

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»

На правах рукописи

Гоман Наталья Викторовна

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ
ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ
В ЛЕСОСТЕПИ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор
И.А. Бобренко

Омск – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ (обзор литературы)	15
1.1 Управление питанием растений на основе комплексной диагностики.....	15
1.2 Химический состав растений как следствие уровня минерального питания	21
1.3 Действие микроудобрений на урожайность и качество зерновых культур...	28
1.4 Управление азотным питанием с помощью некорневых подкормок.....	39
2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	44
2.1 Объекты исследований.....	44
2.2 Агрометеорологические условия проведения исследований.....	46
2.3 Почвы опытных участков.....	53
2.4 Методика полевых и лабораторных исследований.....	56
2.4.1 Методика полевых опытов.....	56
2.4.2 Методика лабораторных исследований.....	64
3 ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ.....	66
3.1 Способы применения Zn-удобрений.....	67
3.2 Обработка семян микроудобрениями (Zn, Cu, Mn)	70
3.3 Способы применения хелатов Zn и Cu.....	73
3.4 Химический состав растений.....	79
3.5 Потребление элементов питания урожаем	92
3.6 Качество зерна.....	96
4 ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР	110
4.1 Способы применения Zn-удобрений.....	110
4.1.1 Озимая пшеница.....	110
4.1.2 Озимая рожь.....	112
4.1.3 Озимое тритикале.....	114

4.2 Обработка семян микроудобрениями (Zn, Cu, Mn).....	116
4.2.1 Озимая пшеница.....	116
4.2.2 Озимая рожь.....	118
4.2.3 Озимое тритикале.....	119
4.3 Химический состав растений	121
4.4 Потребление элементов питания урожаем	130
4.5 Качество зерна.....	133
4.5.1 Озимая пшеница.....	133
4.5.2 Озимая рожь.....	139
4.5.3 Озимое тритикале	145
5 ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР	149
5.1 Применении листовых азотных подкормок яровой пшеницы.....	150
5.1.1 Урожайность яровой пшеницы	150
5.1.2 Химический состав растений.....	153
5.1.3 Потребление элементов питания урожаем.....	156
5.1.4 Качество зерна.....	159
5.2 Способы применения и формы азотных удобрений под яровую пшеницу и ячмень	162
5.2.1 Урожайность яровой пшеницы и ячменя при применении листовых азотных подкормок.....	162
5.2.2 Качество зерна	168
6 ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	173
6.1 Яровая пшеница.....	174
6.1.1 Урожайность яровой пшеницы.....	174
6.1.2 Качество зерна.....	179
6.2 Яровой ячмень.....	182
6.2.1 Урожайность ячменя	182

6.2.2 Качество зерна.....	185
7 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ	187
7.1 Управление питанием зерновых культур на основе метода почвенной диагностики	187
7.2 Управление питанием зерновых культур на основе метода растительной диагностики	197
7.3 Управление питанием зерновых культур на основе показателей агрономической эффективности.....	214
7.4 Нормативные показатели потребности растений в элементах минерального питания и расчет доз удобрений на их основе	219
8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА.....	233
8.1 Экономическая эффективность	233
8.2 Агроэнергетическая эффективность	240
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	245
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	250
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	251
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	295

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

N – азот удобрений и растений

N-NO₃ – нитратный азот (почвы)

P₂O₅ – подвижный фосфор (в почве), фосфор удобрений и растений

K₂O – подвижный калий (в почве), калий удобрений и растений

N-удобрений – азотные удобрения

Zn-удобрений – цинковые удобрения

Mn-удобрений – марганцевые удобрения

Cu-удобрений – медные удобрения

КАС – карбидно-аммиачная смесь

Д – доза удобрения

З – запас элементов в почве

Кд – коэффициент действия

Н – норма потребления элементов на создание единицы урожая

Мн – минимальная норма потребления

Сн – степень нуждаемости

Со – содержание оптимальное

Сф – содержание фактическое

П – плановая прибавка урожая

ПУ – плановая урожайность

Киу – коэффициент использования элементов питания из удобрений

Кип – коэффициент использования элементов питания из почвы

Nт – азот текущей нитрификации

Аэ – агрономическая эффективность

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Важное значение зерновых в растениеводстве определяется высокой ценностью их урожая и возможностью разностороннего использования. На долю зерновых культур приходится более 87 % площади пашни региона (Система ..., 2020).

Формирование стабильного экономически и экологически обоснованного урожая зависит от эффективности биохимических процессов в созревающем зерне злаковых культур, которые зависят от обеспеченности растений элементами минерального питания, их в доступной для растений форме в почве часто не хватает. Существенным фактором нарушения функционирования агроценозов является несбалансированное поступление в них макро- и микроэлементов. При этом снижается величина урожая и качество получаемой растениеводческой продукции. Химический состав и урожайность культурных растений зависит от плодородия почв и используемых удобрений. Поэтому для получения высоких и качественных урожаев зерновых культур требуется установление их связей и закономерностей в системе почва-растение и реакции вида растений (Сычев В.Г., Ефремов Е.Н., Романенков В.А., 2013).

Применение удобрений должно быть строго нормированным. Реализация этого принципа возможна лишь при наличии сведений по оптимальному содержанию и соотношению элементов питания в почве и растительной продукции, что позволяет управлять минеральным питанием с использованием методов почвенной и растительной диагностики (Бобренко И.А., 2004).

Для получения устойчивых урожаев высококачественного зерна необходимо оптимизировать условия минерального питания растений в течение вегетации с учетом физиологических особенностей растений, особенно в те фазы роста и развития, когда происходит заложение основных элементов продуктивности и формирование качественных показателей зерна. Для этого необходимо применения подкормок, в первую очередь азотных (Минеев В.Г. и др., 2017).

Наука и практика располагают обширным материалом, доказывающим, что при недостатке в почве доступных форм микроэлементов сельскохозяйственные

культуры дают невысокие урожаи. Одними из основных таких элементов являются марганец, цинк и медь (Орлова Э.Д., 1968; Бобренко И.А., 2004; Битюцкий Н.П., 2005; Сычев В.Г. и др., 2008, 2009, 2015; Азаренко Ю.А., Красницкий В.М., Ермохин Ю.И., 2010; Азаренко Ю.А., 2020).

Для управления продукционными процессам растений нашли свое применение стимуляторы роста. Характерной особенностью большинства из них является избирательность действия не только на различные виды растений, но и на различные органы и ткани растительного организма. Стимуляторы роста в настоящее время являются важной частью технологий возделывания зерновых культур (Васин В.Г., Бурунов А. Н., Васин А. В., 2019; Исайчев В.А. и др., 2023).

Степень разработанности темы. Отдельные аспекты удобрения яровых и озимых зерновых культур на черноземных почвах юга Западной Сибири освещены в работах А.З. Ламбина (1948, 1957), А.Е. Кочергина (1965, 1980), Е.Д. Волкова (1968), Л.Ф. Карчевского (1969), Н.К. Болдырева (1961, 1972), Г.П. Гамзикова (1981, 2013), Н.Ф. Кочегаровой (1985, 1988), О.Т. Ермолаева (1990), И.Ф. Храмова (1997), О.А. Шубина (2008), М.А. Ли (2009), Н.А. Воронковой и др. (2020), В.А. Волковой (2021) и др. Вопрос определения оптимальных доз удобрений, обеспечивающих высокие урожаи зерна в количественном и качественном отношении, имеет первостепенное значение. В связи с этим весьма актуальным является исследование закономерностей поведения макро- и микроэлементов в системе «почва - удобрение - растение», их влияния на величину, качество зерна и их прогноз на основе комплексной (почвенно-растительной) диагностики.

Ранее в регионе не изучалось применение азотных подкормок при различных технологиях их использования (однократное и двукратное применение в течение вегетации на различных фонах по обеспеченности минеральным питанием), формы применяемых N-удобрений. Работами различных ученых отмечается, что регуляторы роста способствуют улучшению минерального питания зерновых культур в различных климатических зонах. В тоже время на лугово-черноземных почвах в условиях юга Западной Сибири их использование изучено недостаточно.

В связи с этим данные исследования по управлению питанием зерновых культур и плодородием почв с помощью применения микроудобрений, азотных удобрений и регулятора роста с учетом установленных наиболее эффективных доз, нормативных агрохимических параметров комплексной диагностики дадут возможность оптимизировать питание растений с целью получения высокого и качественного урожая.

Цель исследований – разработать нормативные параметры для управления минеральным питанием растений зерновых культур на основе комплексной диагностики применением удобрений и стимулятора роста на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири.

Задачи:

- изучить действие микроудобрений на величину и качество урожая зерновых культур (пшеницы яровая и озимая, рожь озимая, тритикале озимое);
- установить оптимальные дозы Zn-удобрений в допосевное внесение и оптимальные дозы Zn-, Cu- и Mn-удобрений при обработке семян зерновых культур, оптимальные дозы хелатных форм Zn- и Cu-удобрений при применении в различные фазы роста яровой пшеницы;
- выявить связь между химическим составом почвы, дозами Zn-удобрений, величиной и качеством урожая зерновых культур;
- изучить действие некорневых азотных подкормок на величину и качество урожая зерна яровой пшеницы, сравнить применение форм N-удобрений при возделывании зерновых культур (пшеница яровая и ячмень яровой);
- установить влияние стимуляторов роста на величину и качество урожая зерновых культур (пшеница яровая и ячмень яровой) по различным предшественникам;
- изучить взаимосвязь макро- и микроэлементов при поступлении их в растения на разных этапах развития растений;
- разработать схемы управления питанием зерновых культур на основе установленных оптимальных уровней содержания и соотношения макро- и микроэлементов в растениях, нормативных агрохимических показателей потребности рас-

тений в элементах питания, их использования из почвы и удобрений, интенсивности действия единицы удобрений на химический состав почвы;

– дать оценку эффективности применения удобрений и регулятора роста.

Объекты и предмет исследований. Объектами исследований являлись: почва лугово-черноземная, зерновые культуры (пшеница яровая, пшеница озимая, рожь озимая, тритикале озимое, ячмень), минеральные удобрения (азотные, фосфорные, калийные, цинковые, медные, марганцевые), регулятор роста растений Зеребра Агро. Предметом является исследование по совершенствованию системы управлением питанием зерновых культур на основе комплексной диагностики в 2007-2021 гг.

Научная новизна. В условиях лесостепи Западной Сибири усовершенствованы схемы систем питания зерновых культур. Выявлено действие удобрений на величину и качество урожая зерна; установлены оптимальные уровни содержания цинка в черноземных почвах; определены уровни содержания и соотношения N, P, K, Mn, Zn, Cu в растениях (пшеница яровая и озимая, рожь озимая, тритикале озимое) в зависимости от вида, фазы развития; установлена взаимосвязь элементов при поступлении их в растения и урожайностью.

Исследовано применение хелатных форм Zn- и Cu-удобрений при различных способах применения (обработка семян и листовая подкормка в различные фазы), их влияние на качество зерна урожая яровой пшеницы.

Установлены оптимальные способы применения некорневых азотных подкормок на различных фонах минерального питания яровой пшеницы, проведена сравнительная оценка эффективности различных форм N-удобрений в основное внесение и подкормку, определены лучшие дозы стимулятора роста Зеребра Агро с учетом предшественника при возделывании яровых пшеницы и ячменя.

Установлены математические зависимости действия удобрений на концентрацию и соотношение N, P, K, Mn, Zn, Cu в растениях, на основе которых предложены нормативные агрохимические параметры, позволяющие создать систему управления минеральным питанием растений на основе комплексной диагностики зерновых культур.

Теоретическая и практическая значимость работы. Выявленные закономерности в системе «почва-удобрение-растение» дают возможность оптимизировать удобрением поступление макро- и микроэлементов в растения зерновых культур (пшеница яровая и озимая, рожь озимая, тритикале озимое), создавая сбалансированное питание с помощью использования установленных нормативных параметров комплексной диагностики, и тем самым управлять эффективным плодородием почвы, формированием величины и качества урожая зерновых культур. Теоретической основой для управления питанием растений с учетом потребности культур, уровня плодородия почвы являются установленные количественные связи основных агрохимических показателей почвы с видами и дозами удобрений, их эффективностью и урожайностью.

Установлены наиболее эффективные дозы применения стимулятора роста с учетом предшественника, использование которых при возделывании яровой пшеницы и ячменя оптимизирует развитие растений.

Комплексный метод управления минеральным питанием зерновых культур используется при применении удобрений в качестве допосевного (основного) и послепосевного (подкормки). Установленные параметры минерального питания растений позволяют оптимизировать питание применением расчетных доз удобрений для получения высоких агрономически и экономически обоснованных урожаев зерна в условиях юга лесостепи Западной Сибири.

Разработаны практические рекомендации по управлению минеральным питанием зерновых культур на основе разработанных нормативных показателей комплексной диагностики, обеспечивающие оптимальные условия при производстве зерна применением макро- и микроудобрений, стимулятора роста растений.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на изучении научной литературы отечественных и зарубежных авторов.

Методы исследований: теоретические – обработка результатов исследований методами статистического, корреляционного и регрессионного анализов; эмпирические – полевые опыты, графическое и табличное представление результатов.

Положения, выносимые на защиту:

- применение Zn-удобрений обеспечивает увеличение урожайности зерновых культур в оптимальных дозах в основное внесение яровой пшеницы до 22,2 %, озимых пшеницы – до 32,8 %, ржи – 11,85 %, тритикале – 18,3 %; при обработке семян соответственно до 9,8 %; 31,3; 13,5 и 6,8. Способы применения при этом по эффективности равнозначны;
- использование Zn-, Cu- и Mn-удобрений в оптимальных дозах увеличивает урожайность зерна при обработке семян яровой пшеницы до 24,5 %, озимых пшеницы – 21,3 %, ржи – 12,8 %, тритикале – 11,8 %;
- применение Zn- и Cu-удобрений в форме хелатов позволяет увеличить урожайность яровой пшеницы до 17,3 % при обработке семян, 16,8 % при листовой подкормке в фазу кущения и до 9,1 % при листовой подкормке в фазу выхода в трубку;
- некорневые азотные подкормки при возделывании районированных сортов яровой пшеницы обеспечивают увеличение урожайности зерна до 6,25...10,8 %, формы N-удобрений (карбамид, аммиачная селитра, КАС) имеют одинаковую агрономическую эффективность при допосевном и послепосевном использовании под яровые пшеницу и ячмень;
- стимулятор роста Зеребра Агро при применении некорневой подкормкой в фазу кущения яровой пшеницы и ячменя первой культурой после пара повышает урожайность до 9,6 и 18,0 %, второй культурой – до 8,2 и 18,7 % соответственно;
- установленные зависимости позволяют прогнозировать качество зерна по химическому составу растений в ранние фазы развития;
- использование схемы управления питанием зерновых культур на основе агрохимических параметров комплексной диагностики питания (оптимальное содержание подвижных элементов в почве, затраты элементов питания на создание 1 тонны урожая, коэффициенты интенсивности действия единицы удобрения на содержание элементов почвы, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений, величина азота текущей нитрификации, оптимальное содержание и

соотношение элементов в растениях, минимальная доза потребления) и апробированные формулы расчета обеспечивают допосевное и послепосевное внесение удобрений в оптимальных дозах.

Степень достоверности и апробация результатов. Обоснованность, достоверность логических выводов и рекомендаций производству определена точностью аналитических работ, подтверждена математической обработкой данных методами регрессионного и дисперсионного анализов, публикацией 27 основных статей в изданиях, включенных в Перечень ВАК, 7 статей – в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) и «Скопус» (Scopus), их апробацией на конференциях, подтверждена актами внедрения.

