование урожая ячменя озимого практически не зависели от обеспеченности ими растений. Это свидетельствует об оптимальном их соотношении. При изучаемых уровнях минерального питания на формирование 1 т зерна ячменя использовалось 26,1-28,4 кг азота, 7,8-8,8 кг фосфора и 18,9-20,5 кг калия.

Данные таблицы 19 свидетельствуют о том, что применение микроэлементов на фоне внесения двойной нормы полного удобрения ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) стимулирует потребление макроэлементов в большем количестве.

Наиболее значительно влияние молибденового, цинкового и медного удобрений, на которые обуславливали повышенные выноса азота на 8,8%-10,8%, фосфора – 8,5%-11,0% и калия 10,4%-13,9%.

Об эффективности системы удобрения можно судить на основании коэффициента использования элементов питания из удобрений. Степень использования элементов питания из удобрений определяется биологическими особенностями сорта, метеоусловиями, нормами внесения удобрений, содержанием их в почве, обменными и микробиологическими процессами (таблица 20).

При нормах  $N_{40}P_{30}K_{20}$  и  $N_{80}P_{60}K_{40}$  растениями ячменя озимого из удобрений использовалось практически одинаковое количество азота и фосфора, различия по калию составляли 11,7 %. При увеличении норм удобрений до  $N_{120}P_{90}K_{60}$  коэффициент использования растениями азота, фосфора и калия из удобрений уменьшился практически в два раза.



Таблица 20 – Использование растениями ячменя озимого азота, фосфора и калия из удобрений, %

Вариант	Азот (N)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (K <sub>2</sub> O)
Макроудобрения			
1. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	74,0	35,5	111,4
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	71,6	32,6	99,8
3. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	41,3	18,4	59,2
Микроудобрения			
1. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	69,6	31,2	95,1
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	82,9	32,2	113,4
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	85,8	37,3	119,4
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	83,2	35,9	118
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	92,6	40,8	135,5
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	88,3	38,7	125,3
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	90,5	39,6	131,5

Микроэлементы, стимулируя потребление растениями азота, фосфора и калия повышают эффективность их использования из удобрений. Это подтверждается увеличением коэффициента использования из удобрений азота на 13,3 – 23,0%, фосфора – 1,0 – 9,6%, калия на 18,3 – 40,4%. В наибольшей степени на этот процесс влияют медные удобрения.

Таким образом, вынос биогенных элементов ячменем озимым значительно возрастает при внесении минеральных удобрений. Включение в систему удобрения меди повышает коэффициент использования азота на 11,7%, фосфора на 26,7% и калия на 19,5%.

#### **4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО**

Важнейшим фактором ресурсосбережения сельскохозяйственного производства является эффективное применение органических, минеральных макро- и микроудобрений.

Для правильной оценки роли макро- и микроудобрений в производстве зерна ячменя озимого необходимо знать экономическую эффективность. Полученные результаты экономических подсчетов являются конечным итогом проведения научных исследований и начальным этапом его внедрения в технологический процесс сельского хозяйства [122].

В сельскохозяйственном производстве химизация неразрывно связана с высокой культурой земледелия. С интенсивным использованием только комплекса мер можно достичь максимального выхода продукции, в который входит сочетание применения не только удобрений, но и с своевременной обработкой почвы, с внедрением современных высокоурожайных сортов, соблюдением севооборота и использованием рекомендованных средств защиты растений от болезней и сорняков. Вопросы учета экономической эффективности удобрений представляют большой производственный интерес, так как их затраты в структуре себестоимости продукции составляют 20-30 %.

Определяя агрохимическую эффективность удобрений, кроме учетов роста урожая необходимо устанавливать насколько экономически оправданы затраты, связанные с производством и применением удобрений. Только путем сравнения ввода различных систем удобрений с естественным уровнем плодородия получится определить результаты экономической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, в том числе ячменя озимого.

Экономическая оценка применения макро- и микроудобрений при возделывании ячменя озимого сорта Рубеж была проведена согласно требованиям подсчета экономической эффективности, основанных на методических рекомендациях и научных разработках Кубанского ГАУ (таблица 21).

Таблица 21 – Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений на посевах ячменя озимого

Вариант	Прибавка урожая, т/га	Стоимость прибавки, руб./га	Дополнительные затраты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Окупаемость затрат, руб./руб.	Норма рентабельности, %
<b>Макроудобрения</b>						
1. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1,05	5250	3890	1360	0,34	35,0
2. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	0,31	1550	1310	240	0,18	18,3
3. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	0,30	1500	1280	220	0,17	17,2
4. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	0,94	4700	3120	1580	0,51	50,6
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,66	8300	5280	3020	0,57	57,2
6. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	1,39	6950	4680	2270	0,48	48,5
<b>Микроудобрения</b>						
1. B <sub>4</sub>	0,35	1350	1080	270	0,25	25,0
2. Co <sub>4</sub>	0,41	2050	1550	500	0,32	32,2
3. Mn <sub>4</sub>	0,38	1900	1490	410	0,28	27,5
4. Cu <sub>4</sub>	0,61	3050	2140	910	0,42	42,5
5. Mo <sub>4</sub>	0,50	2500	1820	680	0,37	37,4
6. Zn <sub>4</sub>	0,56	2800	2020	780	0,39	38,6

В процессе изучения влияния применения макроудобрений на посевах ячменя озимого сорта Рубеж установлено, что внесение двойной нормы полного минерального удобрения (N<sub>80</sub>P<sub>60</sub>K<sub>40</sub>) позволило получить условно чистый доход в размере на га 3020 руб., уровень рентабельности составил 57,2%, окупаемость затрат – 0,57 руб./руб.

Условно чистый доход на 1 га от применения микроудобрений самый максимальный на варианте с применением медного удобрения, он составил

2140 руб. Уровень рентабельности 42,5%, окупаемость затрат составил – 0,42 руб./руб.

Из вышеуказанного следует, что экономически эффективным является внесение удобрения из расчета  $N_{80}P_{60}K_{40}+Cu_4$ .

Эффективность выращивания ячменя озимого сорта Рубеж с включением в систему удобрения остальных микроэлементов (бор, кобальт, марганец, молибден, цинк) менее выгодна.

## ВЫВОДЫ

1. Применение минеральных удобрений из расчета  $N_{80}P_{60}K_{40}$  на посевах ячменя озимого способно предотвратить обеднение чернозема выщелоченного подвижными соединениями фосфора и калия.

2. Включение микроэлементов в систему удобрения ячменя озимого оказывает позитивное воздействие на питательный режим чернозема выщелоченного: медь, молибден, цинк – на содержание аммонийного и нитратного азота; бор, кобальт, марганец, молибден – подвижного фосфора; бор, кобальт, молибден, цинк – подвижного калия.

3. Внесение минеральных удобрений в норме  $N_{80}P_{60}K_{40}$  повышает содержание в сухой массе растений ячменя озимого азота на 0,70% и калия на 0,26% в фазе осеннего кущения, фосфора на 0,08% в фазе весеннего кущения по сравнению с контролем.

4. Наибольший положительный эффект на содержание азота, фосфора и калия в надземных органах растений ячменя озимого из микроудобрений оказало медное, превышающее фон ( $N_{80}P_{60}K_{40}$ ) на 0,05-0,16%, 0,04-0,06% и 0,01-0,12% сухого вещества соответственно.

5. Установлена следующая закономерность по потреблению биогенных элементов растениями ячменя озимого при внесении разных норм и видов удобрений: N; K; P. Среди микроудобрений, максимальный вынос отмечен на вариантах с включением в систему удобрения меди, цинка и молибдена.

6. Максимальная урожайность зерна ячменя озимого была получена при внесении  $N_{80}P_{60}K_{40}$ , которая превышала контроль на 38,8%. Внесение молибденового, цинкового и медного удобрений обеспечивало дополнительный прирост урожайности на 8,3%, 9,3%, 10,7% по сравнению с фоном.

7. Включение меди в систему удобрения ячменя озимого позволило увеличить содержания в зерне белка и крахмала на 1,3% и 6,0% по

сравнению с контролем, при снижении зольности и пленчатости на 0,4% и 0,9%.

8. Вынос биогенных элементов ячменем озимым значительно возрастает при внесении минеральных удобрений. Включение в систему удобрения меди повышает коэффициент использования из удобрений азота на 11,7%, фосфора на 26,7% и калия на 19,5%. При повышенной норме  $N_{120}P_{90}K_{60}$  уровень использования элементов питания снижается.

9. Затраты элементов на формирование урожая ячменя озимого практически не зависели от обеспеченности ими растений. При изучаемых уровнях минерального питания на формирование 1 т зерна ячменя использовалось 26,1-28,4 кг азота, 7,8-8,8 кг фосфора и 18,9-20,5 кг калия.

10. Высокая эффективность применения минеральных удобрений на посевах ячменя озимого подтверждена экономическими расчетами. При внесении  $N_{80}P_{60}K_{40}$  условно чистый доход составил 3020 руб./га, норма рентабельности – 57,2%, окупаемость затрат 0,57 руб./руб. Включение микроэлементов в систему удобрения на фоне  $N_{80}P_{60}K_{40}$  привело к возрастанию условно чистого дохода на 2140 руб./га, уровня рентабельности – 42,5%, окупаемости затрат – 0,42 руб./руб.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

В агроклиматических условиях Западного Предкавказья при возделывании ячменя озимого сорта Рубеж на черноземе выщелоченном рекомендуется предпосевное внесение удобрений из расчета  $N_{80}P_{60}K_{40}+Cu_4$ . Это позволит увеличить урожайность зерна по сравнению с контролем на 2,25 т/га и улучшить его качество.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашев В.Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зернопаротравяного севооборота/ В.Д. Абашев, Е.В. Светлакова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – С. 37-43.
2. Агафонов Е.В. Агрохимические исследования Дон ГАУ: итоги и перспективы / Е.В. Агафонов // Результаты, перспективы и методология агрохимических исследований на Северном Кавказе. – п. Персиановский, 2004. – С. 15-26.
3. Агеев В.В. Системы удобрения в севооборотах Юга России: Учебное пособие для студентов вузов агрономических специальностей / В.В. Агеев, А.И. Подколзин // Ставрополь: ГОУ Ставропольская ГСХА. – 2001. – 352 с.
4. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. – Л.: Гидрометеиздат. – 1975. – 276 с.
5. Алехина Н.Д. Физиология растений / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балнокин, В.Ф. Гавриленко и др. Под ред. И. П. Ермакова // М.: Издательский центр "Академия", — 2005. - 640 с.
6. Аристархов А.Н. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур /А.Н. Аристархов, В.П. Толстоусов, А.Ф. Харитонов, Н.К. Ефимова, Н.Н. Бушуев// Агрехимия. 2010. № 9. С. 36-49.
7. Багринцева В.Н. Применение калийных удобрений в зернопарковых севооборотах на каштановой почве Ставрополья /В.Н. Багринцева, Н.Н. Крестьянинова, Н.А. Ходжаева// Агрехимия.-2000.-№7. 35-42.
8. Бровкина, Т. Я. Продуктивность озимого ячменя при различных сочетаниях приемов выращивания на черноземе выщелоченном Краснодарского края / Т. Я. Бровкина, И. С. Сысенко // Итоги научно-исследовательской работы за 2017 год : сборник статей по



- материалам 73-й научно-практической конференции преподавателей.  
Краснодар – 2018. С. 5–6.
9. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвы Юга России. Ростов н/Д: «Эверест». 2008. - 216 с.
  10. Вальков В.Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В.Ф. Вальков, Ю.А. Штомпель, И.Т. Трубилин, Н.С. Котляров, Г.М. Соляник. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНИ, ВТ, 1996. – 192 с.
  11. Васильев О.А. Влияние некорневой подкормки микроудобрений на урожайность и химический состав ячменя / О.А. Васильев, А.Г. Ложкин, Н.Н. Зайцева // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 1 (8). С.5-10.
  12. Вербницкая Л.П. Люцерна на корм и семена в Краснодарском крае / КубГАУ. – Краснодар, 2007. – 239 с.
  13. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 238 с.
  14. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений / Наукова думка. — Киев, 1969. — 516 с.
  15. Воронин А.Н. Приемы регулирования урожайности и качества зерна ячменя в Белгородской области / А.Н. Воронин, В.Д. Соловиченко, Г.И. Уваров // Земледелие, 2010.-№ 6.-С. 11-13.
  16. Гуцаленко А. П. Сборы зерна озимого ячменя можно повысить / А. П. Гуцаленко, В. Ф. Журат // Сельское хозяйство Молдавии. – 1985. – № 5.– С. 2
  17. Дашко В.Н. Формирование оптимального фосфорного режима почв и продуктивность севооборотов при использовании фосфоритов различных месторождений: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Москва, - 2005. – 44 с.

18. Державин Л.М. Влияние применения удобрений, гербицидов и ретордантов на качество зерна пшеницы и ячменя / Л. М. Державин, Е. В. Седова. – М., – 1983. – 51 с.
19. Дмитриев В.Е. Динамика формирования продуктивного стеблестоя зерна ярового ячменя //Зерновое хозяйство. - 2006. – 7. – С. 20-21.
20. Доклад о состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2020 году. – Краснодар, 2020. – 192-204 с.: [Электронный ресурс] URL: (Дата обращения: 23.12.2020).
21. Дроздова, В. В. Зависимость урожайности и качества зерна озимого ячменя от минеральных удобрений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / В. В. Дроздова, Е. К. Баранова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2021. – № 90. – С. 48-52.
22. Ерешко А.С. Озимый ячмень: сорт, удобрение, урожай / А.С. Ерешко, В.Б. Хронюк, Р.Г. Бершанский, С.В. Татарин // монография. – Зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – С.5.
23. Ерохина, В. М. Влияние удобрений на содержание элементов минерального питания в растениях озимого ячменя, возделываемого на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / В. М. Ерохина, В. В. Шаляпин, Е. А. Спелова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : Сборник статей по материалам XII Всероссийской конференции молодых ученых, Краснодар, 05–08 февраля 2019 года / Отв. за вып. А.Г. Кощаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 10-11.
24. Есипенко С. В. Изменение фотосинтетической активности растений риса при обработке посевов комплексным хелатным удобрением /, П. Н. Хачмамук, М. А. Перепелин, Ю.В. Хорькова, Д.А. Мухин // Энтузиасты аграрной науки: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и

- Тонконоженко Евгения Васильевича, Краснодар, 07–08 сентября 2020 года / Отв. за выпуск А.Х. Шеуджен. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 71-74.
25. Жиленко С.В. Агроэкологическая оценка эффективности применения микроэлементов в сочетании с минеральными удобрениями в земледелии Кубани / С.В. Жиленко, В.Г. Сычев, А.Х. Шеуджен, Н.И. Аканова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2015. № 5 (27). С. 113-120.
26. Жиленко С.В. Агроэкологические основы формирования продуктивности зерновых культур в условиях Краснодарского края / С.В.Жиленко // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности поволжского региона – сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Казанский филиал МИИТ, 2015.- С.85-90.
27. Жиленко С.В. Особенности питания и удобрения озимого ячменя в условиях Северного Кавказа/ С.В.Жиленко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. - №2.- С.36-40.
28. Жиленко С.В. Эффективность минеральных удобрений при возделывании озимых зерновых в земледелии Краснодарского края/ С.В. Жиленко, Н.И. Аканова, Л.Б. Винничек.// Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. Пензенский государственный университет (Пенза). – 2015. - № 4(16). – С 216-226.
29. Иванов А.Л., Сычѳв В.Г., Державин Л.М. и др. Агробиохимический цикл фосфора. М.: Россельхозакадемия, 2012. 512 с.
30. Иванов А.Л., Сычѳв В.Г., Державин Л.М. и др. Комплекс технологических агрохимических и биологических воздействий на фосфатный режим почв и продуктивность земледелия // Плодородие. 2009. № 1. С. 4–7.

31. Кабата – Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас // Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
32. Караулова Л.Н., Митрохина О.А. Влияние стимуляторов роста и комплексных минеральных удобрений на энергию прорастания зерновых культур // Сборник I Международной научно-практической Интернет-конференции «Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования». – ФГБНУ ПНИИАЗ, 29 февраля 2016. – С. 1582-1584.
33. Князев Б.М. Продуктивность и технологические свойства озимого ячменя в зависимости от дозы минерального питания/Б.М. Князев, А.А. Шомахова // Современные наукоёмкие технологии. – 2009. -№5. -С.44-45.
34. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / Наука. — Москва, 1985 — 264 с.
35. Ковтун В.И. Селекция высоко адаптивных сортов мягкой озимой пшеницы и нетрадиционные элементы технологии их возделывания в засушливых условиях юга России /Ковтун В.И. - Ростов-на-Дону.- 2002.- 320 с.
36. Корнилов, И. М. Навоз и минеральные удобрения в зернопаропропашном севообороте / И. М. Корнилов, Б. А. Рыбалкин // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса : Коллективная монография / Под редакцией В.В. Окоркова. – Иваново : Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Верхневолжский федеральный аграрный научный центр", 2019. – С. 137-139.
37. Коростылев М.Н. Оптимизация азотного питания озимого ячменя в зоне неустойчивого увлажнения/ М.Н. Коростылев, А.Н. Есаулко// Агрохимический вестник. – 2009. – С. 26-27.
38. Корсунова М.И. Биогеохимия и агрохимия микроэлементов на Кубани. Диссертация на соискание ученой степени д. с.-х. н., 06.01.04. - агрохимия. - Краснодар, 2004.- 485 с.