Результаты исследований были представлены докладами и обсуждены на Национальных научно-практических конференциях: «Материально-техническое обеспечение АПК России: импортозамещение, перспективы и опыт корпорации «Енисей» (Омск, 2014), «Экологические проблемы региона и пути их решения» (Омск, 2016), «Агрометеорология и сельское хозяйство: история, значение и перспективы» (Омск, 2016), «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий» (Новосибирск, 2017), «Перспективы производства продуктов питания нового поколения» (Омск, 2017); I региональной молодых ученых и обучающихся посвященной 100-летию Омского ГАУ «Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов» (Омск, 2018), «Современные достижения селекции растений - производству» (Ижевск, 2021), посвященной 100-летию Кубанского ГАУ «Стратегии и векторы развития АПК» (Краснодар, 2021), «Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы» (Омск, 2022), «Инновации и современные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (Курган, 2022); Международных конференциях: посвященной 45-летию факультета агрохимии, почвоведения и экологии Омского ГАУ (Омск, 2009), «Диагностика и управление минеральным питанием растений» (Омск, 2010), «Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий» (Горно-Алтайск, 2011), «Инновационные разработки молодых учёных – развитию агропромышленного ком-

плекса» (Ставрополь, 2013, 2014), «Научные перспективы XXI века: достижения и перспективы нового столетия (Новосибирск, 2014), посвященной 60-летию освоения целинных земель «Исторические аспекты, состояние и перспективы развития земледелия в Сибири и Казахстане», «Всемирный день охраны окружающей среды» (Омск, 2017-2022), посвященной 100-летию кафедры растениеводства, кормопроизводства и агротехнологий (Воронеж, 2019), «Advances in Social Science, Education and Humanities Research. The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro-Industrial Sector» (Омск, 2019), «Современное состояние и проблемы рационального использования почв Сибири» (Омск, 2020), «Актуальные проблемы научного обеспечения земледелия Западной Сибири» (Омск, 2020), «Перспективные технологии в аграрном производстве: человек, «цифра», окружающая среда (AgroProd 2021)» (Омск), и опубликованы в 84 печатных работах (44,5 печатных листа), в том числе 27 статей в ведущих рецензируемых научных журналах, 7 – в изданиях, индексируемых в базах данных «Сеть науки» (Web of Science Core Collection) и «Скопус» (Scopus), 3 – рекомендации производству. Результаты научных исследований внедрены в хозяйствах ООО «РУСКОМ-Агро» (2016, 2017, 2019, 2022, 2023), ООО «ЭйтиТрейд» (2020), ООО «Молочный завод «Кормиловский» (2019), Омской области на площади 21809 га, используются в учебном процессе (приложения 70-78).

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 8 глав, выводов, предложений производству, списка литературы. Она изложена на 420 страницах и содержит 87 таблиц, 23 рисунка и 78 приложений. Список литературы включает 421 наименование, из них 53 – иностранных авторов.

Личный вклад. В основу работы положены собственные исследования автора, принимала непосредственное участие в составлении методики исследований, проведении опытов, наблюдениях в полевых и лабораторных условиях, обобщении и анализе экспериментальных данных, написании диссертации.

Автор выражает искреннюю благодарность: за неоценимую помощь доктору сельскохозяйственных наук, профессору Игорю Александровичу Бобренко; за помощь в исследованиях кандидатам сельскохозяйственных наук, доцентам В.П. Кормину, В.И. Поповой, Е.П. Болдышевой, В.В. Поповой, аспиранту М.В. Ивановой, лаборантам и студентам ФГБОУ ВО Омский ГАУ; доктору сельскохозяйственных наук, профессору, член-корреспонденту РАН Р.И. Рутцу и кандидату сельскохозяйственных наук А.Н. Ковтуненко (ФГБНУ «Омский АНЦ»), сотрудникам ФГБУ «ЦАС «Омский».

1 ПОВЫШЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПИТАНИЯ

(обзор литературы)

1.1 Управление питанием растений на основе комплексной диагностики

Современные интенсивные технологии выращивания сельскохозяйственных культур предполагают внесение удобрений. Однако однократным внесением удобрений перед посевом нельзя полностью удовлетворить изменяющиеся потребности растений, поэтому была разработана применительно к различным почвенно-климатическим зонам система удобрения зерновых культур, которая включает допосевное (основное), припосевное и послепосевное (подкормку) использование удобрений (В.Г. Минеев и др., 2017). При этом применение удобрений в конкретный срок должно быть обоснованным.

Рациональное использование удобрений невозможно без учета запаса в почве усвояемых растениями питательных веществ. Этот учет осуществляется на основе использования разнообразных агрохимических методов анализа почвы, которые позволяют более экономно и более эффективно применять удобрения. При оценке этих методов Д.Н. Прянишников (1963) отметил, «что методы химического анализа «будучи вполне строгими, когда речь идет об определении содержания того или иного вещества в почве, становятся условными, когда хотят получить ответ об усвояемых веществах почвы и об отзывчивости культуры на применение удобрения». Эта условность обусловлена тем, что на основании имеющихся в почве в данный момент соединений осуществляется предсказание результата, зависящего и от энергии микробиологических процессов, и от энергии развития самого растения, а значит, и от условий погоды. «Ясно, что желать точного определения химическим анализом того, чего в почве еще нет, невозможно, можно только учитывать приблизительно, имеются ли данные, обеспечивающие нормальное течение процессов в будущем, или нет ли в составе почвы препятствий осуществлению этого процесса в случае, если остальные факторы сложатся благоприятно»» (Прянишников Д.Н., 1963).

«В работах по диагностике условий питания растений преобладает мнение о том, что данные почвенных анализов не могут в полной мере отразить обеспеченность растений в элементах питания и явиться точным показателем эффективного почвенного плодородия. Вытяжки из почвы не позволяют учесть всех взаимоотношений между растением и почвой, ввиду отличия активности ионов на поглощающей поверхности корня от активности ионов в растворе» (Lundegardh Н., 1951). Кроме того, никакая вытяжка из почвы не может учесть биологические и биохимические особенности каждой культуры и связанную с ними избирательную способность растений, заключающуюся в поглощении различного количества элементов питания в зависимости от фазы роста и развития (Сабинин Д.А., 1971; Н.К. Болдырев, 1972; Церлинг В.В., 1990; Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанова Т.М., 2017).

Почвенными анализами более или менее удовлетворительно можно выявить лишь почвы исключительно бедные каким-либо питательным веществом или исключительно богатые им, с точностью до 80 %. О большой группе почв промежуточного плодородия приходится судить с большой неопределенностью.

Мониторинг за состоянием возделываемой культуры и химический анализ растения является более точным методом изучения обеспеченности и потребности культуры в питательных веществах, нежели почвенный анализ. Так, Н. Lundegardh в начале исследований по диагностированию питания растений считал «необходимым для получения достоверных данных об уровне почвенного плодородия проводить анализ пахотного слоя почвы и зеленого растительного материала. Более того, в этой работе несколько раз подчеркивается и на большом фактическом материале доказывается положение о том, что метод растительного анализа давал исчерпывающую информацию о состоянии почвенного плодородия, а также результат действия, производимого удобрением в течение вегетационного периода. В то же время химический почвенный анализ в этом отношении не мог конкурировать с анализом растений» (Lundegardh Н., 1951).

Поэтому нужно:

- установить взаимосвязь между содержанием доступных растениям питательных веществ, найденных с помощью химического анализа почвы, и урожаем зерна в опытах с применением удобрений. По мнению Д.Н. Прянишникова (1963) «нельзя переносить ни одного химического метода анализа почвы в новую область с иным почвенным типом, для которого еще не было проведено сопоставления с полевым опытом»;

- сопоставить между собой взаимосвязь между данными химического анализа почвы, отзывчивостью растений на применение удобрений и зависимость между химическим составом растений и урожайностью.

Такое сопоставление позволяет, во-первых, проверить правильность или пригодность тех параметров, которые установлены для почвенного и растительного методов анализов в конкретных условиях данной почвенно-климатической зоны и в случае каких-либо отклонений внести соответствующие коррективы, во-вторых, позволяет найти и рекомендовать для применения более точный метод диагностирования условий питания.

Применение метода растительной диагностики питания и качества урожая вместе с полевыми опытами показало, что такое сочетание повышает научную ценность последних, так как растительная диагностика позволяет (Н.К. Болдырев, 1972; Церлинг В.В., 1990; Бобренко И.А., 2004):

- диагностировать состояние минерального питания культур и рассчитывать дозы удобрений для послепосевного внесения;
- осуществлять точный прогноз качества продукции растениеводства и в случае необходимости рекомендовать применение соответствующих подкормок для улучшения качества зерна;
- объяснить действие удобрений на урожай и качество зерна задолго до уборки и предвидеть возможную отзывчивость растений на внесение того или другого минерального удобрения в текущем или в следующем году;
- распространить путем научно-обоснованных интерполяций результаты опытов с удобрениями, полученными на одном поле, на другие окружающие поля;

- повысить точность прогноза, нуждаемости растений в удобрениях, сделанного по химическому анализу почвы;
- выявить пестроту плодородия и др.

Вместе с тем необходимо отметить, что отдельное использование почвенной и растительной диагностик не может обеспечить эффективное применение удобрений перед посевом и в течение вегетации культур. Поэтому актуальны исследования по управлению минеральным питанием культур на основе совместного применения почвенной и растительной диагностики (комплексной диагностики). Этими вопросами занимались Н.К. Болдырев (1962, 1972), В.В. Церлинг (1962, 1990), Ю.И. Ермохин (1995), С.А. Шафран (2000), И.А. Бобренко (2004), И.И. Ельников (2011) и др.

Н.К. Болдырев разработал «комплексный метод диагностики питания злаковых, зернобобовых, масличных и овощных культур который включает: листовую диагностику питания сельскохозяйственных культур; химический состав урожая (N, P, K) этих же растений; определение эффективных питательных веществ в почве, расчет доз и лучшего соотношения их в удобрениях; прогноз возможной прибавки урожая от внесения удобрений; листовую диагностику величины урожая. Изучение зависимости величины урожая от уровня содержания питательных элементов в листьях позволило установить показатели «критических» уровней питания (нормальное содержание элементов в листьях), а также оптимальное соотношение между ними, которые обеспечивают получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур в Западной Сибири. По содержанию азота в листьях в фазу цветения и по соотношению N: P₂O₅ им разработаны уровни азотного питания яровой пшеницы, формулы прогноза урожая и содержания азота в зерне, а также разработан критерий нуждаемости растений в азотной подкормке в фазу цветения и в основном удобрении на следующий год. Им приводятся уравнения для определения количества эффективных питательных веществ почвы и возможной величины урожая культур в расчете на ожидаемые погодные условия, а также уравнения уравнивания питательных веществ почвы; приводятся коэффициенты использования питательных веществ почвы злаковыми культурами на обыч-

новенном и выщелоченном черноземах южной лесостепи Омской области» (И.А. Бобренко, 2021).»

«Н.К. Болдырев (1961, 1962, 1963, 1968, 1979, 1986) на протяжении всей своей творческой деятельности проводил исследования по данной проблеме, разрабатывая и совершенствуя комплексный подход к диагностике минерального питания различных сельскохозяйственных культур, который основан на использовании агрохимических параметров:

- вынос элементов питания на единицу продукции;
- коэффициент использования питательных веществ из почвы и удобрений;
- оптимальные содержание и соотношение доступных форм питательных веществ почвы;
- оптимальное содержание и соотношение элементов в растениях по основным фазам роста, характеризующие сбалансированное питание;
- оптимальное соотношение между основными элементами в конечной продукции и наличие взаимосвязи между этими показателями в урожае и растениях;
- нормативные затраты элементов питания для увеличения их содержания в листьях или в пахотном слое почвы;
- величина минимальной дозы для расчета ориентировочных доз удобрений;
- математические уравнения, связывающие эти показатели с дозами применения допосевного и послепосевного удобрения, возможностью прогнозирования их эффективности с величиной и качеством урожая сельскохозяйственных культур» (Бобренко И.А., 2021).

Н.К. Болдыревым (1972) установлено, «что наличие азота в вегетирующих листьях пшеницы оказывает определяющее влияние на белковость зерна. Поэтому важно иметь высокое содержание азота к периоду цветения, а также повышенное содержание в листьях аминного азота. Изучая зависимость между химическим составом листьев, урожаем и качеством зерна яровой пшеницы он приходит к заключению, что метод анализа листьев позволяет использовать данные нуждаемости растений в удобрениях не только после снятия урожая, но и в год взятия пробы растения с тем, чтобы повысить качество зерна».»

«Автор приводит уравнение уравновешенного питания яровой пшеницы, которое характеризовалось соотношением процентного содержания питательных элементов в листьях пшеницы в конце цветения. При этом если содержание азота в листьях в конце цветения достигает «критического уровня», а соотношение между азотом и фосфором (P_2O_5) больше 5, то растения пшеницы не нуждаются в азоте и испытывают потребность в фосфоре. Если это соотношение ниже 5, то растения имеют избыток фосфора и нуждаются в азоте. Использование «критических уровней» питания вместе с установленными соотношениями между основными протоплазматическими элементами (N и P_2O_5) позволило определить недостаток в элементах питания, прогнозировать действие минеральных удобрений на урожай зерна, осуществлять достаточно точный прогноз его качества. Это говорит о том, что «...листовая диагностика не только объясняет результаты полевого опыта, но и поднимает эмпирическое экспериментальное до уровня научного прогноза». В период цветения он установил прямую корреляцию между содержанием азота в листьях и азотом зрелого зерна и дал ей математическое выражение. Это позволило прогнозировать качество зерна по содержанию азота и определить необходимость проведения азотной подкормки» (Бобренко И.А., 2021).

Комплексное применение листовой диагностики и химического анализа почвы на содержание доступных в ней питательных веществ позволило установить, что показатели обеспеченности растений фосфором не связаны с уровнем обеспеченности растений азотом и не могут механически переноситься для использования в черноземной зоне Западной Сибири.

В связи с этим были установлены согласованные с данными растительного анализа и отзывчивостью культуры показатели «нормального питательного состава» пахотного горизонта почвы, взятой перед посевом, характеризующие отсутствие нуждемости растений пшеницы во внесении азотных и фосфорных удобрений.

В дальнейшем под руководством Ю.И. Ермохина (1983, 1995) комплексная диагностика минерального питания при этом получила дальнейшее развитие. Научной школой Омского ГАУ разработана «Интеграционная система почвенно-

растительной оперативной диагностики питания сельскохозяйственных культур», которая позволяет осуществлять оптимизацию питания как направленного способа воздействия на формирование величины и качества урожая. Она состоит из трех блоков:

1. установление обеспеченности растений элементами до посева на основе почвенной диагностики,
2. контроль питания растений в период их активного роста и развития на основе растительной диагностики,
3. прогнозирование величины и качества продукции на основе анализов растений и почвы.

1.2 Химический состав растений как следствие уровня минерального питания

Зависимость химического состава растений от внешнего запаса питательных элементов весьма сложна. При внесении удобрений в различных дозах и сочетаниях значительно нарушается соотношение питательных веществ в почве, которое вызывает существенные изменения в составе растений, связанные с взаимным влиянием одного элемента растения на поглощение и использование растением другого. В связи с этим возникает необходимость в изучении поглощения минеральных элементов растением; в установлении количественной зависимости между поглощением элементов питания и продуктивностью растений (Boyton D., Compton O., 1945; Коларжик И., 1959; Chumbtey C., 1971; Ильин В. Б., Сысо А.И., 2001; Церлинг В.В., 1990; Шафран С.А., 2000; Njukeng J.N., Enabe E. E., 2014; Самсонова Н.Е., 2014; Есаулко А.Н. и др., 2010, 2022 и др.).