39. Котляров Н.С. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность озимого ячменя сорта Циклон на выщелоченных черноземах Краснодарского края / Н.С. Котляров, Соломон Гизау // Тр КСХИ.- 1990.- Вып. № 308 (336).-С. 88-96.
40. Кудеяров В.Н. Цикл азота в почве и эффективность удобрений. М.: Наука. 1989. 216 с.
41. Лапа, В.В. Влияние фосфоросодержащих удобрений на динамику фосфатов в дерново-подзолистой почве и потребление фосфора растениями ячменя/В.В. Лапа, О.Ф. Рыбин, А.А. Головач//Агрохимия. 1996. - №8. -с.65-72.
42. Лапа В.В. Система применения удобрений. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет. — 2011. 418 с.
43. Лебедевский И.А. Агрохимическая и экологическая оценка чернозема выщелоченного Западного Предкавказья на содержание тяжелых металлов в условиях длительного применения удобрений под озимые колосовые культуры / И.А. Лебедевский // Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Всероссийский научно-исследовательский институт риса. - Краснодар,2009.
44. Лебедевский И.А. К вопросу агроэкологической оценки почв на содержание тяжелых металлов / И.А. Лебедевский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар.- 2007. №32.С. 124-136.
45. Леплявченко Л.П., Столяров А.И., Онищенко Л.М. Динамика агрохимических и физико-химических свойств почвы. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Тр. / КубГАУ. Краснодар, 2002. Вып. 2. С. 30-35.
46. Лукьянова М.В. Культурная флора СССР: т.1.1, ч.2. Ячмень / М.В. Лукьянова, А.Я. Трофимовская. – Ленинград: Агропромиздат, - 1990-421 с.

47. Минеев В.Г. Агрохимия и экологические функции калия / В.Г. Минеев – Москва: Издательство МГУ, - 1999. – 332 с.
48. Минеев В.Г. Агрохимия. Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М: Изд-во МГУ, Колосс. - Москва, 2004. - 720 с.
49. Митрохина О.А. Некорневые подкормки как элемент агротехнологий нового поколения и их влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур в адаптивно-ландшафтном земледелии / О.А. Митрохина, Л.Н. Караулова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4.С.28-32.
50. Мокриевич Г.Л. Как учитывать биологические формы азота и фосфора / Г.Л. Мокриевич // Сборник научных трудов. / Дон ГАУ. – пос. Персиановский, 2002 – С. 10-17.
51. Ониани О.Г. Агрохимия калия / О.Г. Ониани. – Москва: Издательство наука, - 1981. – 190 с.
52. Онищенко Л.М. Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы/ Л.М. Онищенко, В.В. Шаляпин, Али Али Кадем Али// Энтузиасты аграрной науки. – 2020. – С. 188-199.
53. Пацека О.Е. Особенности формирования урожая и качества зерна озимого ячменя на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. Краснодар, 2017
54. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2016.
55. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2017.
56. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2018.
57. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2019.
58. Подекадный агрометеорологический бюллетень, Краснодар. – 2020.
59. Портуровская С. П. Сортовая реакция озимого ячменя на внесение минеральных удобрений при различных сроках посева / С.П. Портуровская, Т.Ф. Вигель, П.П. Клочков // Повышение урожайности

- зерновых и зернобобовых культур: сб. научн. тр. – Ставрополь, 1985. – С. 67-70.
60. Портуровская С.П. Ячмень на Ставрополье / С.П. Портуровская, В.Д. Огарев. – Ставрополь, 2002. – 112 с.
61. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения: практическое руководство. М.: Ледум, 2000. 185 с.
62. Райнер Л. Озимый ячмень: перевод с немецкого В.И. Понаморев / Л. Райнер, И. Штайнбергер, У. Деке. – Москва: Колос, - 1980. – 213 с.
63. Рак М.В. Эффективность микроудобрений ЭлеГум при возделывании озимой пшеницы и ячменя на дерново-подзолистых почвах / М.В. Рак, В.В. Лапа, Г.А. Соколов, Т.Г. Николаева, Е.Н. Пукалова, С.А. Титова // Почвоведение и агрохимия, 2013. - №1(50). С.236-243.
64. Резниченко С.А. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожайность озимого ячменя в центральной зоне Краснодарского края/ С.А. Резниченко, С.С. Терехова // Вестник научно-технического творчества молодёжи Кубанского ГАУ. – 2017. – С. 42-45.
65. Репко Н.В. Мониторинг результатов применения стимуляторов роста на сортах озимого ячменя/ Н.В. Репко, Е.С. Рудяга, К.В. Подоляк//Вестник аграрной науки Дона. – 2013. - №1(21). - С.89-96
66. Рубилин Е.В. Микроэлементы в почвах Северного Кавказа / Е.В. Рубилин. – Л.: Изд-во Ленинг. ун-та, 1968. – 56 с.
67. Рымарь В.Т. Эффективность использования удобрений под ячмень/ В.Т. Рымарь, С.В. Мухина, Д.Н. Агафонов и др.// Зерновое хозяйство России.- 2004.-№ 2.-С.22-23.
68. Серебряков А.А. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы Прикумская 140 и его реализация на светло-каштановых почвах Волгоградской области/А.А.Серебряков// Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса – 2014. - №4(36). - С.1-5.
69. Савва, А. П. Перспективные гербициды для борьбы с сорной растительностью на посевах озимой пшеницы в условиях Краснодарского

- края / А. П. Савва // Фитосанитарные технологии в обеспечении независимости и конкурентоспособности АПК России : Сборник тезисов докладов, Санкт-Петербург, 09–11 сентября 2019 года / Редколлегия: Ганнибал Ф.Б. (главный редактор), Токарев Ю.С. (заместитель главного редактора), Алёхин В.Т., Афанасенко О.С., Белякова Н.А., Беньковская Г.В., Берестецкий А.О., Волкова Г.В., Глупов В.В., Гричанов Е.А., Гульятеева Е.И., Долгих В.В., Долженко В.И., Ибрагимов Т.З., Игнатов А.Н., Исмаилов В.Я., Кочетов А.В., Лысов А.К., Павлюшин В.А., Радченко Е.Е., Рогожин Е.А., Сергеев М.Г., Спиридонов Ю.Я., Сухорученко Г.И., Фролов А.Н., Хлёткина Е.К.. – Санкт-Петербург: Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, 2019. – С. 271.
70. Слюсарев В.Н., Терпелец В.И., Мышко М.Н. Динамика физико-химических свойств чернозема выщелоченного в системе агроэкологического мониторинга /Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Тр. / КубГАУ. Краснодар, 2008. - Вып. № 431 (459). – 352 с.
71. Статистическая отчетность. Краснодар [Электронный ресурс], URL:[https://krsdstat.gks.ru/cal\\_publich\\_kk](https://krsdstat.gks.ru/cal_publich_kk)Краснодарский край в цифрах 2020 (краткий статистический сборник)
72. Сысенко, И. С. Продуктивность озимого ячменя на черноземевыщелоченном в условиях Кубани / И. С. Сысенко, С. И. Новоселецкий, О. Е. Пацека // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 114. – С. 1547–1565.
73. Татаркин С.В. Урожайность сортов озимого ячменя на различных фонах минерального питания/ С.В. Татаркин, А.С. Ерешко, В.Б. Хронюк // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.- 2011. - №1. –С.136-140.



74. Технический отчет о почвенном обследовании опытного поля Кубанского государственного аграрного университета г. Краснодара Краснодарского края / Кубань НИИ гипрозем. - Краснодар, 1991. - 26 с.
75. Тонконоженко Е.В. Действие микроэлементов на урожай сельскохозяйственных культур в условиях Краснодарского края / Е.В. Тонконоженко // Химия в сел.хоз-ве. - 1966. - № 5. - С.9-14.
76. Тонконоженко Е.В. Микроэлементы в почвах Кубани и применение микроудобрений / Е.В. Тонконоженко. – Краснодар: Кр. кн. изд-во. 1973. – 110-111 с.
77. Фаизова, В. И. Влияние антропогенного фактора на изменение агрохимических показателей черноземов Центрального Предкавказья / В. И. Фаизова, А. М. Никифорова, В. Я. Лысенко // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 2 (18). – С. 178–181.
78. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.cdsb.gks.ru>.
79. Хлюпина М.И. Бор и ванадий в почвах и растениях Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. биол. наук / М.И. Хлюпина. – М., 1973. – 22 с.
80. Хурум Х.Д. Эффективность марганцевых удобрений при различных способах их применения/ Х.Д. Хурум, А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко // Вестник Казанского государственного аграрного университета, т. 4. — Казань, 2009. — №2 (12). — С.132-134.
81. Хусаинов А.Т. Фотосинтетический потенциал у генотипов яровой мягкой пшеницы на солонцеватом чернозёме северного Казахстана/ А.Т.Хусаинов, Г.Т.Сыздыкова, Ю.А. Андреева//Аграрный вестник Урала. - №2(120).- 2014.- С.20-23.
82. Царев А.П. Агробиологические основы формирования высокопродуктивных агрофитоценозов люцерны на корм и семена в Поволжье / А.П. Царев, М.А. Царева / ООО «Новый ветер», Саратов, 2010. — 260 с.