Ульрих А. (1964) отмечал, «что химический состав растений не является чем-то постоянным, консервативным, он очень динамичен и зависит от целого ряда факторов внешнего и внутреннего порядка. в полевой обстановке на внутреннюю концентрацию питательного элемента в растении (X) влияют: почва (П), климат (К), вид растения (Р), агротехника (А) и т.д.: $X = f(П, К, Р, А \dots)$. Эти факторы, влияя на химический состав растения, оказываются решающими в фор-

мировании урожая. Урожайность (Y), в связи с этим представляется функцией от содержания элементов в растениях ($X_{расм}$). Выявлена тесная связь между концентрацией элементов питания в растении или отдельном органе и продуктивностью культур: $Y = f(X_{расм})$ ».

Р. Prevot и М. Ollagnier (1956) установили, что с «увеличением дозы питательного вещества, вносимого под растения, концентрация этого вещества в тканях культур возрастает до определенного уровня концентрации, на последующее увеличение растение практически не реагирует, очень большие дозы могут привести к снижению урожая и его качества. Влияние поступившей дозы химического элемента на урожайность культуры описывается квадратической параболой» (рисунок 1.1).

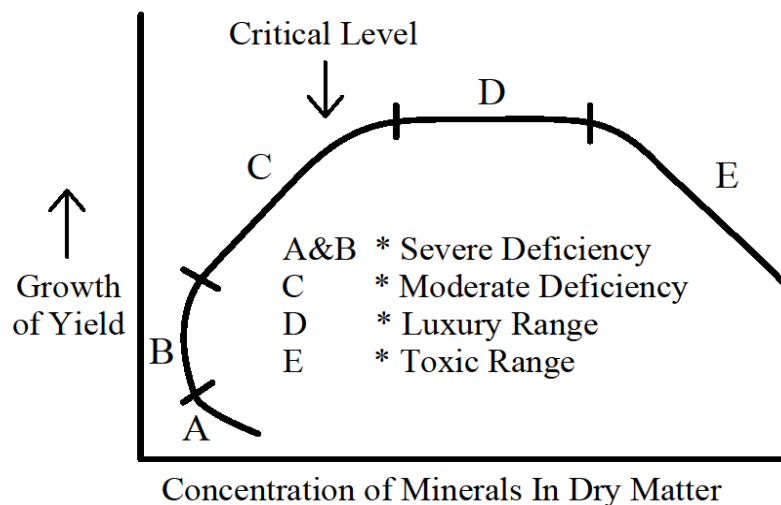


Рисунок 1.1 – Влияние концентрации элемента питания в растении на урожайность культуры: диапазон А и В – критический уровень дефицита элемента; С – лимитирующее действие дефицита элемента; D – оптимальный уровень содержания элемента; E – токсическое действие избытка элемента (Prevot P., Ollagnier M., 1956; P. F. Smith, 1962)

Ниже критического диапазона питание является недостаточным. Диапазон, в котором концентрация питательных веществ в растении увеличивается, но их

продуктивность не увеличивается, считается достаточным диапазоном. В какой-то момент за пределами диапазона достаточности чрезмерные концентрации питательных веществ могут ограничить продуктивность растений, и это диапазон избыточности. При этом количественная оценка влияния отдельных факторов на концентрацию элементов и выявление причин конкретного химического состава растений – сложная задача. Необходимо установить понятия критических и оптимальных уровней питания (Попова В.В., 2021).

Критический уровень (по К.П. Магницкому, 1954, 1965) – концентрация элементов питания в растении, которая почти совпадает с той, при которой обнаруживаются визуальные признаки недостатка питания. При снижении содержания элементов ниже этого уровня урожаи культур снижаются. Ряд авторов предпочитает термин оптимальный уровень питания – это концентрация элементов в почве или растении, которая способствует созданию высокого урожая хорошего качества.

Концепция критического уровня питания широко используется многими исследователями для объяснения данных анализа растений и рекомендаций по применению минеральных удобрений. Сводные данные по критическим (оптимальным) уровням макро- и микроэлементов для многих сельскохозяйственных культур приводятся в работах W. Reuter W., P.F. Smith (1954), P. Prevoit, M. Ollagnier (1956, 1964), К. Боулда (1964), З.И. Журбицкого (1959, 1963), Н.К. Болдырева (1961, 1970, 1972), Chapman H.D. (1964), К.П. Магницкого (1972), Neubert (1982), В.В. Церлинг (1990), Ю.И. Ермохина (1995), E. Epstein, A. J. Bloom (2004), В. Г. Сычева, С. А. Шафрана, Т. М. Духаниной (2017), В.Г. Минеева и др. (2017).

Показатели критических уровней относительно и им соответствуют определенные величины урожаев, которые могут быть получены на определенном почвенно-агротехническом и агрометеорологическом фоне. Поэтому необходимо изучение этих сопутствующих факторов роста, при сочетании которых перестают действовать возрастающие дозы элементов, т.к. только воздействием на эти факторы роста можно добиться повышения урожаев и эффективности удобрений.

«Основоположники растительной диагностики французские ученые Н. Lagatu и L. Maume подчеркивали, что оптимальные уровни не имеют абсолютного значения и заметно изменяются в зависимости от сезона, географического положения и сорта. Однако существуют определенные пределы колебаний, которых следует придерживаться для получения максимального урожая. Они концентрировали внимание на соотношении питательных элементов и ввели термины «количество» и «качество» питания, подразумевая под количеством – содержание, а под качеством питания – соотношение элементов» (цитата по В.В. Церлинг, 1990).

Оптимальное соотношение элементов питания – соотношение при котором создаются благоприятные условия для образования органического вещества в растении. Н.К. Болдырев (1961) полагал, что определенное устойчивое соотношение между N и P в листьях высокопродуктивных растений находится в диапазоне 12 -15 и изменяется в зависимости от культуры, что составляет одну из базовых составляющих физиологической основы метода растительной диагностики. Это объясняется порядком включения питательных элементов в структурные формирования клеток, что обуславливает нормальное протекание биохимических процессов. Определенные оптимальные соотношения имеются между калием и фосфором, азотом и калием.

Поглощение питательных веществ из почвы и их накопление в растении зависит не только от их содержания, но и от их соотношения. Использование соотношения элементов в качестве диагностического параметра без учета их абсолютных концентраций не оправдано, так как концентрация питательных веществ в растении определяется специфическим отношением того или иного элемента к ростовым процессам, например:

- недостаток N ограничивает рост растений, образование меристематических тканей. При этом поглощение других элементов не прекращается;
- недостаток P менее резко сказывается на ростовых процессах растений;
- при недостатке K рост не прекращается, но повышение концентрации иных элементов происходит очень незначительно.

При адсорбции и дальнейшем поглощении ионов протопластом имеют место конкурентные отношения между катионами. Ионы одного и того же знака заряда мешают друг другу при адсорбции, занимая одни и те же отрицательно заряженные участки плазмолеммы. Следствием этого является вытеснение их друг другом с поверхности плазмолеммы. Это явление получило название антагонизма ионов.

Явление антагонизма ионов было отмечено еще Ю. Либихом, он писал: «Может случиться, что в питательных растворах усвоение какого-нибудь особенно нужного растению вещества будет затруднено вторым и третьим веществами, находящимися одновременно в соприкосновении с поверхностью корней растений» (Н.К. Болдырев, 1972).

К.П. Магницкий (1967) отмечал, что повышение содержания Ca и Mg в растении обычно связано с недостаточной обеспеченностью K и наоборот. При обильном калийном питании, K, накапливаясь в тканях растений, тормозит поглощение Ca. По данным В.С. Егорова (1994) «удобрения существенно повышали урожайность яровой пшеницы, при этом содержание Cu в зерне и вегетативной массе снижалось, Zn – изменялось незначительно. Вынос их возрастал в 1,5...2 раза. Вероятно, снижение содержания Cu и отсутствие повышения содержания Zn объясняется «ростовым разбавлением». Концентрация Mn в зерне существенно снижалась, а в вегетативной массе существенно возрастала. Вынос Mn растениями увеличился в 2,5...4 раза. Использование P_{120} с $N_{120}K_{120}$ сопровождалось ростом урожайности и снижением уровня Cu, Mn, Zn в зерне и особенно в вегетативной массе в сравнении с $N_{120}K_{120}$.

В экспериментах содержание N в растениях уменьшалось при недостатке Mn и Zn. В других условиях накопление N в растениях заметно увеличивалось от доз Cu и B. Поглощение растениями P увеличивалось при наличии Cu, Zn, Mo; содержание в растении K снижалось под влиянием Cu, Mn, Zn. Усиление питанием N повышает поступление в растения P, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Cu, Zn; при этом характер воздействия меняется на противоположное при избытке N и зависит от его формы (Ягодин Б.А., Максимова Е.Н., Саблина С.М., 1988; Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И., 2002).

Многие исследователи отмечают отрицательное воздействие P на содержание Zn в растениях (Warnok R.E., 1970; Adriano D.C. и др., 1971, 1986); Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993; Ильин В.Б., Сысо А.И., 2001 и др.). Так, P₆₀₋₁₂₀ на лугово-темно-каштановой почве снижали содержание Zn в растениях яровой пшеницы и ячменя с 12 до 17 мг/кг, уменьшая вынос Zn до 50...55 г/га по сравнению с N-удобрениями, особенно в кущение и трубкование. N₉₀₋₁₂₀ во все фазы развития существенно увеличивал содержание Zn, особенно в кущение и трубкование от 10 до 26 мг/кг и урожайность зерна (2,17...2,66 т/га). K₆₀₋₁₂₀ так же увеличивали содержание Zn на 8...12 мг/кг, особенно до колошения. Использование полного удобрения повышало вынос Zn урожаями (37,3...64,6 г/га, без удобрения – 36,1...39,0), что увеличивает дефицит подвижного Zn (Панин М.С., 1999). При высоких дозах N обнаруживается недостаток Cu, Mn, Zn (В. Фидлер, 1970).

С.А. Grant и L.D. Bailey (1989) в Минитобе (Канада) изучали действие Zn- и P-удобрений на химический состав урожая льна. Для вегетационного опыта использовалось 16 черноземных почв этого района. Лен чрезвычайно чувствителен к дефициту Zn. Предварительные данные показали, что содержание Zn в растениях очень низкое. Почвы этого района имеют высокий уровень pH и высокое содержание кальция и магния, что ведет к уменьшению доступности Zn.

Установлено, что применение одного фосфора увеличивало урожайность льна. Наиболее оптимальной дозой внесения было 100 кг/га фосфора вразброс. Внесение Zn вместе с P было более эффективным по сравнению с применением одного P и привело к снижению содержания P в тканях растений. Концентрация же Zn в растениях была высокой – до 15 мг/г. Внесение фосфорных удобрений снижало концентрацию в растениях Zn и увеличивало P.

В. Lasrtity и I. Kadar (1984) показали, что при внесении высоких доз фосфорных удобрений на карбонатных почвах Венгрии с ограниченным содержанием микроэлементов у растений появляются симптомы их недостаточности. Так, на карбонатном черноземе при дозах P₂O₅ 0...500...1000...1500 кг/га содержание Zn в растениях снижалось в листьях кукурузы в фазу 6-го листа с 30,5 до 20,8 мг/кг, в зерне в период уборки с 34,3 до 20,9. Уменьшилось и соотношение P:Zn с 101,6 до

288,5 и 84,5 до 210,5 соответственно. Это приводило к снижению урожая зерна кукурузы, требовательной к Zn, на 1,0...1,5 т/га (в контроле 4,74 т/га). Поэтому в таких случаях рекомендуется фосфорные удобрения дополнять цинковым удобрением. Это еще раз подтверждает, что нарушение оптимального соотношения макро- и микроэлементов может оказывать такое же негативное действие на урожай и качество продукции, как и нарушение оптимальных доз удобрений.

Д.Н. Дурмановым и М.А. Горшковой (1989) установлены для озимых ржи и пшеницы, яровых пшеницы, ячменя и овса уровни общего содержания питательных веществ в тканях растений, характеризующие потребность в удобрениях по периодам формирования урожая на почвах разных типов. Установлена меньшая зависимость химического состава растений от типа почв, чем от содержания подвижных элементов почвы, что позволило обобщить оптимальные уровни общего содержания N, P, K, Mn, Zn, Cu и Fe в зерновых культурах с целью их использования в любых почвенно-климатических зонах. Сравнение способов расчета доз удобрений на запланированный урожай показало преимущество корректировки рекомендуемых опытными учреждениями доз удобрений по анализу растений.

«Особый интерес представляет антагонизм и синергизм ионов при диагностике питания в целях создания равновесного соотношения элементов в корнеобитаемой среде. Недостаток элементов питания в растениях, обусловленный взаимодействием ионов, часто называют «индуктивным»» (Церлинг В.В., 1990).

По мере расширения знаний о действии и взаимодействии факторов роста и биологии развития растений, а также увеличения возможностей изменения этих факторов на основе новых достижений науки, будет сделан новый скачок урожайности и получены иные показатели «критических уровней» питания, объединяемые со значительно более высокими урожаями сельскохозяйственных культур (Болдырев Н.К., 1972). Поэтому необходимо постоянно исследовать химический состав сельскохозяйственных культур при современных технологиях возделывания и уровнях урожайности с целью выявления и корректировки оптимальных уровней элементов в растениях (Бобренко И.А., 2019).

1.3 Действие микроудобрений на урожайность и качество зерновых культур

Значение микроэлементов в жизни растений разнообразно. Они улучшают обмен веществ, устраняют его функциональные нарушения и содействуют нормальному течению физиолого-биохимических процессов в растениях, влияют на процессы синтеза хлорофилла и повышают интенсивность фотосинтеза. Под действием микроэлементов возрастает устойчивость растений к стрессам (Гоман Н.В., 2021). Обеспечение культур микроэлементным питанием – одна из важнейших задач. Наиболее часто встречается дефицит в почвах Zn, Cu и Mn (Steckel J.E., 1946; Каталымов М.В., 1965; Чернявская Н.А., Фареник Г.Г., Гончаренко Д.Ф., 1975; Kuo S., Mikkelson D.S., 1981; Ягодин Б.А., Максимова Е.Н., Саблина С.М., 1988; Banal R.L., Chahal D.S., 1990; Сысо А.И., 2007; Аристархов А.Н. и др., 2010; Бобренко И.А., Гоман Н.В., Шувалова Н.В., 2012; Bobrenko I.A. и др. 2022).

Власюк П.А. (1969) в своих исследованиях отмечал, что при дефиците и избытке Zn нарушается процесс синтеза азотсодержащих соединений в растениях яровой пшеницы. Его значение - не только в его участии в синтезе белка, но и в активизации поступления азота из почвы.

Содержание Zn в растениях зависит от биологических особенностей, органа, свойств почвы и составляет 7...150 мг на 1 кг сухой биомассы. Семена содержат Zn больше, чем солома, а растения, выращенные на дерново-подзолистой почве из-за кислой реакции среды, более обогащены цинком, чем на черноземах (Мишин П.Я., 1967; Epstein E., Bloom A. J., 2004; Булыгин С.Ю. и др., 2007). Ни один элемент не входит в состав такого количества ферментов (более 200) и не выполняет таких разнообразных физиологических функций. Zn принимает участие в синтезе хлорофилла, оказывает влияние на фотосинтез, углеводный обмен в растениях, процессы дыхания. Дефицит Zn уменьшает количество ауксинов, из-за чего замедляется рост растений (Hemphill D.D., 1972; Kloke A., 1980; Godzik B., 1991; Орлова Э.Д., Пыхтарева Е.Г., 2006; Bobrenko I.A. и др., 2019).

Цинк влияет на формирование генеративных органов, усиливает ферментативную деятельность в прорастающих семенах. При его недостатке на растениях

могут совсем не образовываться семена. Поэтому наибольшая эффективность наблюдается при улучшении цинкового питания в период цветения – начала образования семян. Способствует повышению устойчивости растений к стрессовым факторам. При недостатке Zn растения плохо развиваются, на листьях появляются хлоротичные бледно-зеленые или белые пятна.

При недостатке Zn наблюдаются нарушения в реакциях цепи дыхания, окислительного и энергетического обмена, гликолиза и цикла Кребса; может тормозиться синтез белка. Активируя пептидазы, цинк связан с синтезом пептидов, что и обуславливает его участие в белковом обмене растений.

При взаимодействии Zn с другими микроэлементами, например, Cu чаще всего наблюдается явление антагонизма. Избыток Zn может вызвать симптомы недостаточности Mn, проявляющиеся в виде хлороза (Пейве Я.В., 1960; Чернявская Н.А., Фареник Г.Г., Гончаренко Д.Ф., 1975; Аштаб И.В., 1994). Обильное питание растений азотом усиливает признаки дефицита Zn (Попова В.И., 2018).

Медь в растениях участвует в процессах фотосинтеза, дыхания, азотного обмена; входит в состав ферментов-оксидаз – цитохромоксидазы, церулоплазмينا, супероксидадисмутазы, уратоксидазы и других и участвует в биохимических процессах как составная часть ферментов, осуществляющих реакции окисления субстратов молекулярным кислородом. Способствует повышению устойчивости растений к стрессовым температурам, засухе, к поражению болезнями.

При дефиците Cu у злаковых замедляется рост, усиливается кущение, задерживается колошение, растения имеют светло-зеленую окраску, отсыхают кончики листьев, могут не образовываться колосья (Попова В.В., 2021). Наиболее чувствительны к ее недостатку пшеница, овес, ячмень.

Содержание Cu в растениях меньше в репродуктивных, больше - в вегетативных органах. Она не реутилизируется, поэтому ее больше в старых нижних листьях, чем в молодых верхних.

Марганец входит в состав 30 ферментов, катализирующие гидролиз, декарбонилирование и другие реакции. Участвует в фотосинтезе, дыхании, азотном обмене, в образовании хлорофилла, в биосинтезе аскорбиновой кислоты. Активи-

рует большое количество металлоферментных комплексов, которые участвуют в реакциях цикла Кребса (Рудакова Э.В., 1964; Чернавина И.А., 1970; Veltrup W., 1981; Рейли К., 1985).

Содержание Mn в растениях в зависимости от культуры и типа почвы изменяется от 50 до 1000 мг/кг. Наибольшее количество поступает в растения из дерново-подзолистой почвы, наименьшее – из черноземов. На сильнокислых почвах количество в растениях может достигать очень больших величин (800...1000 мг/кг), способных оказывать токсичное действие на растения. Меньше его накапливается в репродуктивных органах.

В России 81...98 % пашни характеризуется низкой и средней обеспеченностью Mn, Cu и Zn (Аристархов А.Н., Сафонова К.Г., Волков А.В., 2012). Микроудобрения нужно использовать в основном при таком содержании подвижных микроэлементов в почвах.

В Омской области, как и во всех субъектах Российской Федерации, агрохимическая служба проводит широкомасштабный агрохимический мониторинг плодородия почв, включающий в себя и обследование на содержание микроэлементов (Красницкий В.М., Шмидт А.Г., Цырк А.А., 2014; Красницкий В.М., и др. 2016; Азаренко Ю.А., Ермохин Ю.И., Аксенова Ю.В., 2019; Goman N.V. и др. 2021).

Исследованиями выявлены закономерности изменения содержания подвижных микроэлементов в пахотных почвах лесостепи Омской области и обосновано на основе этого применения соответствующих микроудобрений. Проведен локальный мониторинг на реперных участках, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения. Объектами исследований являлись почвы лесостепной зоны Омской области. Также использовались материалы крупномасштабного агрохимического обследования, проведенного Центром агрохимической службы «Омский». Агрохимическое обследование почв пашни лесостепной зоны Омского Прииртышья дает возможность оценить запасы доступных для растений Zn, Cu, Mn (таблицы 1.1, 1.2).

Таблица 1.1 – Обеспеченность микроэлементами пашни лесостепной зоны Омского Прииртышья (данные ФГБУ «ЦАС «Омский» на 31.12.2018 г., обработка автора)

Элемент	Обследованная площадь, тыс. га	Степень обеспеченности					
		низкая		средняя		высокая	
		тыс. га	%	тыс. га	%	тыс. га	%
северная лесостепь							
Zn	934,5	899,1	96,2	35,3	3,8	0,1	0,0
Cu		749,8	80,2	175,8	18,8	9,0	1,0
Mn		267,4	28,6	481,5	51,5	185,5	19,9
южная лесостепь							
Zn	1093,4	1090,7	99,8	2,5	0,2	0,2	0,0
Cu		897,8	82,1	194,6	17,8	1,0	0,1
Mn		566,5	51,8	356,0	32,6	170,9	15,6
лесостепь							
Zn	2027,9	1989,8	98,1	37,8	1,9	0,3	0,0
Cu		1647,6	81,2	370,3	18,3	10,0	0,5
Mn		833,9	41,1	837,5	41,3	356,5	17,6

Доступность микроэлементов растениям не постоянна. Она варьирует от вида и возраста растений, свойств почвы и климатических условий. К почвенным факторам, значительно влияющим на доступность микроэлементов, относятся: гранулометрический состав, реакция почвенной среды, содержание гумуса, катионнообменная способность и дренаж.

Анализ результатов изменения выявил зависимость запасов микроэлементов от типов почв и их зонального расположения. В пахотных почвах региона наблюдается недостаток микроэлементов, который необходимо восполнять, применяя микроудобрения для получения стабильного и качественного урожая.

Таблица 1.2 – Содержание подвижных форм микроэлементов в почвах лесостепной зоны Омского Прииртышья, мг/кг
(данные ФГБУ «ЦАС «Омский» на 31.12.2018 г., обработка автора)

Содержание	Zn	Cu	Mn
северная лесостепь			
Min	0,04-0,10	0,07-0,09	2,70-3,30
Max	7,10-7,64	0,72-0,80	110,00-112,90
Среднее	1,22	0,24	13,92
южная лесостепь			
Min	0,10-0,12	0,06-0,07	1,70-2,00
Max	4,20-6,00	0,70-0,78	80,0-100,2
Среднее	0,44	0,16	11,96
среднее			
Min	0,04-0,10	0,06-0,07	1,70-2,00
Max	7,10-7,64	0,72-0,80	110-113
Среднее	0,85	0,20	13,00

Использование микроудобрений при возделывании зерновых культур исследовалось многими учеными (Виноградов А.П., 1952, 1957; Smith P.F., Specht A.W., 1953; Шевчук В.Е., Скрипченко А.Ф., Баркан Я.Г., 1974; Singh M., Singh R.S., 1979; Verma T.S., Trapthi V.R., 1986; Степанюк В.В., Голенецкий С.П., 1990, 1991; Шеуджен А.Х., 1992; Серегина И.И., Осипова Л.В., Ниловская Н.Т., 2004; Еськин В.Н., 2007; Амиров М.Ф., Амиров А.М., 2007; Бурунов А.Н., 2011; Вильдфлуш И.Р., Мишура О.И., 2010; Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И., Олейников А.Ю., 2011; Васин В.Г., Бурунов А.Н., 2014; I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.Yu. Pavlova, 1990; Попова В.В., Гоман Н.В., Бобренко И.А., 2020 и др.).

В производстве практикуются следующие способы применения микроудобрений: допосевное внесение в почву, обработка семян до посева, листовая подкормка. Многие эксперименты посвящены установлению лучшего способа.

В работе А.З. Ламбина (1949) были обобщены наблюдения за действием микроэлементов в течение нескольких лет. Отмечено, что при внесении в почву, не насыщенную основаниями небольших количеств Cu, Zn и других микроэлементов, урожай яровой пшеницы в вегетационных сосудах был значительно выше, чем от NPK. При этом наблюдалось увеличение количества хлорофилла, более интенсивная ассимиляция листьями CO₂, накопление протеина и крахмала в зерне пшеницы. Было установлено положительное влияние микроэлементов в течение нескольких лет, на рост и урожай яровой пшеницы в песчаных, песчано-водных и водных культурах, а также в полевых условиях на малых делянках.

Положительное действие микроэлементов на рост, урожай и химический состав растений отмечено во многих статьях и монографиях (Виноградов, 1948; Singh M., Yadav D.S., 1980 и др.), авторы которых указывают на большую роль микроэлементов в процессах обмена, росте и развитии растений. Внесение микроэлементов в почву в малых дозах представляет известные трудности, так как почти невозможно равномерно распределить их по площади поля.

Анализ 750 опытов позволил подтвердить целесообразность применения микроэлементов под пшеницу во всех природных зонах. Цинковые удобрения дают прибавку урожайности до 0,18...0,30 т/га. Применение Cu удобрений более эффективно под озимые сорта пшеницы (прибавка урожайности – 0,15...0,46 т/га), чем под яровые (прибавка – 0,07...0,28 т/га). Внесение Mn увеличивает урожайность зерна на 0,11...0,45 т/га. Установлены также наиболее эффективные способы внесения микроудобрений (Аристархов А.Н. и др., 2010, 2012).

Опыты с Zn на почвах Омской области свидетельствуют о положительном влиянии этого элемента на продуктивность ряда культур. Так, у А.З. Ламбина (1949, 1959) Zn-удобрения на солоди и выщелоченном черноземе повышали урожайность яровой пшеницы на 11...30 %, на черноземах – на 15 %, лугово-черноземной почве (при концентрации обменного Zn 0,7 мг/кг) – на 14...20 %. У Г.П. Гамзикова (1967) повышение урожайности зерна гороха составило 0,26, вики – 0,25 т/га. Для бобовых культур он предлагает считать оптимальным содержанием обменного Zn 0,3...0,4 мг/кг почвы.

А.З. Ламбиным (1959) установлено положительное влияние Mn на продуктивность яровой пшеницы, суданской травы, кукурузы на черноземах. Их отзывчивость на элемент в удобрении зависела от содержания его в почве и культуры, наибольшая наблюдалась в засушливые годы. Марганцевые удобрения целесообразно применять при содержании подвижного Mn (извлекаемого 0,1 н. H_2SO_4) в почве перед посевом менее 80...100 мг/кг.

Позднее перешли к допосевной обработке семян микроэлементными растворами разных концентраций, и получили также положительные результаты. Применение микроэлементов путем допосевной обработки семян значительно проще и доступнее в производственных условиях. Исследователями ставилась задача установить концентрации микроэлементов, не снижающие энергии прорастания семян и уточнить продолжительность допосевной обработки семян. Главной задачей было выяснение различия в действии микроэлементов, внесенных в почву и примененных для допосевной обработки семян, на развитие и урожай растений.

Допосевная обработка семян водой, навозной жижей и вытяжкой из навоза применялась более 150 лет назад, причем было отмечено положительное влияние этой обработки на урожай растений. Позднее стали применять для той же цели щелочи, кислоты, соли разных концентраций, в том числе соединения, содержащие микроэлементы (Ламбина А.З., 1952; Гайсин И.А., Пахомова В.М., 2014 и др.).

М.Я. Школьник в своей монографии (1974) пишет: «Вопрос о стимуляции семян должен быть подвергнут полному пересмотру. Основной причиной неудач «химической стимуляции» семян, помимо применявшихся для предпосевной обработки слишком высоких концентраций растворов и большой длительности обработки ими семян, является недооценка необходимости изучения условий, при которых предпосевная обработка семян обеспечивает успех». Нельзя не согласиться с М.Я. Школьником относительно роли высоких концентраций и длительности времени допосевной обработки семян. Опыты А.З. Ламбина (1952) с допосевной обработкой семян разными концентрациями при разном времени взаимодействия это подтверждают. Исследуя допосевную обработку семян ячменя, лю-

церны, тимофеевки соединениями бора, марганца и цинка при сравнительно высоких концентрациях, М.Я. Школьник (1940) обнаружил большие прибавки в сухом веществе надземной массы растений. Он отметил, что предпосевная обработка семян повышает содержание углеводов, особенно растворимых – моноз и сахарозы – в листьях и стеблях, и увеличивает урожай.

В опытах П.А. Власюка (1969) с применением допосевной обработки семян марганцовыми, цинковыми соединениями также была получена прибавка урожая 12...30 %. Обработка семян микроэлементами улучшила урожай овощей, повысила содержание углеводов и т.д. Отмеченные факты подтверждают заключения о том, что допосевная обработка семян различными микроэлементами имеет большое практическое значение. Исследования в этом направлении расширили, применяя допосевную обработку семян разными концентрациями микроэлементов и их смесей на более обширном семенном материале. Растительный организм в разные периоды жизни различен, поэтому воздействовать на него и направлять его деятельность нужно и на ранних стадиях развития растения. Допосевная обработка семян микроэлементами является одним из примеров, усиливающих более раннее пробуждение семян к прорастанию, способствующих интенсивному росту и формированию растений в последующие фазы его роста.

Предпосевная обработка семян озимой пшеницы В, Mn и Zn повысила урожайность на орошаемых полупустынных почвах на 0,11...0,23 т/га зерна (контроль 2,23 т/га); горных каштановых – соответственно 0,07...0,22 и 1,73; горных черноземах – 0,10...0,49 и 2,68 т/га (Абазян С.П., 1972).

Устранить недостаток Zn можно листовыми подкормками. В США наиболее высокий эффект получается при листовой подкормке кукурузы в фазе 3...5 листьев 0,5 %-ным раствором $ZnSO_4$ (Каталымов М.В., 1965; Анспок П.И., 1990). На выщелоченном черноземе Мордовии при применении высоких доз удобрений под урожайность 7...8 т/га озимой пшеницы подкормки Cu- и Mn-удобрениями обеспечили прибавки 0,8 и 1,1 т/га соответственно (Кудашкин М.И., 2008).

На лугово-черноземной почве обработка семян более эффективна, чем некорневая подкормка кукурузы на зерно: урожайность увеличилась на 18,1-31,6 %.

При низком уровне подвижного Zn лучшим было допосевное внесение Zn₁₈ (Склярова М.А., 2008, 2014)

На дерново-подзолистых среднекультуренных почвах Центрального Нечерноземья при урожайности зерна яровой пшеницы 3,5...4,0 т/га прибавка от Zn при основном внесении составила 0,59...0,75 т/га, от листовых подкормок – 0,19...0,40 т/га (Волков А.В., 2015).

На светло-серых лесных почвах с низким и очень низким содержанием подвижных микроэлементов растения положительно реагировали на повышение в почве концентрации Zn – на 0,7 мг/кг, Cu – 2,24 мг/кг. От Zn, Cu, Mo, Co продуктивность 6-польного севооборота повышалась на 16...22 % и несколько меньше (на 8...15 %) от В и Mn (Гайсин И.А., 1989; Гайсин И.А., Сагитова Р.Н., Хабибуллин Р.Р., 2010).