83. Цховребов, В. С. Почвы и климат Ставрополя / В. С. Цховребов, В. И. Фаизова // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № S2. – С. 21–34.
84. Чепец, С. А. Качество зерна сортов озимого ячменя в зависимости от применения удобрений / С. А. Чепец, Е. С. Чепец // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2015. – № 8-2. – С. 89–91.
85. Чуварлеева Г.В. Основы азотного питания озимого ячменя в условиях центральной зоны Краснодарского края / Г.В. Чуварлеева // Достижения, направления развития сельскохозяйственной науки России (селекция, семеноводство, технология, экономика). Том 3. – Ростов н/Д, 2005. – С. 367-370.
86. Чухиль А.А. Продуктивность люцерны второго года жизни при оптимизации минерального питания растений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. 06.01.04 – агрохимия. – Краснодар, 2017 – 37 -42 с.
87. Чухина О.В. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при применении удобрений / О.В. Чухина // Агрохимический вестник, - 2013. - № 3. – С. 11 – 14.
88. Шамрай Л. А. Влияние температуры и влажности почвы на трансформацию суперфосфата при локальном его внесении / Л. А. Шамрай // Агрохимия. – 1984. – № 8. – С. 17–22.
89. Шанталий И.В. Урожайность озимого ячменя в зависимости от сроков и доз внесения удобрений на черноземе обыкновенном / И.В. Шанталий, Е.В. Агафонов // Зерновое хозяйство, 2008.-№ 1-2.-С. 21-23.
90. Шаповалова Н.Н. Изменение урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от содержания N, P и K в черноземе обыкновенном / Шаповалова Н.Н., Е.П. Шустикова // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 8. С. 32-35.

91. Шапошникова И.М. Плодородие почв Северного Кавказа / И.М. Шапошникова // Плодородие черноземов России – Москва. – 1998. – С. 403-451.
92. Шахов А.А. Солеустойчивость растений. М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 537 с.
93. Швец Т.В. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроэкологическом мониторинге равнинного агроландшафта Западного Предкавказья / Т.В. Швец, Е.Е. Баракина // Тр. КубГАУ. – Краснодар, 2011. – №3.– С. 114 – 118.
94. Шевцов В.М. О сроках сева озимого ячменя / В.М. Шевцов, Н.Г. Малюга, Т.Я Бровкина.// Труды Кубгау.-2012.-№1(34). 51-53.
95. Шевцов В.М. Особенности современной технологии возделывания озимого ячменя на Кубани/ В.М. Шевцов, Н.Г. Малюга, А.С. Найденов, Э.А. Пикушова, И.А. Лобач// Труды КубГАУ. - 2009. - №16. – С. 88-93.
96. Шеуджен А.Х. Агробиохимия /А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2010. 877 с.
97. Шеуджен А.Х. Агробиогеохимия чернозёма. 2-е изд. доп. и перераб. – Майкоп: ООО «Полиграф-Юг», 2018. – 308с.
98. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева,С.В. Кизинек, // Майкоп: «Полиграф – ЮГ» 2013. – 572 с.
99. Шеуджен А.Х. Агрохимия / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров, - Майкоп: Афиша. – 2006. – С. 358 - 359.
100. Шеуджен А.Х. Агрохимия: учеб.пособие для студентов вузов по агрономическим специальностям/ А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров ; под ред. А. Х. Шеуджена.- 2-е изд., перераб, идоп.// Майкоп : Афиша, 2006.- 390 с.
101. Шеуджен А.Х. Агрохимия : учеб.пособие для студентов вузов по агрономическим специальностям / А.Х. Шеуджен, В.Т. Куркаев, Н.С. Котляров; под ред. А. Х. Шеуджена.- 2-е изд., перераб. и доп. // Майкоп: Афиша, 2006. — 1074 с.

102. Шеуджен, А. Х. Агрохимия. Часть 4. Фундаментальная агрохимия / А. Х. Шеуджен – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 529 с.
103. Шеуджен А.Х. Агрохимия чернозема/ А.Х. Шеуджен - Майкоп: «Полиграф-Юг», 2015. - 232 с.
104. Шеуджен А.Х. Агрохимия. Ч.3. Экспериментальная агрохимия: учеб.пособие / А.Х. Шеуджен. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 755 с.
105. Шеуджен А.Х. Азот и гумус: методы их определения / А.Х. Шеуджен, М.А. Осипов // Майкоп: «Полиграф – ЮГ» 2021. – 176 с.
106. Шеуджен А.Х., Булдыкова И.А., Лебедевский И.А. Значение микро-и ультрамикроэлементов в жизни растений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар – 2010. Т. 11. С. 333.
107. Шеуджен А.Х. Влияние макроудобрений на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность ячменя озимого при выращивании в центральной агроклиматической зоне Краснодарского края / А. Х. Шеуджен, С. С. Ковалев, Т. Н. Бондарева, М. А. Осипов // Рисоводство. – 2021. – № 2(51). – С. 46-54.
108. Шеуджен А.Х. Влияние микроудобрений на продуктивность агроценоза ячменя озимого при его размещении на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья /А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.С. Ковалёв, М.А. Осипов// Энтузиасты аграрной науки.- 2019 г. – С. 156-165.
109. Шеуджен А.Х Диагностика минерального питания растений / А. Х. Шеуджен, А.В. Загорулько, Л.И. Громоваидр.// Краснодар: КубГАУ, 2009.- 297 с.
110. Шеуджен А.Х. Калий и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Х.Д. Хурум, Т.Н. Бондарева, Н.И. Аканова // Майкоп: «Полиграф – ЮГ», 2017. – 192 с.
111. Шеуджен А.Х. Кальций и методы его определения / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, К.П. Азарян, З.Н. Ткаченко. - Краснодар: КубГАУ, 2003. – 92 с.

112. Шеуджен А.Х. Кремний и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Т.Н. Бондарева, О.А. Гуторова, И.А. Лебедевский, С.В. Есипенко, И.А. Булдыкова, С.С. Ковалёв. - Майкоп: ОАО «Полиграф – ЮГ», 2021. – 112 с.
113. Шеуджен А.Х. Магний и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Т.Н. Бондарева, Х.Д. Хурум, И.А. Лебедевский. - Майкоп: ООО «Полиграф – ЮГ», 2018. – 156 с.
114. Шеуджен А. Х. Методика агрохимических исследований статистическая оценка их результатов: учеб.пособ. 2-е изд. перераб. и доп./ А. Х. Шеуджен, Т. Н. Бондарева.– Майкоп: ОАО «Полиграф-ЮГ», 2015. – 664 с.
115. Шеуджен А.Х. Минеральные удобрения и урожай сельскохозяйственных культур выращиваемых на черноземе выщелоченном Прикубанской низменности / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, М.А. Осипов, С.В. Есипенко, С.С. Ковалёв // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013- 2020 гг. Матер. Всерос. координ. совещ. науч. учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. 2018. С. 391–400.
116. Шеуджен, А. Х. Отзывчивость растений ячменя озимого на минеральные удобрения в условиях Западного Предкавказья на черноземе выщелоченном / А. Х. Шеуджен, С. С. Ковалев, Т. Н. Бондарева // Рисоводство. – 2021. – № 3(52). – С. 53-60.
117. Шеуджен А.Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Л.М. Онищенко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2012. С. 231.
118. Шеуджен А.Х. Питание и удобрение зерновых культур. Ячмень. – Майкоп: Изд-во ООО «Аякс», 2010, - 10 с.
119. Шеуджен А. Х. Потребление биогенных элементов растениями и вынос их урожаем риса при внесении навозной жижи модифицированной

- ингибитором нитрификации / А. Х. Шеуджен, О. А. Гуторова, Т. Н. Бондарева, Х.Д. Хурум, В.П. Дегтярева, П.Н. Хачмамук, С.В. Есипенко, М.А. Перепелин // Рисоводство. – 2021. – № 2(51). – С. 55-61.
120. Шеуджен А.Х. Сера и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек, И.А. Лебедевский. - Майкоп: ООО «Полиграф – ЮГ», 2019. – 136 с.
121. Шеуджен А.Х. Содержание и формы соединений кобальта в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в условиях агрогенеза / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Х.Д. Хурум, В.П. Суетов, И.А. Лебедевский, М.А. Осипов, С.В. Есипенко // Агрехимический вестник. 2015. №1. С. 9-11.
122. Шеуджен А.Х. Удобрения и оценка экономической эффективности их применения / А.Х. Шеуджен, И.Т. Трубилин, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 331 с.
123. Шеуджен А.Х. Фосфор и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Т.Н. Бондарева, Н.И. Аканова // Краснодар: КубГАУ, 2016. – 236 с.
124. Шеуджен А.Х. Цинк и методы его определения / А.Х. Шеуджен, В.П. Суетов, Т.Н. Бондарева, И.А. Лебедевский. - Майкоп: ООО «Полиграф – ЮГ», 2019. – 220 с.
125. Шеуджен А.Х. Эффективность удобрений в Краснодарском крае / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, С.В. Жиленко // Проблемы агрохимии и экологии, 2009. — № 4.- С.32-38.
126. Щукин С.В. Экологизация сельского хозяйства (перевод традиционного сельского хозяйства в органическое) / С.В. Щукин и др. // Серия обучающих пособий «RUDECO Переподготовка кадров в сфере развития сельских территорий и экологии», Москва, 2012,- 196 с.
127. Штрук М. Технология производства озимых зерновых культур в Ростовской области/ М. Штрук, Г. Нестеров, В. Филлипенко. - Ростов-на-Дону, 2002.- 82 с.

128. Якименко В.Н. Баланс, формы и запасы калия в агроценозах / В.Н. Якименко // Агрохимия, – 2000. – № 11. – С. 5-9.
129. Янковский Н.Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя / Н.Г. Янковский, Д.П. Донцов, С.Н. Доценко // Зерновое хозяйство России.-2013.№5.-С. 54-56.
130. Янковский Н.Г. Минеральные удобрения и продуктивность новых сортов озимого ячменя /Н.Г. Янковский // Земледелие. – 2003. – № 1. – С. 29.
131. Янковский Н.Г. Оптимизация уровней минерального питания озимого и ярового ячменя на черноземе обыкновенном Северного Кавказа/ Н.Г. Янковский. - г. Зерноград: Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион.серия: естественные науки. 2006. С. 85-91.
132. Яркулова, З. Влияние сроков посева и норм минеральных удобрений на выживаемость сортов озимого ячменя / З. Яркулова, А. Кадиров // Chronos: естественные и технические науки. – 2020. – № 3(31). – С. 15-17.
133. Bair V.K. Barley for food: Characteristics, improvement and renewed interest /V.K. Bair, S.E. Ulrich // Y. Cereal Sci. - 2008. - P. 233-242.(ячмень для еды, характеристика интерес).
134. BHVA, Bay. Hauptversuchsanstalt fur Landwirtschaft, Weihenstephaa Die Duingung von Acker und Grunland nach Bodenuntersuchungsergebnissea 1975. – P. 86-94.
135. Blandino M. Enhancing grain yield and quality of winter barley through agronomic strategies to prolong canopy greenness/ M.Blandino , F. Marinaccio, A.Reyneri // Field Crops Research. - January 2015. - P. 109–118.
136. Ghanbari A. et al. Effects of organic and mineral sources of nutrient on quality and quantity yields of forage barley //Agric. Sci. Dev. – 2014. – Т. 3. – №. 9. – С. 308-311.
137. Gromova N. et al. Influence of different methods of soil treatment and fertilizer systems on the yield of winter barley in the central Ciscaucasia //IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – IOP Publishing, 2019. – Т. 315. – №. 5. – С. 052025.

138. Harris, P. B. Date of drilling Igri Winter Barley and the and timing of 145 spring nitrogen / P. B. Harris, H. G. Mc Donald, M. C. Phillips // Res. Develompin Agr. 1987. – T.4. –№2. – P. 95–99.
139. Knapp W. R., Knapp J. S. Interaction of Planting Date and Fall Fertilization on Winter Barley Performance 1 //Agronomy Journal. – 1980. – T. 72. – №. 3. – C. 440-445.
140. Kurowski T. P. et al. Effect of nitrogen fertilization and fungicide treatment on the intensification of winter barley diseases //Acta Scientiarum Polonorum. Agricultura (Poland). – 2004.
141. Lang G. Ergebnisse und Probleme bei der Ausarbeitung von Dringungssystemen in der Ungarischen Volksrepublik. – Tag. – Ber. (Akad. Landwirtsch. – wiss. DDR. Berlin), 1978. 166.2:263 – 271.
142. Lim L.G. The effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f. sp. *Hordei*) and leaf rust (*Puccinia hordei*) on spring barley in New Zealand. I. Epidemic development, green leaf area and yield/ L.G.Lim, R.E. Gaunt // Plant Pathology.- 1986.- v. 35. - P. 44-53.
143. Neborg M. Influence of long-term tillage, straw and N fertilizer on barley yield, plant-N uptake and soil-N balance/ M. INeborg , E.D. Solberg, R.C. Zaurralde , S.S.Malhi , M. Molina-Ayala //Soil Tillage Research. - 1995. –N 36. – P. 165-174.
144. Pashtetsky, V. S. Optimal doses of fertilizer application against the background of resource-saving soil cultivation technologies in the Steppe zone of Russia / V. S. Pashtetsky, E. N. Turin, K. G. Zhenchenko // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 26–29 февраля 2020 года. – Voronezh, 2021. – P. 062011.
145. Pedas P. et al. Elevated phosphorus impedes manganese acquisition by barley plants //Frontiers in Plant Science. – 2011. – T. 2. – C. 37.
146. Khokonova M. B. et al. Optimization of barley bultivation technology, ensuring the improvement of grain quality for brewing //Journal of



- Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – Т. 10. – №. 7. – С. 1688-1690.
147. Singh Z. Studies on quality of grains of barley varieties for nutritional malting purposes/ Z. Singh, J. Kumar ,A. Saini //Prog. Nat. Acad. Sci. India. – 2008. – 78. – 4. – P. 338-342.
148. Staugaitis G. et al. Role of soil mineral nitrogen for agricultural crops: Nitrogen nutrition diagnostics in Lithuania //Archives of Agronomy and Soil Science. – 2007. – Т. 53. – №. 3. – С. 263-271.
149. Suleimenov B. U. Influence of mineral fertilizers on the yield of winter barley in conditions of Almaty region / B. U. Suleimenov, G. A. Saparov, S. I. Tanirbergenov, M. Zh. Shumushraeva // Почвоведение и агрохимия. – 2017. – No 3. – P. 76-82.
150. Tokhtar V. K. et al. Photometric diagnostics as an evaluation element of the effectiveness of organic and mineral fertilizers //crops. – 2020. – Т. 13. – №. 14. – С. 15.
151. Whelan H.G. The effect of leaf (*Puccinia hordei*) on yield response in barley (*Hordeum vulgare* L.) crops with different yield potentials/ H.G. Whelan, R.E. Gaunt,W.R. Scott // Plant Pathology. - 1997. - v. 46. - P. 397-406.
152. Wlasniewski S. et al. Effect of mineral fertilization on the yield, boron content and bioaccumulation factor in grain of cereals //Journal of Elementology. – 2019. – Т. 24. – №. 3.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение – 1 Среднемесячные метеорологические значения в период вегетации растений ячменя озимого в годы проведения испытаний

Месяц	Температура воздуха, °С					Количество осадков, мм					Влажность воздуха, %				
	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	средне-много-летняя	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	средне-много-летняя	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	средне-много-летняя
Сентябрь	18,8	20,4	19,7	18,6	17,5	78,3	27	96,1	30,6	38	57	57	65	57,6	68
Октябрь	11	12	14,2	13,5	9,5	86,8	101	96	11,4	34	70	71	68	83,3	65
Ноябрь	7	6,6	4,3	6,5	6,4	86,8	49	72	17,4	32	71	69	83	75	63
Декабрь	-1,1	5,5	2,7	4	0,8	66,4	77,1	94	18,3	40	81	81	75	88,6	69
Январь	0,8	4,4	2,8	2,2	-1,8	21,3	32,7	92	63,9	50	75	81	80	88	76
Февраль	1,76	2,7	2,9	3,9	-1,5	35	67,4	30,6	53	50	66	82	81	77,3	77
Март	9	5,8	6,2	9,2	4,2	52,2	95	70,6	17,8	48	65	76	70	67,3	70
Апрель	12,1	13,3	11,5	10,3	12,3	43,5	23	42	4,3	48	64	58	64	50	67
Май	17,5	19	18,3	16,4	16,7	116	37	80	89,9	57	71	64	69	68,3	67
Июнь	22	22,8	24,7	22,8	20,5	63,4	32	62	38,6	67	70	56	63	68	67
Июль	24,7	25	24,1	23,4	23,1	86,7	90	83	107	60	53	62	66	63,6	58

Приложение – 2 Агрехимическая характеристика чернозёма выщелоченного  
– почвы опытного участка (А.Х. Шеуджен, 2018 г.)