На почвах Нижегородской области применение микроэлементов при дефиците их в почве дает возможность повысить урожайность озимой пшеницы при листовой подкормке на 12 % (Шафронов О.Д., Егоров Н.П., Куликов Р.С., 2009).

В настоящее время большое распространение получили хелатные формы микроудобрений, эффективность которых подтверждается исследованиями ряда ученых при возделывании зерновых культур в различных почвенно-климатических зонах. Так, на серых лесных почвах Татарстана сочетание предпосевной обработки семян с некорневой подкормкой яровой пшеницы жидкими удобрительными стимулирующими составами (ЖУСС) в фазу налива зерна способствует увеличению урожайности на 0,6...0,9 т/га, клейковины на 5-7 % и сбора белка до 205 кг/га. Наиболее эффективным способом использования является предпосевная обработка семян. Некорневая подкормка влияет на качество зерна, но незначительно на урожайность (Муртазин М.Г., 2002). Листовая подкормка яровой пшеницы в фазу колошения ЖУСС-3 (Cu +Zn) совместно с N₃₀, что повысило урожайность зерна на 0,37...0,48 т/га (Гайсин И.А., Муртазин М.Г., Муртазина С.Г., 2014).

На слабовыщелоченном черноземе Ульяновской области при обработке семян яровой пшеницы ЖУСС прибавка урожайности от $\text{Cu} + \text{Zn}$ составила 0,35 т/га (17,0 %), $\text{Cu} + \text{Mo}$ – 0,24 т/га (11,7 %) (Черкасов Е.А. и др., 2012).

На светло-серой оподзоленной супеси Пензенской области обработка семян яровой мягкой пшеницы препаратом Цитовит (состав, г/л: N – 30, P – 5, K – 25, Mg – 10, S – 40, Fe – 35, Mn – 30, B – 8, Zn – 6, Cu – 6, Mo – 4, Co – 2) увеличила урожайность на 11,5...16,9 % (Семина С. А., 2010).

На серых лесных почвах Татарстана при обработке семян яровой пшеницы Микромаксом получили прибавку урожайности 0,17 т/га (контроль 2,25 т/га) (Амиров М.Ф., Толочков Д.И., 2019)

Лугово-черноземной почве Омской области при низкой (0,07...0,14 мг/кг почвы) обеспеченности подвижной Cu наибольшая урожайность яровой пшеницы (3,37 т/га) получена от предпосевной обработки семян 0,25 %-м раствором хелата Cu на фоне внесения азотно-фосфорных удобрений (прибавка 17 %) (Волкова В.А., 2020; Воронкова Н.А., Волкова В.А., Цыганова Н.А. и др., 2020).

На южных черноземах Оренбургской области наиболее эффективными при обработке семян были препараты ЖУСС и ЖУСС-2, способствующие повышению урожайности озимой пшеницы на 0,26 и 0,23 т/га (Гречишкина О.С., 2008).

На серой лесной почве Татарстана обработка семян твердой пшеницы ЖУСС ($\text{Cu} + \text{B}$) и ($\text{Cu} + \text{Mo}$) способствует повышению урожайности и улучшению качества зерна (Шibaева О.В., 2002). Урожайность пшеницы при листовой подкормке ЖУСС ($\text{Cu} + \text{Mo}$) 2-кратно (фазы кущения и выхода в трубку) и 3-кратно (кущения, выхода в трубку и колошения) увеличивалась на 7...31 % (Кузнецова Н.А., 2010).

На дерново-подзолистой почве Калининградской области проводили некорневую подкормку озимой пшеницы Кристаллоном Специальный (содержит N, P, K, Mg, B, Cu, Mo, Fe, Mn, Zn): при подкормке в фазу кущения урожайность составила 6,67 т/га (прибавка 21,1 % к контролю), а в фазу колошения – 6,2 %. Она наиболее эффективна на ранних этапах вегетации (Панасин В.И., Рымаренко Д.А., 2013).

Для агроландшафта юга Нечерноземной зоны России на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом разработана технология комплексного применения минеральных удобрений, микроэлементов в виде ЖУСС и средств защиты растений в агротехнике возделывания озимой пшеницы сорта Московская 39. Технология обеспечивает максимальную урожайность культуры 5,63 т/га (в среднем 4,47 т/га), окупаемость 1 кг д.в. NPK – 10,2 кг зерна. Без микроэлементов и средств защиты растений минеральные удобрения были убыточны. Полученная пшеница содержит 15,8 % сырого протеина, 32,7 % клейковины и зерно по качеству соответствует первой группе (Кудашкин М.И., 2011).

На дерново-подзолистой почве Беларуси установлена высокая эффективность листовых подкормок Cu-содержащими удобрениями. Они повышали урожайность зерна яровой пшеницы на 0,36-0,50 т/га, озимой пшеницы на 0,67- 1,10 т/га (Вильдфлуш И.Р. и др., 2010, 2018).

В Ставрополье исследовалась листовая подкормка по флаговому листу озимой пшеницы препаратами Лигнас и Лаварин (содержат хелаты Mn, Zn, Mo, Cu, Co, Fe). Лигнас в комбинации с фунгицидами увеличил урожайность на 0,33-0,47 т/га, а Лаварин – 0,38...0,67 т/га (Губарева В.Т., Зайцев В.Н., 2010).

На выщелоченном черноземе Пензенской области эффективно применение комплексных удобрений с хелатами микроэлементов под яровое тритикале. Использовались Мастер специальный (содержит N, P, K, Mg, S, B, Cu, Mo, Fe, Mn, Zn) и Аквамикс (Fe, Mn, Zn, Cu, Ca, B, Mo). При обработке семян прибавка 0,47 т/га (18,65 % к контролю) и 0,35 (15,5) соответственно; при некорневой подкормке препаратом Мастер специальный в кушение – прибавка 16,3 % к контролю, колосения – 7,4 %, молочной спелости – на 13,3 % (Кшникаткина А.Н., 2017).

На черноземе выщелоченном Мордовии листовая подкормка в начале цветения яровой пшеницы хелатами Mo и Cu увеличила урожайность с 2,37 до 2,47 т/га (Прокина Л. Н., 2011). В Курской области на черноземе типичном тяжелосуглинистом малогумусном листовую обработку озимой пшеницы проводили хелатами Cu, Mn, Zn в кушение. Прибавка от Cu и Mn составила 0,45 и 0,28 т/га соответственно (контроль 2,87 т/га). Содержание клейковины от Zn увеличилось на 2,9 %,

Сu на 2,4 %, Мп на 4,9 % (контроль 30,4 %). Показатель натуры зерна соответственно 625, 750, 740 и 680 г/л (Митрохина О.А., Проценко Е.П., Сапрыкина Т.В. и др., 2009).

Таким образом, по мнению ряда авторов (Войтович Н.В. и др., 2003; Кидин В.В., 2009; Хузина Э.Р., Габдрахманов И.Х., 2009; Аристархов А.Н., Бушуев Н.Н., Сафонова К.Г., 2012; Аристархов А.Н., Сафонова К.Г., Волков А.В., 2012; Кривобочек В.Г., Семина С. А., Остробородова Н. И., 2017; Бобренко И.А. и др., 2021 и др.) микроудобрения эффективны при выращивании зерновых культур. При этом большое значение имеет способ применения, фаза развития растений и доза.

1.4 Управление азотным питанием с помощью некорневых подкормок

Большинство исследователей считает, что среди органогенных элементов, азот играет одну из важных ролей в жизни растений (Прянишников Д.Н., 1945; Петербургский А.В., 1979, 1985; Кочегарова Н.Ф., 1976; Гамзиков Г.П., 1981 и др.). При его недостатке растения задерживаются в росте, листья мельчают и становятся бледными. Для развития растения и раскрытия его генетического потенциала важно создавать оптимальные условия для питания посевов азотом, находящимся в первом минимуме в почве большинства почвенно-климатических зон России (Петербургский А.В., 1985). Одним из приемов создания оптимальных условий по азотному питанию является подкормка растений удобрениями.

Некорневая подкормка – один из способов внесения удобрений, при котором усвоение элементов питания происходит при помощи листьев растения. Применяется для обеспечения растений питательными элементами в периоды интенсивного роста.

Н.С. Авдонин (1972) подчеркивал, что для получения максимально высокого урожая необходимо создавать для растений интенсивное питание, приурочивая его к периоду максимальной эффективности удобрений. С появлением второго листа и особенно в кушение и выход в трубку уровень азотного питания должен быть усилен. В период выхода в трубку наряду с усилением азотного питания должно быть усилено и питание калием.

Период максимальной эффективности питания пшеницы основными элементами не совпадает с критическим периодом, т.е. таким отрезком времени, когда отсутствие питательных элементов, недостаток или избыток их, а также диспропорция в соотношении между ними вызывают сильное отрицательное действие на рост растений. Критическим периодом питания пшеницы фосфором являются вторая и третья декада вегетации, т.е. начальные фазы роста и развития растений. Яровая пшеница к цветению полностью заканчивает накопление фосфора и калия и на 95-98 % – азота, накопление которого продолжается до молочной спелости.

По мере роста и развития растений происходит изменение потребности растений в элементах питания, как и в других факторах роста, в связи, с чем количественный уровень питания и соотношение между отдельными элементами должны изменяться в соответствии с требованиями культуры. Поэтому в практике применения удобрения некоторыми исследователями рекомендуется (Авдонин Н.С., 1954, Иванов П.К., 1954) поддерживать низкий уровень азотного питания до появления второго листа у яровой пшеницы, одновременно заботясь о том, чтобы с самого момента прорастания растения имели возможность использовать легко доступный фосфор минеральных удобрений, внесенных перед или при посеве.

З.И. Журбицкий (1955, 1958) также считал, что важным звеном в изучении потребностей растений к условиям внешней среды является изучение отношения растений к минеральному питанию. Минеральное питание каждой культуры должно быть охарактеризовано следующими показателями: 1) интенсивностью потребления каждого питательного элемента растением в единицу времени, представленной в динамике для всего периода роста; и 2) соотношениями потребляемых растениями элементов во время вегетации. Первый показатель характеризует с количественной стороны, а второй – с качественной стороны потребность растений в питании. После того, как будет установлено, какое соотношение питательных элементов и в какие периоды роста требует та или иная культура, можно обоснованно подойти к построению системы применения удобрений, исходя из потребности в питании растений по величине планового урожая и содержания доступных питательных веществ в почве.

К этому же выводу приходит А.В. Соколов (1957), который отмечает, что внесение удобрений должно производиться с учетом того, что может дать почва и что следует добавить в виде удобрений для получения урожая определенной величины и определенного качества.

Н.С. Авдонин (1972) дает целостное определение системы питания растений как динамического изменения уровня питания и соотношений питательных элементов в продолжение вегетации в соответствии с изменяющимися потребностями развивающихся растений и задачами их возделывания. Давая теоретическое обоснование подкормкам, он отметил, что они позволят регулировать в течение вегетации уровень питания и соотношение между питательными элементами, т.е. осуществить правильную систему питания растения. При внесении удобрений в период вегетации он рекомендует учитывать состояние растений и в зависимости от него вносить то или иное удобрение. При этом он подчеркивает важность использования методов визуальной диагностики.

Из этого определения следует, что для наиболее полного удовлетворения потребностей растений в питании в течение вегетации необходимо знать и уметь определять эти потребности, т.е. необходимо спрашивать «мнение растения», на что неоднократно указывал К.А. Тимирязев (1949). Он писал: «... что же нужно для обеспечения урожая? Прежде всего, конечно, знакомство с потребностями растения и умение их удовлетворять, а затем уже изыскание наиболее выгодных условий разрешения этой задачи при помощи средств, имеющихся под рукой». Другими словами, возникает необходимость осуществлять динамический контроль условий питания в процессе вегетации растений. Это позволит не только установить конечный результат действия какого-либо удобрения или агротехнического приема, но и раскрыть причины такого эффекта (Болдырев Н.К., 1972).

Как известно, «послепосевное удобрение наиболее уместно во влажные годы, когда растения в первой половине вегетации развивают большую биомассу. Так, в длительных опытах Курганского НИИСХ на разных агрофонах получена следующая закономерность: в севооборотах без пара на фонах без удобрения при минимальных обработках почвы – 32 % лет, а при внесении до сева $N_{40-60}P_{20}$ III

класс повторяется раз в 67...85 % лет. Поздние подкормки способны существенно повысить частоту выращивания пшеницы III класса» (Волынкина О.В., 2019).

На основании многолетних экспериментов с озимой пшеницей Приокская был выявлен хороший летний эффект (в период колошения – начала цветения колосьев) подкормки водорастворимыми азотными удобрениями (аммиачная селитра и мочевина) в Нечерноземье хозяйств верхней Волги на дерново-подзолистых почвах. Основное удобрение $P_{60}K_{60}$ включало также N_{60} . На сопоставимых вариантах эти же N-удобрения применяли дробно, в равных частях – до посева + в подкормку в фазу колошения. На содержание сырого белка дробное удобрение имело определенное преимущество против разового. Но при поздней подкормке сухими удобрениями показатели по массе зерен и содержанию сырого белка были выше при использовании N_{aa} . Этому удобрению уступало N_m (Ненайденко Г.Н., Сибирякова Т.В., 2010).

В Предкамье были проведены исследования по совместному применению расчетных доз в основное внесение и некорневых подкормок. Полевая всхожесть яровой пшеницы на неудобренном фоне составляла 78,2 %, в варианте с NPK на 3 т/га зерна – 82,0 %, с NPK на 4 т/га зерна – 86,4 %. Сохранность растений к уборке без удобрений составила 73,9 %, с NPK на 3 т/га зерна – 84,4 %, с NPK на 4 т/га зерна – 86,1 %. Урожайность в варианте без применения удобрений и средств для обработки семян составила 1,38 т/га (Амиров М.Ф., Толокнов Д.И., 2019).

В Белоруссии было изучено содержание сырого белка в зерне яровой пшеницы в зависимости от сроков проведения некорневых подкормок карбамидом и доз внесения азотного удобрения. Содержание белка варьировало от 13,7 до 15,2 % в зависимости от варианта и года. Наибольшее содержание было отмечено при внесении N_{15} и N_{20} в фазу начала формирования зерна – 14,4 и 15,0 % соответственно, что на 3,6 и 7,9 относительных процентов больше, чем в контроле. При применении азота в фазы флагового листа и цветения количество белка увеличивалось не существенно, что обусловлено ростовым разбавлением, так как некорневые подкормки, проведенные в этой фазы, в большей степени, чем поздние подкормки, влияли на формирующуюся урожайность зерна (Буштевич В.Н., 2020).

На черноземных почвах Курской области наиболее эффективными способами использования КАС-32 были внесение его под предпосевную культивацию в дозе N_{30} и обработка посевов в фазе кущения яровой пшеницы в дозе N_{15} . Прибавка урожая при этом составила 0,58 т/га, или 13,2 % к контролю, содержание сырой клейковины повышалось на 1,8 %. Увеличение дозы КАС-32 при внесении его под предпосевную культивацию до N_{60} и до N_{30} при обработке посевов в фазе кущения обеспечивало максимальную прибавку урожая (0,70 т/га, или 14,1 %) и наиболее высокое содержание сырой клейковины в зерне яровой пшеницы (21,7 % по сравнению с контролем – 19,2 %) (Лазарев В.И. и др., 2019).