Показатель				Показатель			
рН		водный		Фосфор	общий	(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ),	%
– 6,5				– 0,15			
рН		солевой		Калий	валовой	(K <sub>2</sub> O),	%
– 5,8				– 1,98			
Сумма поглощенных оснований (S),				Кремний	валовой	(Si),	%
мг-экв./100	г.	почвы		– 32,1			
– 41,0							
Гидролитическая кислотность (H <sub>г</sub> ),				Кальций	валовой	(Ca),	%
мг-экв./100	г.	почвы		– 1,66			
– 1,98							
Емкость катионного обмена (Т),				Магний	валовой	(Mg),	%
мг-экв./100	г.	почвы		– 1,01			
– 43,0							
Степень насыщенности почвы				Сера	валовая	(S),	%
основаниями	(V),	%		– 0,03			
– 95,4							
Гумус	общий,	%		Железо	валовое	(Fe),	%
– 3,24				– 0,40			
Азот	общий	(N),	%	Бор	валовой	(B),	мг/кг
– 0,22				– 47,1			
Кобальт	валовой	(Co),	мг/кг	Марганец	валовой	(Mn),	мг/кг
– 14,4				– 478,3			
Медь	валовая	(Cu),	мг/кг	Молибден	валовой	(Mo),	мг/кг
– 16,8				– 1,60			
Цинк	валовой	(Zn),	мг/кг	Ванадий	валовой	(V),	мг/кг
– 42,3				– 88,9			
Йод	валовой	(I),	мг/кг	Селен	валовой	(Se),	мг/кг
– 4,31				– 0,34			
Литий	валовой	(Li),	мг/кг	Титан	валовой	(Ti),	мг/кг
– 43,5				– 4700			
Никель	валовой	(Ni),	мг/кг	Хром	валовой	(Cr),	мг/кг
– 28,0				– 70,1			
Кадмий	валовой	(Cd),	мг/кг	Свинец	валовой	(Pb),	мг/кг
– 0,77				– 26,7			

Приложение – 3 Динамика содержания азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макроудобрений, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации							
	кущение				колошение		полная спелость	
	осень		весна		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>
	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>				
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	24,5	15,0	19,3	13,2	16,2	10,3	10,1	7,2
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	50,0	29,3	40,8	23,5	28,6	18,4	15,5	12,5
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	25,0	15,1	19,6	13,8	17,0	10,4	11,8	7,6
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	24,8	15,4	19,4	13,5	16,5	10,5	11,0	8,0
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	32,5	17,3	29,5	16,4	24,0	15,0	13,5	11,0
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	50,2	30,8	41,0	23,8	30,1	20,2	15,8	12,8
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	56,3	32,0	44,3	26,2	32,8	21,4	17,0	13,0
НСП <sub>05</sub>	11,8	8,8	10,1	11,0	10,4	4,0	3,6	4,2

Приложение – 4 Динамика содержания азота в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении микроудобрений, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации							
	кущение				колошение		полная спелость	
	осень		весна		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>
	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>				
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	23,4	14,6	15,4	14,0	11,3	8,6	6,4	6,2
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	48,6	25,8	26,8	20,8	22,4	16,5	10,6	11,4
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	48,7	26,0	26,9	20,6	22,6	17,1	10,6	11,6
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	49,0	26,6	27,4	22,0	22,8	18,8	11,0	12,2
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	48,8	24,4	27,0	20,9	22,7	17,4	10,8	12,0
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	50,1	27,4	28,1	22,5	23,8	20,4	11,9	13,0
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	49,2	26,6	27,6	21,7	23,0	19,0	11,2	12,4
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	49,8	27,0	27,9	21,9	23,6	19,8	11,6	12,8
НСП <sub>05</sub>	1,7	1,1	2,0	1,4	1,0	0,6	0,4	0,5

Приложение – 5 Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении макроудобрений, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации							
	кущение				колошение		полная спелость	
	осень		весна		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	57,4	165,4	54,3	163,0	52,6	161,2	48,4	153,4
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	58,5	170,2	57,9	163,9	56,3	166,3	50,4	155,3
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	63,7	166,0	60,4	163,0	58,8	161,8	57,0	153,9
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	57,7	166,9	55,1	164,5	53,0	162,0	48,8	154,3
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	62,0	168,7	60,5	168,5	56,7	168,3	54,3	156,2
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	72,3	173,8	68,2	171,0	66,9	170,8	62,5	169,0
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	70,2	174,0	69,0	172,8	65,3	171,5	60,4	170,0
НСП <sub>05</sub>	4,8	5,3	4,0	4,2	4,2	4,0	5,0	3,8

Приложение – 6 Динамика содержания подвижных форм фосфора и калия в 0-20 см слое чернозема выщелоченного под посевом ячменя озимого при внесении микроудобрений, мг/кг

Вариант	Фаза вегетации							
	кущение				колошение		полная спелость	
	осень		весна		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	58,6	160,4	54,0	157,0	51,4	148,4	48,5	138,4
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	70,5	180,0	68,6	175,3	68,2	171,5	60,9	166,7
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	72,7	181,3	72,0	176,0	69,7	173,4	63,4	168,2
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	73,6	181,4	71,7	174,4	69,0	172,3	63,1	170,5
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	72,4	180,6	71,0	176,2	70,4	175,0	64,6	170,2
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	71,8	180,5	71,2	174,1	68,5	172,0	61,0	170,3
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	72,4	182,8	70,5	176,0	69,8	177,3	64,1	170,4
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	70,1	184,5	67,5	176,8	66,4	175,6	59,8	171,2
НСП <sub>05</sub>	3,4	10,4	4,5	3,5	3,3	11,5	3,4	12,6



Приложение – 7 Влияние макро- и микроудобрений на перезимовку растений ячменя озимого

Вариант	Количество растений, шт/м <sup>2</sup>		Выживаемость, %	Изреживаемость, %
	осень	весна		
макроудобрения				
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	381,2	249,3	65,4	34,6
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	377,8	250,8	66,4	33,6
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	381,4	252,5	66,2	33,8
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	379,0	249,4	65,8	34,2
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	379,4	250,9	66,1	33,9
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	383,2	260,1	67,9	32,1
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	383,0	258,6	67,5	32,5
НСР <sub>05</sub>	6,2	8,6	-	-
микроудобрения				
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	382,0	248,3	65,0	35,0
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	381,6	260,6	68,3	31,7
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	382,5	263,2	68,8	31,2
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	376,3	261,4	69,4	30,6
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	379,1	263,5	69,5	30,5
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	375,8	272,4	72,5	27,5
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	380,4	269,4	70,8	29,2
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	376,3	270,1	71,8	28,2
НСР <sub>05</sub>	7,5	18,2	-	-

Приложение – 8 Динамика высоты растений ячменя озимого при внесении микроудобрений, см

Вариант	Фаза вегетации			
	кущение		колошение	полная спелость зерна
	осень	весна		
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14,4	24,2	83,0	82,5
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	18,2	31,5	92,7	93,0
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	18,3	33,8	96,8	96,5
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	18,6	33,9	96,9	97,0
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	18,8	32,7	96,7	96,8
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	19,1	34,2	98,6	98,6
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	19,0	34,1	97,3	97,2
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	18,9	34,3	97,6	97,8
НСП <sub>05</sub>	3,6	4,2	5,2	4,0

Приложение – 9 Динамика высоты растений ячменя озимого при внесении макроудобрений, см

Вариант	Фаза вегетации			
	кущение		колошение	полная спелость зерна
	осень	весна		
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	14,9	24,6	79,4	79,0
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	18,1	31,7	93,6	93,9
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	15,2	24,9	82,2	82,0
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	15,0	24,7	81,4	81,5
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	17,0	27,9	84,2	84,7
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	18,6	32,5	93,6	93,5
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	19,9	33,8	93,9	94,8
НСР <sub>05</sub>	3,6	5,2	6,4	6,3

Приложение – 10 Динамика накопления сухого вещества растениями ячменя озимого при внесении макроудобрений,  
г/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,89	2,08	3,16	2,93	3,08
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1,02	3,01	5,22	4,20	4,42
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	0,92	2,24	3,38	3,05	3,21
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	0,90	2,16	3,31	3,01	3,17
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	1,15	3,04	4,72	3,85	4,05
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,38	3,02	5,32	4,89	5,15
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	1,37	2,95	5,30	4,69	4,94
НСР <sub>05</sub>	0,12	0,81	1,52	1,78	1,33

Приложение – 11 Динамика накопления сухого вещества растениями ячменя озимого при внесении микроудобрений,  
г/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,84	1,95	2,92	3,02	2,88
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,32	2,87	5,18	4,06	3,87
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	1,34	2,87	5,25	4,4	4,19
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	1,39	2,88	5,3	4,56	4,34
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	1,36	2,88	5,28	4,14	3,94
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	1,44	2,98	5,37	5,22	4,97
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	1,4	2,89	5,32	4,66	4,44
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	1,42	2,91	5,36	5,94	4,7
НСП <sub>05</sub>	0,84	1,95	2,92	3,02	2,88

Приложение – 12 Динамика содержания азота в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	3,36	2,16	1,68	0,72	1,92
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,05	2,38	1,75	0,76	2,08
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	3,39	2,20	1,70	0,74	1,94
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	3,37	2,28	1,69	0,73	1,93
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	4,02	2,28	1,71	0,75	1,99
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	4,06	2,45	1,76	0,78	2,10
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	4,10	2,52	1,78	0,79	2,09
НСП <sub>05</sub>	0,27	0,10	0,05	0,04	0,06
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	3,37	2,15	1,67	0,71	1,94
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	4,10	2,46	1,76	0,78	2,10
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	4,12	2,47	1,77	0,77	2,12
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	4,15	2,49	1,79	0,76	2,14
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	4,13	2,48	1,78	0,75	2,13
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	4,26	2,58	1,81	0,72	2,16
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	4,17	2,50	1,79	0,75	2,14
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	4,20	2,55	1,80	0,74	2,15
НСП <sub>05</sub>	0,34	0,20	0,09	0,05	0,11

Приложение – 13 Динамика содержания фосфора в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений,  
% сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,78	0,62	0,50	0,29	0,50
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,79	0,64	0,51	0,33	0,55
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	0,80	0,71	0,54	0,28	0,52
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	0,79	0,63	0,50	0,29	0,51
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	0,80	0,66	0,54	0,32	0,53
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	0,82	0,70	0,57	0,34	0,56
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	0,84	0,72	0,58	0,33	0,57
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0,78	0,61	0,50	0,28	0,50
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	0,82	0,70	0,53	0,34	0,55
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	0,84	0,71	0,54	0,29	0,56
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	0,83	0,73	0,55	0,32	0,57
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	0,84	0,72	0,57	0,30	0,58
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	0,86	0,76	0,58	0,29	0,60
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	0,84	0,74	0,56	0,31	0,58
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	0,85	0,75	0,57	0,30	0,59

Приложение – 14 Динамика содержания калия в растениях ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений, % сухой массы

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	2,42	2,04	1,54	1,48	0,48
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	2,54	2,05	1,55	1,51	0,49
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	2,50	2,05	1,54	1,50	0,48
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	2,66	2,08	1,65	1,58	0,50
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	2,60	2,06	1,56	1,54	0,51
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	2,68	2,10	1,65	1,59	0,52
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	2,70	2,11	1,61	1,60	0,53
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	2,43	2,02	1,39	1,38	0,47
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	2,68	2,04	1,49	1,48	0,53
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	2,69	2,10	1,50	1,49	0,53
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	2,72	2,13	1,52	1,51	0,53
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	2,70	2,12	1,51	1,50	0,54
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	2,76	2,16	1,55	1,53	0,54
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	2,73	2,14	1,53	1,52	0,53
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	2,74	2,15	1,54	1,53	0,54



Приложение – 15 Потребление азота растениями ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	29,90	44,93	53,09	21,10	59,14
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	41,31	71,64	91,35	31,92	91,94
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	31,19	49,28	57,46	22,57	62,27
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	30,33	49,25	55,94	21,97	61,18
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	46,23	69,31	80,71	28,88	80,60
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	56,03	73,99	93,63	38,14	108,15
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	56,17	74,24	94,34	35,18	103,25
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	28,31	41,92	48,76	21,44	55,87
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	54,12	70,60	91,52	31,67	81,27
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	55,21	70,89	92,92	33,88	88,83
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	57,68	71,71	94,87	34,66	92,88
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	56,17	71,42	93,98	31,05	83,92
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	61,34	76,88	97,20	37,58	107,35
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	58,38	72,25	95,41	34,95	95,02
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	59,64	74,20	96,48	36,56	101,05

Приложение – 16 Потребление фосфора растениями ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6,94	12,90	15,80	8,50	15,40
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	8,06	19,26	26,62	13,86	24,31
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	7,36	15,90	18,25	8,54	16,69
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	7,11	13,61	16,55	8,73	16,17
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	9,20	20,06	25,49	12,32	21,46
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	11,32	21,14	30,32	16,63	28,84
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	11,51	21,24	30,74	15,48	28,16
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	6,55	11,90	14,60	8,46	14,40
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	10,82	20,09	27,45	13,80	21,28
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	11,26	20,38	28,35	12,76	23,46
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	11,54	21,02	29,15	14,59	24,74
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	11,42	20,74	30,10	12,42	22,46
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	12,38	22,65	31,15	15,14	29,82
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	11,76	21,39	29,79	14,45	25,75
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	12,07	21,82	30,55	14,82	27,73

Приложение – 17 Потребление калия растениями ячменя озимого при применении макро- и микроудобрений, мг/растение

Вариант	Фаза вегетации				
	кущение		колошение	полная спелость зерна	
	осень	весна		листья + стебли	зерно
макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	21,54	42,43	48,66	48,11	14,78
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	25,91	61,70	80,91	70,06	21,66
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	23,00	45,92	52,05	50,55	15,41
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	23,94	44,93	54,62	52,61	15,85
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	29,90	62,62	73,63	67,58	20,66
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	36,98	63,42	87,78	86,02	26,78
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	36,99	62,24	85,33	79,93	26,18
микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	20,41	39,39	40,59	38,92	13,54
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	35,38	59,98	77,18	60,53	20,51
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	36,05	60,27	78,75	60,49	22,21
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	37,81	61,34	80,56	68,86	23,00
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	36,72	61,06	79,73	62,10	21,28
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	39,74	64,37	83,24	79,87	26,84
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	38,22	61,85	81,40	70,83	23,53
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	38,91	62,56	82,54	75,88	25,38

Приложение – 18 Фотосинтетическая деятельность посевов ячменя озимого в фазе колошения растений при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Площадь листьев см <sup>2</sup> /растение	хлорофилл а	хлорофилл б	каротиноиды	Фотосинтетический потенциал, тыс.м <sup>2</sup> × сут/га	Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> × сут	Интенсивность фотосинтеза, мг СО <sub>2</sub> /дм <sup>2</sup> ×ч	Ассимиляционное число
		содержание, мг/дм <sup>2</sup>						
макроудобрения								
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	149,5	1,768	0,607	0,440	668,2	7,2	28,8	12,1
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	196,2	1,795	0,609	0,444	885,0	8,0	32,4	13,5
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	157,3	1,770	0,608	0,446	682,5	7,4	29,0	12,2
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	152,8	1,769	0,608	0,445	676,6	7,3	28,9	12,2
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	174,5	1,804	0,610	0,447	779,1	7,5	30,5	12,6
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	208,4	1,838	0,624	0,462	1079,1	8,6	34,8	14,1
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	228,0	1,886	0,638	0,458	1108,6	8,1	32,8	13,0
микроудобрения								
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	151,0	1,770	0,609	0,436	668,8	7,2	28,8	12,1
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	209,8	1,840	0,626	0,455	1080,4	8,5	34,2	13,1
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	212,3	1,846	0,628	0,458	1086,5	8,7	34,8	14,1
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	230,7	1,900	0,629	0,460	1088,0	8,9	36,2	14,3
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	229,5	1,902	0,630	0,460	1092,4	8,8	35,8	14,5
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	235,1	1,962	0,638	0,468	1100,3	9,6	38,8	14,9
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	232,5	1,956	0,634	0,464	1094,7	9,0	38,2	14,7
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	233,9	1,958	0,636	0,461	1098,6	9,4	38,5	14,8

Приложение – 19 Урожайность ячменя озимого при внесении макроудобрений

Вариант	Урожайность по годам, т/га				Прибавка	
	2017	2018	2019	средняя	т/га	%
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,09	4,42	4,34	4,28	-	-
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,58	5,45	5,95	5,33	1,05	24,53
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	4,25	4,51	5,01	4,59	0,31	7,24
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	4,15	4,49	5,09	4,58	0,30	7,01
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	4,90	5,71	6,31	5,64	1,36	31,78
6. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	4,87	5,69	6,19	5,58	1,30	30,37
7. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	4,49	4,50	5,10	4,70	0,42	9,81
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	5,17	6,07	6,57	5,94	1,66	38,78
9. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	4,62	5,22	5,82	5,22	0,94	21,96
10. N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	4,81	5,73	6,33	5,62	1,34	31,31
11. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	4,61	5,25	5,75	5,20	0,92	21,50
12. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	4,60	5,23	5,83	5,22	0,94	21,96
13. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	4,87	5,78	6,38	5,68	1,40	32,71
14. N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	4,85	5,73	6,33	5,64	1,36	31,78
15. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	4,78	5,24	5,84	5,29	1,01	23,60
16. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	4,99	5,81	6,21	5,67	1,39	32,48
НСП <sub>05</sub>	0,82	0,94	0,88	-	-	-