В северной лесостепи Западной Сибири урожайность зерна зависела как от дозы, так и формы удобрения. Максимальные показатели отмечены от КАС-32 (N_{60} + подкормка) – 3,62 т/га, где практически везде зерно соответствовало I классу (в контроле – III классу). Аналогичный результат дало применение аммиачной селитры (Петров А.Ф., Мармулев А.Н., Митракова А.Г., 2019).

Таким образом, в научной литературе отмечается актуальность информации об оптимальном содержании и уравновешенном балансе в почве макро- и микроэлементов (почвенная диагностика), содержании элементов в надземной массе (растительная диагностика), апробированных методах расчета доз удобрений для допосевного и послепосевного применения. Для управления питанием зерновых культур необходимо использование комплексной почвенно-растительной диагностики на основе установленных агрохимических параметров с учетом почвенно-климатических условий, биологических особенностей культур, эффективных способов применения удобрений.

2 УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты исследований

В диссертации обобщены результаты научных исследований, проведенных на полях ФГБНУ «Омский АНЦ», учебно-опытного хозяйства ФГБОУ ВО Омский ГАУ в 2007-2021 гг. по определению реакции на применение удобрений и агрохимических нормативных параметров для управления минеральным питанием растений на основе комплексной диагностики при возделывании зерновых культур на черноземных почвах лесостепи Юга Западной Сибири.

Объектами исследований являлись: почва лугово-черноземная, зерновые культуры (пшеницы яровая и озимая, рожь озимая, тритикале озимое, ячмень), минеральные удобрения (N, P, K, Mn, Zn, Cu), регулятор роста растений Зеребра Агро.

Применение удобрений осуществлялось различными способами: допосевное (основное) внесение, припосевное, послепосевное (некорневая листовая подкормка), обработка семян перед посевом (опудривание, намачивание).

Изучались следующие сорта: яровая мягкая пшеница – Дуэт, Памяти Азиева, Элемент 22, яровой ячмень – Подарок Сибири, озимая мягкая пшеница – Омская 4, озимая рожь – Сибирь 3, озимое тритикале – Сибирский (на момент проведения исследований все сорта районированы по Западно-Сибирскому региону) (Shamanin V., Morgounov A., 2009; Mourgounov A. и др., 2010; Шаманин В.П., Потоцкая И.В., 2016; Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Кузьмин О.Г., 2017; Сорта..., 2016, 2022; Шаманин В.П. 2017; Потоцкая И.В., 2023).

Сорт яровой пшеницы Дуэт. Потенциал зерновой продуктивности высокий – 6,14 т/га. Масса 1000 зерен 36...39 г. Среднеспелый, вегетационный период 84...92 дня. Целевое назначение: получение продовольственного зерна для производства хлебопекарных изделий, отнесен к числу сортов сильной пшеницы, содержание клейковины 26...28 % и более. Высокоурожайный, иммунный засухоустойчивый сорт. Создан ФГБНУ «Челябинский НИИСХ» и ФГБОУ ВО Омский

ГАУ. Авторы сорта: В.А. Тюнин, Е.Р. Шрейдер, И.В. Запивалова, В.П. Шаманин, Н.А. Биленко, Р.А. Вражнова.

Сорт яровой пшеница Памяти Азиева. Потенциал зерновой продуктивности высокий – 5,2 т/га. Масса 1000 зерен 35...36 г. Среднеранний, вегетационный период 74...79 дней. Целевое назначение: получение продовольственного зерна для производства хлебопекарных изделий, отнесен к числу сортов сильной пшеницы. Устойчивость к засухе средняя. Создан ФГБНУ СибНИИСХ. Авторы: В.А. Зыкин, И.А. Белан, С.В. Пашков, В.С. Сусяков, Л.Я. Сивенкова, П.В. Поползухин, В.Я. Белевкин.

Сорт яровой пшеницы Элемент 22. Максимальная урожайность – 5,96 т/га. Масса 1000 зерен 34...41 г. Среднепоздний, вегетационный период – 80...97 дней. Отвечает требованиям, предъявляемым к сильной и ценной пшенице: стекловидность 51,3 %, содержание сырой клейковины 28,9 %, содержание сырого протеина 14,6 %, сила муки 350,7 е. а., объемный выход хлеба 826,7 мл и общая оценка качества 4,2 балла. Создан ФГБОУ ВО Омский ГАУ и ООО «АПХ «АЛТАУР». Авторы сорта: В.П. Шаманин, В.П. Пьянов, А.Ю. Трущенко, А.С. Чурсин, С.Л. Петуховский, О.Г. Кузьмин, М.А. Сутягинский.

Сорт ярового ячменя Подарок Сибири. Максимальная урожайность 6,6 т/га, средняя – 3,33 т/га. Масса 1000 зерен 36,8...56,8 г. Среднеспелый, вегетационный период 73...86 дней. Целевое назначение: кормовое и крупяное. Содержание белка в зерне – 13,5 %. Устойчив к полеганию, среднеустойчив к засухе. Создан ФГБНУ СибНИИСХ. Авторы сорта: Е.И. Ананченко, Н.И. Аниськов, Л.И. Братцева, А.А. Гайдар, Г.Я. Козлова, Л.В. Мешкова, П.Н. Николаев, П.В. Поползухин, Л.В. Спиридонова (Сорта..., 2019).

Сорт озимой пшеницы Омская 4. Обладает высокой стабильной урожайностью, максимальная – 3,79 т/га. Масса 1000 зерен 30...38 г. Сорт среднеспелый, вегетационный период 319...347 дней. Содержание белка – 15,4 %, сырой клейковины 30...32,4 %. Морозо- и зимостойкость повышенные, устойчив к полеганию. Создан ФГБНУ СибНИИСХ. Авторы сорта: С.С. Сеницын, П.В. Поползухин, В.Р.

Борадулин, Р.И. Рутц, Е.В. Веревкин, Ю.Л. Максимов, Е.Г. Мухордов (Сорта..., 2016).

Сорт озимой ржи Сибирь 3. Потенциал зерновой продуктивности высокий – 6,7 т/га, средняя урожайность – 4,75 т/га. Масса 1000 зерен 35...46 г. Среднепоздний, вегетационный период 330...334 дня. Содержание белка – 16,23 %, стекловидность – 46 %, натура зерна – 662 г/л, объем хлеба – 313 см³, ЧП – 213...236 сек. Зимостойкость высокая, высокоустойчив к полеганию.

Сорт озимого тритикале Сибирский. Урожайность – 3,06 т/га. Масса 1000 зерен 38...44 г. Среднеспелый, вегетационный период 330...332 дня. Мукомольно-хлебопекарное качество зерна высокое. Морозостойкость высокая, устойчив к осыпанию и полеганию. Сорта созданы ФГБНУ СибНИИСХ. Авторы: Р.И. Рутц, Е.В. Веревкин, И.С. Попова, К.Г. Азиев, Е.Г. Мухордов, Н.Ф. Лисенкина, А.Г. Чижиков.

2.2 Агрометеорологические условия проведения исследований

Поверхность Южной лесостепи представляет собой плоскую, ровную, слегка волнистую равнину с незначительным уклоном с юга на север. Такой характер поверхности способствует беспрепятственному проникновению холодных арктических масс воздуха с севера и тёплых сухих – из Средней Азии, которые обуславливают формирование резко континентального климата. Климат зоны характеризуется суровой продолжительной зимой, сравнительно коротким, но жарким летом, короткими весной и осенью (Мищенко Л.Н., Мельников А.Л., Аксенова Ю.В., 2018).

Температурный режим отличается резкими колебаниями по месяцам и даже в течение суток. Неблагоприятной чертой климата являются поздние весенние и ранние осенние заморозки, обуславливающие короткий безморозный период. Последний весенний заморозок отмечали 12 июня, а первый осенний – 22 августа (Климат Омска, 1980). Заморозки резко сокращают период вегетации сельскохозяйственных культур.

Зима продолжительная и холодная, с небольшим снежным покровом (от 15

см). Устойчивый снежный покров образуется к середине ноября. Максимальная высота снежного покрова 20...24 см, преобладающие ветра зимой – юго-западные, а летний период – северного и северо-западного направления. Весна характеризуется малым количеством осадков, неустойчивой погодой. Лето короткое и теплое, велика вероятность засухи.

Сумма среднесуточных положительных температур выше 10 °С составляет 1900-2200 °С, продолжительность этого периода в среднем 120-130 дней. Переход среднесуточной температуры воздуха через $+10^{\circ}\text{C}$ происходит весной в середине мая, осенью – в середине сентября. Температура самого теплого месяца, июня равна плюс 19-19,5 °С, самого холодного-января – минус 19-20°С Годовая амплитуда средних месячных температур воздуха составляет около 37°С. В отдельные жаркие дни температура воздуха повышается до плюс 41°С, а в очень суровые зимы опускается до минус 48°С. Самыми неблагоприятными факторами при возделывании культур являются поздние весенние и ранние осенние заморозки. Средняя дата прекращения заморозков в воздухе весной – 22 мая. Средняя дата наступления первых заморозков осенью приходится на 17 сентября.

Продолжительность вегетационного периода составляет в среднем 155...160 дней, но средняя продолжительность безморозного периода при этом 110...120 дней.

По степени влагообеспеченности зона относится к районам неустойчивого увлажнения. Среднегодовая сумма осадков составляет 330...380 мм, а за вегетационный период 162...220 мм, большая часть из которых – 75...80 % к годовому количеству – выпадает летом и максимум их приходится на июль, что сглаживает недостаток влаги для роста и развития сельскохозяйственных культур. Летние дожди часто носят ливневый характер, что приводит к значительным потерям влаги за счет поверхностного стока. Запас продуктивной влаги в слое 0-100 см к началу вегетации в среднем для зоны составляет 120...150 мм. Суммарное испарение за период вегетации – 250...280 мм. ГТК за вегетационный период в пределах 0,7...1,0, что близко к состоянию неустойчивого увлажнения.

Осадки в период вегетации выпадают крайне неравномерно, в первую поло-

вину лета их сравнительно мало, а максимум наблюдается в июле. Отличительной особенностью зоны являются частые раннелетние, июньские засухи, которые пагубно отражаются на продуктивности большинства зерновых культур (Агроклиматический ..., 1959).

Для более полной характеристики погодных условий были использованы агроклиматические данные ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС» по метеостанции г. Омск, расположенной в непосредственной близости от опытных участков.

Погодные условия в 2007-2021 гг. исследований были различными по температурному режиму и влагообеспеченности почвы и наиболее полно отражали особенности региона, что отразилось на урожайности зерновых культур и позволило всесторонне оценить действие используемых факторов (рисунки 2.1, 2.2, приложение 1).

В 2008 г. зимой и осенью и наблюдалась холодная и сухая погода. Весной этого года было тепло и сухо, в апреле и мае среднемесячная температура воздуха превышала среднемноголетние показатели на 2...3 °С. Однако в июне и июле наблюдалась умеренно теплая погода, с умеренным количеством осадков. В августе было умеренно влажно и тепло, в сентябре осадков выпало 235 % от среднемноголетнего количества.

В 2009 г. зимний период был относительно теплым. Вегетационный период характеризовался теплой и влажной погодой. Обильные осадки выпадали в течение всего теплого периода, особенно в июле и августе и превысили среднемноголетние соответственно на 103 и 110 мм. Осень была относительно теплой и сухой.

В 2010 г. наблюдалась холодная зима. Вегетационный период был контрастным и характеризовался ранней теплой весной, май был умеренно влажный, июнь и особенно июль – сухими.

Формирование агрометеорологических показателей в 2011 г. проходило в условиях холодной зимы и влажной весны–лета. Вегетационный период характеризовался контрастной погодой: апрель – теплый и влажный, май – близкий к средним климатическим нормам, июнь – теплый и дождливый, август – холодный и влажный, а сентябрь был практически с недобором осадков (5 мм).

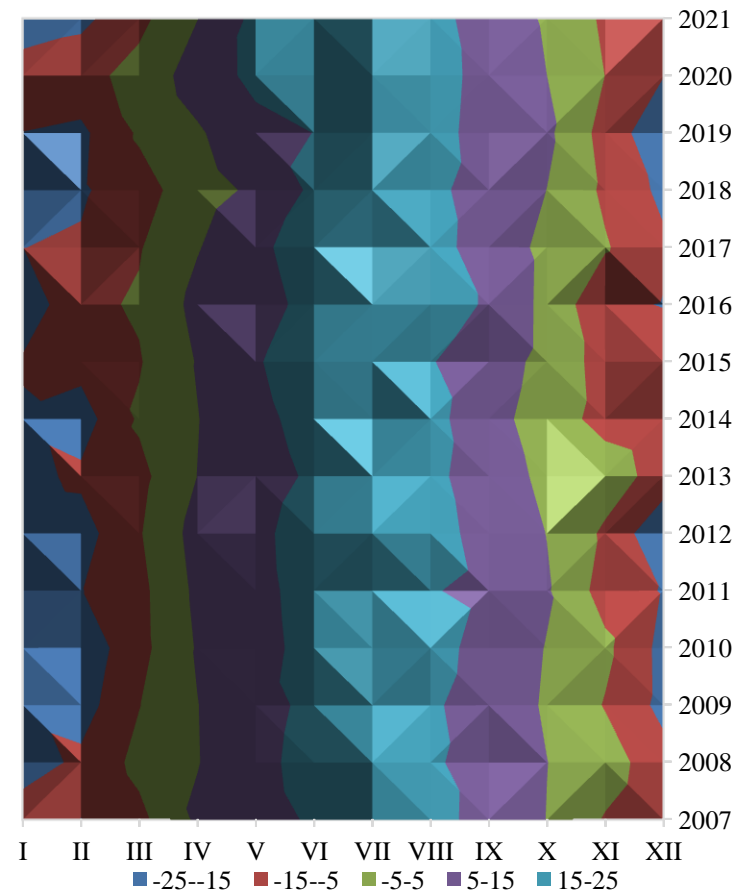
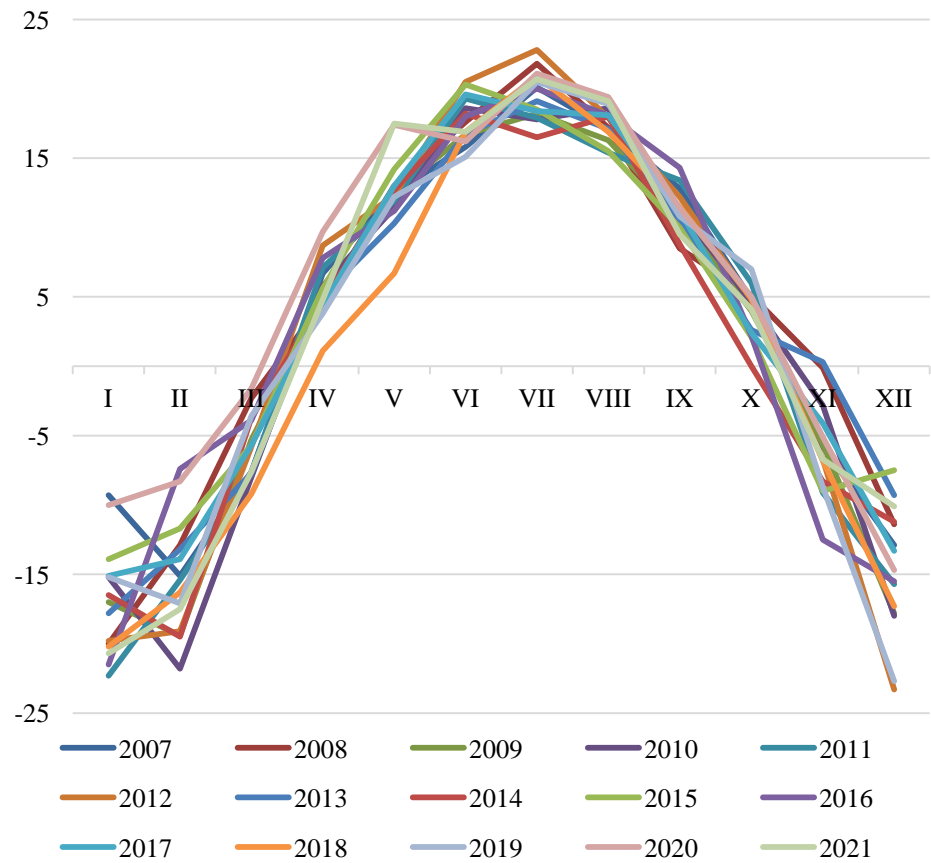


Рисунок 2.1 – Температура воздуха по месяцам (°C) календарного года: а) поверхностная диаграмма; б) контурная диаграмма (вид сверху на поверхностную диаграмму); цвета показывают интервалы значений (данные ГМС г. Омска)

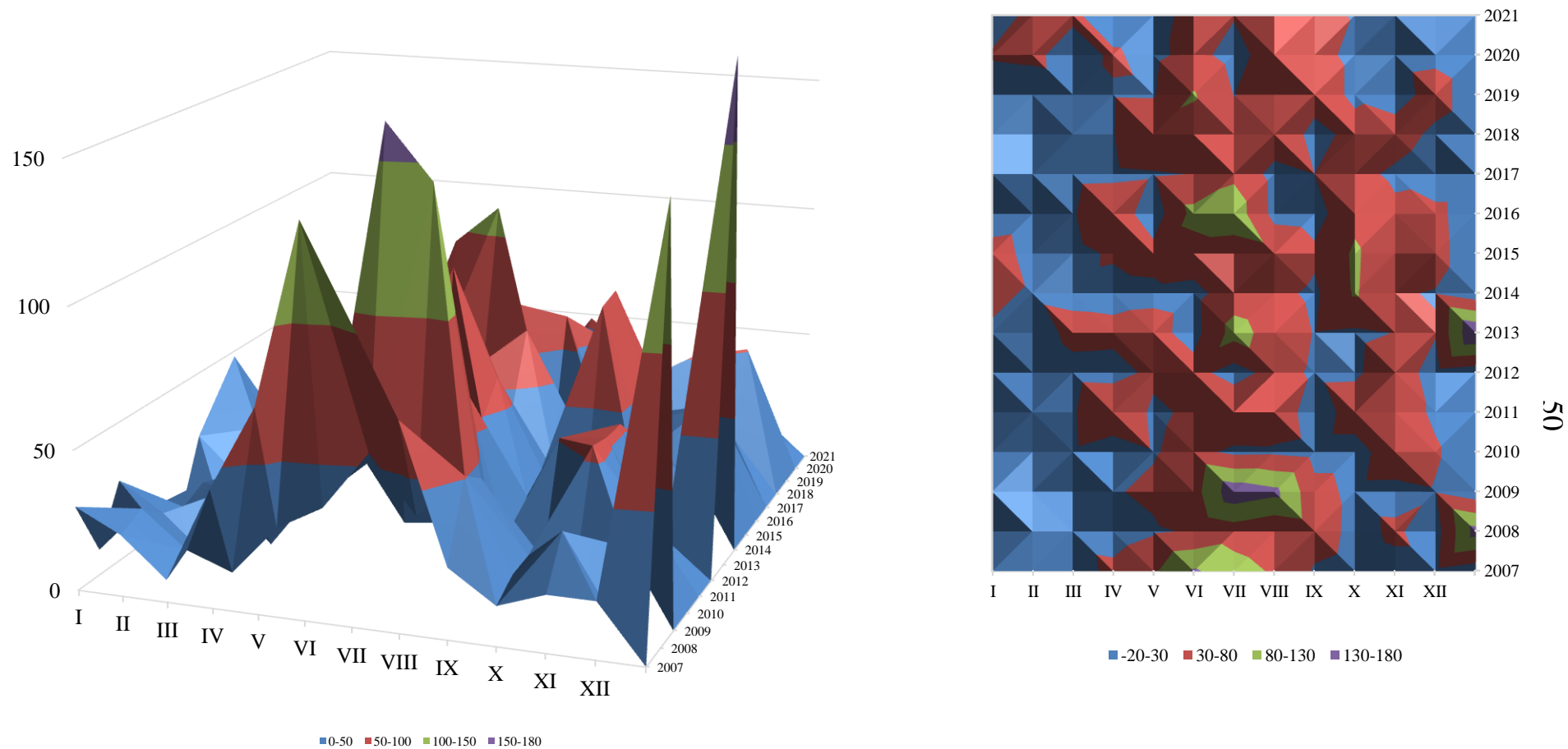


Рисунок 2.2 – Сумма осадков по месяцам (мм) за календарный год: а) поверхностная диаграмма (данные метеостанции г. Омск); б) контурная диаграмма (вид сверху на поверхностную диаграмму); цвета показывают интервалы значений

Агрометеоусловия в 2012 г. формировались в условиях холодной зимы, теплого и засушливого лета и осени. Вегетационный период характеризовался необычно ранними и затяжными весенними процессами. В мае было тепло и дождливо, в июне и июле – тепло, практически отсутствовали дожди в июле. Умеренный температурный режим с обильными осадками в августе.

В 2013 г. была холодная зима и крайне засушливый июнь. Вегетационный период неблагоприятный: отсутствие осадков в июне и обильное количество их в июле и августе сместили сроки уборки зерновых культур. Осадков за вегетационный период выпало 172 мм (норма 152 мм).

Агрометеорологические условия 2014 г. характеризовались обильными осадками в зимний период и незначительным промерзанием почвы. К началу посевной отмечался недобор атмосферных осадков в 35,0...39,3 % от среднемноголетнего уровня. Умеренное количество осадков выпало только в июле. Начало роста и развития зерновых культур сопровождалось необычно жаркая засушливая погода. Максимальные среднесуточные температуры достигали до 12,7...18,2°C. В этот период при норме 57,8 мм выпало всего 15 мм осадков (26 % от нормы). Количество выпавших осадков за май – август составило 114 мм (норма 152 мм).

Одной из особенностей вегетационного периода 2015 г. являлось то, что к началу посевной количество атмосферных осадков было в пределах нормы. Начало роста и развития зерновых культур сопровождалось частым выпадением осадков. За июнь повсеместно выпало 1,02 нормы осадков – 59 мм. Осадки пополнили почвенные запасы влаги. Данное обстоятельство благоприятствовало формированию высокой и мощной листостебельной массы растений зерновых культур.

Погодные условия в 2016 г. исследований были различными по температурному режиму и влагообеспеченности почвы, и отличались от предыдущих лет исследований. В декабре температура была на 6,5°C теплее среднемноголетней, январь – холоднее на 4,4 °C. Зимой выпало незначительно осадков. Вегетационный период характеризовался благоприятными метеорологическими факторами: теплая и влажная погода в апреле, в мае выпало лишь 15,5 % нормы, далее дождли-

вый июнь и июль. В августе наблюдалась теплая и сухая погода. За май – август осадков выпало 222 мм.

В 2017 г. зимой наблюдалась теплая погода. Весной было тепло, и количество осадков выпало в пределах нормы. Однако в июне наблюдалась теплая и умеренно влажная погода. Особенностью данного периода являлся также пониженный температурный режим в июле. В августе и сентябре было тепло, осадков выпало мало.

В 2018 г. зимний период был холодным с умеренным количеством осадков. Вегетационный период был контрастным и характеризовался ранней прохладной и затяжной весной, май был холодным и дождливым, июнь и июль – дождливыми. Количество осадков за май – август составило 169 мм, что на 17 мм выше среднегодовалого показателя.

Формирование агрометеорологических показателей в 2019 г. проходило в условиях теплой зимы и засушливой весны-лета. Вегетационный период характеризовался контрастной погодой: апрель – холодный и умеренно влажный, май – близкий к средним климатическим нормам, июнь – дождливый, август – теплый и влажный, а сентябрь был с обильными осадками. Количество осадков за период май – август составило 153 мм (при норме 152 мм).

Агрометеоусловия в 2020 г. формировались в условиях теплой зимы и засушливого лета. Вегетационный период характеризовался необычно ранними весенними процессами. В мае температура была на 5,4°С выше среднегодовой, в июне – тепло и умеренно влажно, в июле жарко и сухо в первой декаде и устойчивая засуха во второй и третьей декадах. Теплый температурный режим с обильными осадками в августе. Количество осадков за май август составило 111 мм (при норме 152 мм).

В 2021 г. были холодная зима и умеренно влажное лето. Вегетационный период был чрезвычайно неблагоприятным: длительное отсутствие осадков создали условия для почвенной засухи. К началу посевной отмечался недостаток атмосферных осадков в 40...45 % от среднегодового уровня. В период исследований в течение вегетации зерновых культур количество осадков было ниже

среднегодовыми показателями. Количество выпавших осадков за май – август составило 121 мм (норма 152 мм).

2.3 Почвы опытных участков

Территория исследований расположена в южной части Западной Сибири. Зональными пахотными почвами лесостепной зоны являются обыкновенные и выщелоченные черноземы, но наибольшее распространение имеют лугово-черноземные почвы. Формируются в условиях повышенного увлажнения за счет поверхностного стока или почвенно-грунтовых вод, залегающих на глубине 3...6 м. Их водно-физические свойства близки к черноземам, они закономерно меняются по профилю с изменением количества гумуса и гранулометрического состава. Закономерности изменения плотности твердой фазы, также аналогичны черноземам, за исключением плотности генетических горизонтов лугово-черноземных почв в нижней части профиля – гор. В₂, С_к; где плотность выше в связи с развитием глеевых процессов. Общая порозность здесь также ниже. Соотношение категории почвенной влаги (грунтовых вод, максимальной гигроскопии; влажности завядания) – типичное для черноземных почв. Соответственно изменению плотности в нижних горизонтах лугово-черноземных почв изменяются и условия аэрации, т.е. аэрационный режим ухудшается по сравнению с черноземами. Так, если в корнеобитаемом слое (гор. А и АВ) аэрация вполне удовлетворительная и не уступает черноземам, то в горизонте В₂ и С_к, как при полевой влагоемкости, так и при естественном увлажнении, приближается к критической величине, которая, по мнению многих исследователей, равна 10 %. При заполнении воздухом менее 10 % объема почвы в ней создаются условия для развития восстановительных процессов. Именно такие условия периодически появляются в оглеенных горизонтах лугово-черноземных почв. Сильно выраженную гидросорбционную способность черноземов и лугово-черноземных почв следует отнести к отрицательным агро-мелиоративным свойствам, так как при орошении почвогрунты могут сильно обводняться, восстанавливать былой гидроморфизм и терять свои фильтрационные свойства (Мищенко Л.Н., Мельников А.Л., Аксенова Ю.В., 2018).

Для почв характерно высокое содержание углерода в негидролизуемом остатке. Причиной повышенного количества нерастворимого остатка в составе гумуса в сибирских почвах является то, что в условиях резко континентального климата гуминовые кислоты под влиянием сильного промораживания зимой и частого просушивания летом быстрее обезвоживаются, стареют и переходят в малоподвижную форму – гумин. Кроме того, содержание последнего зависит от таких факторов, как характерная для сибирских черноземных почв прочная связь гумуса с минеральной частью почвы и более высокая насыщенность верхних горизонтов корневыми системами. Особенности состава гумуса определяются и реликтовой луговостью этих почв, так как палеогидроморфизм черноземных почв аккумулятивных равнин Сибири (Богданов Н.Н., 1969; Рейнгард Я.Р. и др., 2000; Азаренко Ю.А., 2013).

Характеристика почв опытных участков. Описание почвенного профиля разреза лугово-черноземной среднемошной среднегумусовой тяжелосуглинистой почвы участка в Омском АНЦ:

Вскипает от НС1 с 51 см, признаки оглеения отсутствуют до 151 см.

Почвенный индекс, мощность, см	Название горизонта, цвет, структура, гранулометрический состав, новообразования
$A_{\text{пах}}' \frac{0 - 18}{18}$	Свежий, темно-серый, однородный, рыхлый, пылевато-зернисто-комковатый, суглинистый, много корней, переход ясный.
$A_{\text{пах}}'' \frac{18 - 28}{10}$	Свежий, серый, более уплотненный, суглинистый, крупнокомковатый, корни растений, переход ясный.
$AB \frac{28 - 43}{15}$	Свежий, серый с буроватым оттенком, однородный, плотный, комковатый, суглинистый, корни растений.
$B1 \frac{43 - 51}{8}$	Свежий, более влажный по сравнению с вышележащим горизонтом, бурый, с темными затеками гумуса, плотный, комковато-ореховатый, суглинистый, переход резкий по границе вскипания.

$$B_{2к} \frac{51 - 90}{39}$$

Влажный, бурый, неоднородный, с потеками гумуса и коричневыми пятнами, плотный, ореховатый, суглинистый, вскипает вначале слабо, с 57 см – бурно, карбонаты в форме мелких пятен и прожилок, пропитки, потеки полуторных оксидов по границам агрегатов, переход ясный.

$$B_{3к} \frac{90 - 130}{40}$$

Влажный, бурый, однородный, уплотненный, комковатый, суглинистый, карбонаты в форме пропитки и небольших прожилок, переход ясный.

$$C_{к} \frac{130 - 151}{21}$$

Влажный, бурый, однородный по цвету, уплотненный, комковато-глыбистый, тяжелосуглинистый, карбонаты в форме пропитки рыхлых пятен и редко конкреций.

Грунтовые воды залегают на глубине 3,0...3,5 м. Содержание гумуса – 5,70 %. Плотность почвы в слое 0...40 см составляет 1,20...1,25 г/см³, плотность твердой фазы – 2,65 г/см³. Емкость поглощения в 0...30 см – 25,2...28,2 ммоль·экв/100 г. В ППК преобладает Са – 19,8...23,3 мг·экв/100 г, рН_{водн} – 6,5...7,1.

Почва опытного поля Омского ГАУ – лугово-черноземная маломощная малогумусовая тяжелосуглинистая:

вскипает от НСІ со 111 см, признаки оглеения отсутствуют до 153 см):

Почвенный индекс, мощность, см $\frac{A_{пах}}{0 - 28см}$ $\frac{B_1}{28 - 54см}$ $\frac{B_2}{54 - 111см}$	Название горизонта, цвет, структура, гранулометрический состав, новообразования Пахотный, свежий, темно-серый, среднеуплотненный, глыбисто-пылевато-комковатый, тяжелосуглинистый, остатки корней. Переход в горизонт B ₁ заметный. Переходный, увлажненный, неоднородный, бурый с серыми потеками гумуса, плотный, глыбисто-комковатый, тяжелосуглинистый. Переход в горизонт B ₂ постепенный. Переходный, влажный, неоднородный, светло-бурый с потеками гумуса, плотный, комковатый, тяжелосуглинистый. Переход
---	---

$$\frac{B_{3к}}{111-153см}$$

$$\frac{C_k}{153-193см}$$

в горизонт В_{3к} постепенный по цвету, резкий по вскипанию. Переходный, влажный, неоднородный, светло-бурый с резкими потеками гумуса, среднеуплотненный, комковатый, тяжелосуглинистый карбонатный. Переход в горизонт С_к заметный.