Приложение – 20 Биометрические показатели растений ячменя озимого при внесении макроудобрений

Вариант	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт./растение	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1-го колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	79,0	1,9	3,4	45,5	1,62	33,2
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	92,9	2,4	4,2	56,6	1,84	36,8
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	82,7	1,9	3,6	47,2	1,69	33,7
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	81,5	1,9	3,5	46,0	1,67	33,4
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	93,0	2,5	4,3	57,3	1,87	36,9
6. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	92,9	2,4	4,2	57,2	1,86	36,7
7. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	83,0	1,9	3,7	47,8	1,70	33,8
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	93,5	2,6	4,9	65,0	1,98	37,3
9. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	84,7	2,3	3,9	52,1	1,76	36,4
10. N <sub>80</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	93,3	2,6	4,8	64,7	1,99	37,1
11. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	85,0	2,4	4,0	53,9	1,78	36,6
12. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	84,9	2,4	4,0	53,6	1,77	35,5
13. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>20</sub>	94,6	2,5	4,7	63,5	1,88	37,0
14. N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	94,0	2,4	4,6	62,8	1,84	36,9
15. N <sub>40</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	85,1	2,4	4,1	53,7	1,79	36,7
16. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	94,8	2,6	4,8	63,8	1,90	37,1
НСП <sub>05</sub>	3,8	0,3	0,8	7,1	0,32	1,2

Приложение – 21 Урожайность ячменя озимого при предпосевном внесении микроудобрений

Вариант	Урожайность, т/га				Прибавка, т/га	
	2018	2019	2020	средняя	к N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	к N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	4,41	4,20	4,55	4,39	-	-
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	6,00	5,82	6,18	6,00	1,61	-
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	6,36	6,16	6,52	6,35	1,96	0,35
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	6,42	6,23	6,57	6,41	2,02	0,41
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	6,40	6,20	6,54	6,38	1,99	0,38
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	6,67	6,45	6,80	6,64	2,25	0,64
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	6,52	6,31	6,67	6,50	2,11	0,50
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	6,54	6,44	6,64	6,56	2,17	0,56
НСП <sub>05</sub>	0,40	0,34	0,33	-	-	-

Приложение – 22 Биометрические показатели растений ячменя озимого при внесении микроудобрений

Вариант	Высота растений, см	Продуктивная кустистость, шт./растение	Длина колоса, см	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1-го колоса, г	Масса 1000 зерен, г
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	82,5	1,8	3,5	45,3	1,60	33,1
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	93,0	2,2	4,1	56,7	1,76	36,8
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	96,5	2,3	4,3	62,5	1,82	37,0
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	97,0	2,4	4,5	62,2	1,81	37,3
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	96,8	2,2	4,4	61,8	1,79	37,2
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	98,6	2,6	4,8	64,8	1,91	37,6
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	97,2	2,4	4,6	63,6	1,85	37,4
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	97,8	2,5	4,7	64,0	1,88	37,5
НСР <sub>05</sub>	4,0	0,3	0,3	6,4	0,06	1,6



Приложение – 23 Вынос биогенных элементов урожаем ячменя озимого и затраты их на формирование 1 т Зерна при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Вынос, кг/га									Затраты на 1 т зерна, кг		
	солома			зерно			хозяйственный			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
макроудобрения												
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	29,28	11,71	60,18	82,18	21,10	20,54	111,46	32,89	80,72	26,04	7,68	18,86
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	38,49	16,71	76,47	110,86	29,32	26,18	149,35	46,03	102,65	28,02	8,64	19,26
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	32,26	12,21	65,40	89,05	23,87	22,03	121,31	36,08	87,43	26,43	7,86	19,05
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	31,76	12,64	68,74	88,39	23,36	22,90	119,15	36,00	91,64	26,02	7,86	20,01
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	37,19	15,87	76,37	103,88	27,67	26,62	141,07	43,54	102,99	27,02	8,34	19,73
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	44,02	19,19	89,73	124,74	33,26	30,89	168,76	52,45	120,62	28,41	8,83	20,31
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	42,55	17,77	86,18	118,50	32,31	30,05	161,05	49,49	116,23	28,40	8,73	20,50
Микроудобрения												
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	29,61	11,68	57,55	85,17	21,95	20,63	114,78	33,63	78,18	26,14	7,66	17,81
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	44,46	19,38	84,36	126	33	31,87	170,46	52,38	116,23	28,41	8,73	19,37
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	46,45	17,49	89,88	134,62	35,56	33,66	181,08	52,94	123,54	28,52	8,34	19,46
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	46,28	19,44	91,96	137,17	36,54	33,97	183,45	56,03	125,93	28,62	8,74	19,56
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	45,46	18,18	90,92	135,89	37	34,45	181,35	55,18	125,37	28,42	8,85	19,65
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	45,42	18,29	90,51	143,42	39,84	35,86	188,84	58,13	132,37	28,44	8,75	19,94
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	46,31	19,14	93,86	139,1	37,7	34,45	185,41	56,84	128,31	28,52	8,74	19,74
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	46,12	18,7	95,35	141,04	38,7	35,42	187,16	57,4	130,77	28,53	8,75	19,93

Приложение – 24 Использование растениями ячменя озимого азота, фосфора и калия из удобрений, %

Вариант	Азот (N)	Фосфор (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Калий (K <sub>2</sub> O)
Макроудобрения			
1. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	74,0	35,5	111,4
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	71,6	32,6	99,8
3. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	41,3	18,4	59,2
Микроудобрения			
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	69,6	31,2	95,1
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	82,9	32,2	113,4
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	85,8	37,3	119,4
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	83,2	35,9	118
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	92,6	40,8	135,5
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	88,3	38,7	125,3
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	90,5	39,6	131,5

Приложение – 25 Качество зерна ячменя озимого при внесении макро- и микроудобрений

Вариант	Содержание, %			Пленчатость, %	Сбор белка кг/га
	белка	крахмала	зола		
Макроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	10,9	59,0	3,3	10,9	466,5
2. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	11,8	64,0	3,0	10,3	628,9
3. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	11,0	60,5	3,1	10,7	504,9
4. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	11,0	60,0	3,2	10,8	503,8
5. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	11,3	64,0	3,1	10,6	589,9
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	12,0	63,5	3,0	10,2	712,8
7. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	11,9	63,5	3,0	10,1	674,7
Микроудобрения					
1. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	11,0	59,0	3,3	10,8	482,9
2. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	12,0	63,5	3,0	10,2	720,0
3. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> B <sub>4</sub>	12,1	64,5	2,8	9,6	768,4
4. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Co <sub>4</sub>	12,2	64,0	3,0	10,1	782,0
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mn <sub>4</sub>	12,1	64,5	3,0	10,0	772,0
6. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Cu <sub>4</sub>	12,3	65,0	2,9	9,9	816,7
7. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Mo <sub>4</sub>	12,2	64,5	2,7	9,7	793,0
8. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub> Zn <sub>4</sub>	12,2	64,5	2,9	9,8	800,3

Приложение – 26 Экономическая эффективность применения макро- и микроудобрений на посевах ячменя озимого

Вариант	Прибавка урожайности, т/га	Стоимость прибавки, руб./га	Дополнительные затраты, руб./га	Условно чистый доход, руб./га	Окупаемость затрат руб./руб.	Норма рентабельности, %
Макроудобрения						
1. N <sub>80</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	1,05	5250	3890	1360	0,34	35,0
2. N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>0</sub>	0,31	1550	1310	240	0,18	18,3
3. N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>40</sub>	0,30	1500	1280	220	0,17	17,2
4. N <sub>40</sub> P <sub>30</sub> K <sub>20</sub>	0,94	4700	3120	1580	0,51	50,6
5. N <sub>80</sub> P <sub>60</sub> K <sub>40</sub>	1,66	8300	5280	3020	0,57	57,2
6. N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>60</sub>	1,39	6950	4680	2270	0,48	48,5
Микроудобрения						
1. B <sub>4</sub>	0,35	1350	1080	270	0,25	25,0
2. Co <sub>4</sub>	0,41	2050	1550	500	0,32	32,2
3. Mn <sub>4</sub>	0,38	1900	1490	410	0,28	27,5
4. Cu <sub>4</sub>	0,61	3050	2140	910	0,42	42,5
5. Mo <sub>4</sub>	0,50	2500	1820	680	0,37	37,4
6. Zn <sub>4</sub>	0,56	2800	2020	780	0,39	38,6