Материнская карбонатная оглеенная порода, влажный неоднородный, светло-бурый с сизыми и ржавыми пятнами оглеения, плотный, бесструктурный, глинистый.

Грунтовые воды залегают на глубине 3...3,5 м. Содержание гумуса в слое 0-20 см – 5,0...6,5 %. Объемная масса почвы в слое 0-40 см составляет 1,20...1,25 г/см³, плотность твердой фазы – 2,64...2,65 г/см³. Емкость поглощения в слое 0-30 см – 25,2...28,2 мг·экв/100 г. В ППК преобладает Са – 19,8...23,3 мг·экв /100 г, рН_{водн.} – 6,5...7,1. Почва характеризуется средним содержанием гумуса, валовых азота и фосфора, имеют широкое отношение С:N.

Количество доступных растениям форм азота в почве зависит от ряда факторов. Установлено, что максимальное накопление нитратов наблюдается в паровом поле. Фосфор очень важен в земледелии, многие черноземные почвы в естественном состоянии содержат доступные формы этого элемента в количестве, недостаточном для получения высоких урожаев (Гамзиков Г.П., 1981, 2018; Красницкий В.М. и др., 2020).

Обеспеченность опытных участков (слой 0...20 см) нитратным азотом – средняя и подвижными фосфором – средняя, калием – очень высокая, цинком и медью – низкая, марганцем – средняя (таблица 2.1, приложения 6-13).

Таблица 2.1 – Содержание подвижных элементов питания в почве перед закладкой опытов, мг/кг (2007-2021 гг.)

Год	№ опыта	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Cu	Mn
1	2	4	5	6	7	8	9
2007	1-7	16,6	95,0	254	0,57	0,11	60,1
		20,6	85,2	258	0,55	0,11	60,2

продолжение таблицы 2.1

		19,9	75,0	338	0,56	0,10	60,0	
2008		20,6	83,2	247	0,56	0,12	52,5	
		26,8	83,2	257	0,58	0,11	51,4	
		25,4	83,5	267	0,55	0,11	52,1	
		14,1	94,0	280	0,60	0,14	49,5	
2009		16,4	80,0	250	0,55	0,15	48,3	
		22,6	81,5	190	0,58	0,13	49,6	
		16,7	80,6	252	0,60	0,14	59,4	
2010		20,1	81,6	252	0,61	0,12	49,4	
		22,4	83,4	291	0,62	0,12	49,8	
		20,1	83,2	254	0,64	0,13	55,4	
2011		20,3	73,9	254	0,54	0,14	55,1	
		26,6	85,0	154	0,58	0,11	46,3	
2009	8	23,6	83,2	147	0,55	0,15	55,8	
2010		24,5	84,6	149	0,52	0,13	55,2	
2011		23,9	83,4	150	0,52	0,12	56,3	
2012		23,2	83,1	157	0,51	0,10	57,1	
2013		16,7	80,6	252	0,60	0,14	59,4	
2010	9,10	20,1	81,6	252	0,61	0,12	49,4	
		20,1	83,2	254	0,64	0,13	55,4	
20,3		73,9	254	0,54	0,14	55,1		
2012		19,6	85,4	271	0,55	0,14	56,3	
		19,9	87,1	276	0,56	0,13	54,2	
2014		11,12	18,4	133	216	-	-	-
	7,8		127	210	-	-	-	
2015	16,8		129	216	-	-	-	
	7,8		127	210	-	-	-	
2016	21,8		119	226	-	-	-	
	6,8		117	224	-	-	-	
2017	13-15		18,1	253	335	0,58	0,06	18,1
2018			18,4	205	320	0,60	0,08	18,4

окончание таблицы 2.1

1	2	4	5	6	7	8	9
2019		18,2	245	325	0,62	0,07	18.2
2018	16	8,1	125	275	-	-	-
2019		8,0	127	292	-	-	-
2020		8,2	127	282	-	-	-
2020	17	14,1	75	337	-	-	-
		13,4	77	345	-	-	-
2021		15,3	62	594	-	-	-
		14,7	64	582	-	-	-

2.4 Методика полевых и лабораторных исследований

2.4.1 Методика полевых опытов

В период исследований было проведено 17 опытов (приложение 2).

Опыты 1-4. С целью изучения различных способов применения Zn-удобрений на продуктивность зерновых культур были проведены опыты:

– в 2007-2011 гг. на полях Омского аграрного научного центра опыт 1 – озимая пшеница, опыт 2 – озимая рожь и опыт 3 – озимое тритикале;

Схема опытов: 1. N₃₀ (фон 1), 2. Zn₄, 3. Zn₈, 4. Zn₁₂*, 5. N₃₀P₆₀ (фон 2), 6. Zn₄, 7. Zn₈, 8. Zn₁₂, 9. Zn_{0,5}*, 10. Zn₁*, 11. Zn_{1,5}*. Дозы Zn₁₂ и Zn_{1,5}, Cu_{1,5}*, Mn_{1,5}* были введены в схему исследований в 2009 г. для изучения повышенных доз.

– в 2009-2013 гг. на полях учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ яровая пшеница опыт 4.

Схема опыта: 1.N₆₀ (фон 1), 2.Zn₄, 3.Zn₈, 4.Zn₁₂*, 5.N₆₀P₆₀ (фон 2), 6.Zn₄, 7.Zn₈, 8.Zn₁₂, 9.Zn_{0,5}*, 10.Zn₁*, 11.Zn_{1,5}*.

Опыты 5-8. Для изучения влияния предпосевной обработки семян солями микроэлементов на продуктивность зерновых культур были проведены опыты:

– в 2007-2011 гг. на полях Омского аграрного научного центра опыт 5 – озимая пшеница, опыт 6 – озимая рожь и опыт 7 – озимое тритикале.

Схема опытов: 1. N₃₀P₆₀K₆₀ (фон), 2. Zn_{0,5}, 3. Zn_{1,0}, 4. Zn_{1,5}, 5. Cu_{0,5}, 6. Cu_{1,0}, 7. Cu_{1,5}, 8. Mn_{0,5}, 9. Mn_{1,0}, 10. Mn_{1,5}, 11. Zn_{0,5}Cu_{0,5}, 12. Zn_{0,5}Mn_{0,5}, 13. Cu_{0,5}Mn_{0,5}, 14. Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}, 15. Zn_{1,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}, 16. Zn_{0,5}Cu_{1,0}Mn_{0,5}, 17. Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{1,0}, 18. Zn_{1,5}Cu_{1,0}Mn_{1,0}.

Для уточнения эффективности действия совместного применения микроудобрений в 2009-2013 гг. при возделывании яровой пшеницы на полях Омского ГАУ был проведен полевой опыт 8.

Схема опытов: 1. N₆₀P₆₀K₆₀ (фон), 2. Zn_{1,0}Cu_{0,5}Mn_{0,5}, 3. Zn_{0,5}Cu_{1,0}Mn_{0,5}, 4. Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{1,0}, 5. Zn_{1,5}Cu_{1,0}Mn_{1,0}.

Опыты 9, 10. Для изучения влияния расчетных доз Zn-удобрений в допосевное внесение на продуктивность зерновых культур были заложены производственные опыты в 2007-2011 гг. на полях Омского аграрного научного центра на по схеме: 1. N₃₀P₆₀ (фон), 2. Zn_{3,4}(ОУ), 3. Zn_{6,6}(ОУ), 4. Zn_{11,3}(ПО).

Цинковые удобрения применяли в дозах, определенных расчетными методами. Дозу на основе оптимальных уровней (ОУ) рассчитывали по формуле (1):

$$D = (C_o - C_f) : K_d, \quad (1)$$

где K_д – коэффициент интенсивности действия 1 кг д. в./га удобрения, внесенного в почву, на содержание подвижных форм элементов питания, мг/кг;
C_о – содержание элемента в почве оптимальное, мг/кг;
C_ф – содержание элемента в почве фактическое, мг/кг.

Дозу на основе полевого опыта (ПО) рассчитывали по формуле (2):

$$D = D_o \cdot C_o : C_x \quad (2)$$

где D_о – оптимальная доза удобрений (кг д.в /га) при соответствующем содержании (мг/кг) элемента в почве (C_о);

Д – доза удобрений (кг д.в./га) при содержании соответствующего элемента в почве конкретного поля (Сх).

Опыты с 1 по 10 проводились с использованием следующих удобрений: аммиачная селитра NH_4NO_3 – 34 %, двойной суперфосфат $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, с содержанием P_2O_5 – 46 %, хлористый калий KCl – 60 %, сульфаты цинка (Zn – 22,5 %), меди (Cu – 25,5 %) и марганца (Mn – 22,8 %).

Допосевное внесение и заделка фосфорных (двойной суперфосфат), калийных (KCl) и микроудобрений (сульфаты Zn , Cu , Mn) осуществлялось перед посевом на глубину заделки. Семена обрабатывали сульфатами Zn , Cu , Mn . Азотные удобрения (NH_4NO_3) под озимые культуры вносили в фазу весеннего кущения, под яровую пшеницу – до посева.

Расположение делянок на опытном участке систематическое. Площадь делянок – 16 м²; учётная площадь – 15 м². Предшественник – кулисный пар.

Опыты 11, 12. Для изучения влияния стимулятора роста Зеребра Агро на урожайность зерновых культур (яровая пшеница, яровой ячмень) и качество зерна в 2014-2016 гг. в Омском ГАУ были заложены опыты по схеме: 1. Контроль; 2. 50 мл/га; 3. 100 мл/га; 4. 150 мл/га; 5. 200 мл/га.

Полевые опыты 11,12 были проведены с яровой пшеницы (сорт Дуэт) и яровым ячменем (сорт Подарок Сибири). Площадь делянок – 50 м²; учётная площадь – 40 м². Обработка регулятором роста Зеребра Агро проводилась в фазу кущения. Посев яровой пшеницы проводили сеялкой СН-16 нормой высева 5 млн. всхожих семян на 1 га на глубину 5 см. Предшественники – пар и первая пшеница после пара.

Опыты 13-15. Для изучения влияния доз, сочетаний и способов применения хелатных микроудобрений (цинковых и медных) на продуктивность яровой пшеницы в 2017-2019 гг. на полях Омского АНЦ был проведен полевой опыт по двухфакторной схеме:

Фактор А – доза удобрений:

1.Контроль,

6. Cu_{20} ,

11. $\text{Zn}_{10}\text{Cu}_{20}$,

2. Zn ₁₀ ,	7. Cu ₃₀ ,	12. Zn ₁₀ Cu ₃₀ ,
3. Zn ₂₀ ,	8. Zn ₁₀ Cu ₁₀ ,	13. Zn ₂₀ Cu ₃₀ ,
4. Zn ₃₀ ,	9. Zn ₂₀ Cu ₁₀ ,	14. Zn ₂₀ Cu ₂₀ ,
5. Cu ₁₀ ,	10. Zn ₃₀ Cu ₁₀ ,	15. Zn ₃₀ Cu ₃₀

Фактор В – способы применения микроудобрений:

1. Предпосевная обработка семян (кг/т);
2. Листовая подкормка в фазу кущения (кг/га);
3. Листовая подкормка в фазу выхода в трубку (кг/га)

Дозы микроэлементов при обработке семян – в килограммах действующего вещества на 1 тонну семян, при листовых подкормках – в килограммах действующего вещества на 1 гектар. В опытах использовались хелаты цинка (Zn – 80 г/л) и меди (Cu – 60 г/л) на основе оксиэтилидендифосфоновой кислоты. Обработка посевов проводилась в фазы кущения и выхода в трубку.

Сорт – Памяти Азиева. Расположение делянок на опытном участке систематическое. Повторение вариантов в опыте трехкратное, размещение повторений – в три яруса. Общая площадь делянки 16 м², учетная 15 м². Предшественник – чистый пар.

Опыт 16. Для изучения влияния листовой подкормки азотными удобрениями на продуктивность яровой пшеницы в 2018-2020 гг. на полях Омского ГАУ был проведен опыт по схеме:

1. Без удобрений (контроль); 2. N₁₀ - подкормка в фазу кущения; 3. N₃₀ - подкормка в фазу выхода в трубку; 4. N₁₀ - подкормка в фазу кущения + N₃₀ - подкормка в фазу выхода в трубку; 5. NP (расчетный фон на 6 т/га); 6. фон + N₁₀ - подкормка в фазу кущения; 7. фон + N₃₀ - подкормка в фазу выхода в трубку; 8. фон + N₁₀ - подкормка в фазу кущения + N₃₀ - подкормка в фазу выхода в трубку.

Вносились следующие дозы на расчетном фоне по годам: 2018 – N₁₃₅P₇₅; 2019 – N₁₂₈P₉₅; 2020 – N₁₅₅P₁₃₂.

Расчет доз удобрений на плановый урожай (ПУ) на фоне проводили по формуле (3):

$$D = (ПУ \cdot Н - З \cdot Кип) : Киу, \quad (3)$$

где Z – запас элемента питания в слое почвы 0...20 см, кг/га;

$Kип$ и $Киу$ – коэффициент использования элементов питания из почвы и из удобрений.

При определении дозы N-удобрений использовалась формула (4):

$$D = (ПУ \cdot Н - (З + N_T) \cdot Кип) : Киу, \quad (4)$$

где N_T – азот текущей нитрификации, кг/га.

Общая площадь делянки 20 м², учетная 16 м². Предшественник – яровая пшеница по чистому пару. Минеральные удобрения вносили весной перед посевом под предпосевную культивацию в форме карбамида и двойного суперфосфата вручную, подкормку проводили 10...30 % раствором карбамида (220 л/га рабочего раствора).

Опыт 17. Для изучения эффективности различных форм и способов внесения N-удобрений при возделывании яровой пшеницы мягкой и ярового ячменя плёнчатого в условиях лесостепной зоны Омской области (Омский ГАУ) был заложен двухфакторный опыт:

Фактор А – припосевное внесение удобрений: Фактор В – листовая подкормка:

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Без удобрений (контроль); | 1. Без подкормки; |
| 2. N ₃₀ (аммиачная селитра) | 2. N ₃₀ (карбамид) |
| 3. N ₃₀ (карбамид) | 3. N ₃₀ (КАС) |
| 4. N ₃₀ (КАС) | |

Общая площадь делянки 16 м², учетная – 15 м². Минеральные удобрения вносили весной перед посевом под предпосевную культивацию в форме аммиачной селитры, карбамида и карбидно-аммиачной смеси вручную, подкормку проводили 10...30 % раствором – 220 л/га рабочего раствора.

Повторность во всех опытах трехкратная с систематическим размещением вариантов.

Отбор почвенных проб проводился до посева во время вегетации изучаемых культур. В период вегетации проводились фенологические и метеорологические наблюдения. Учеты и наблюдения за ростом и развитием растений, отбор растительных и почвенных проб были приурочены к фазам развития (всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение) и уборке зерновых культур.

Закладку опытов, все учеты, наблюдения производили по общепринятым методикам (Доспехов Б.А., 1985; Ю.Б. Мощенко, 1993; Пискунов А.С., 2004; Церлинг В.В., 1990; Кидин В.В. и др., 2008; Система ..., 2021).

Использовали сельскохозяйственные машины учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ и ФГБУ «Омский АНЦ».

Яровая пшеница. Предшественник – пар. Осенью была проведена основная обработка почвы зяблевая вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20...22 см. Предпосевная обработка почвы заключалась в ранневесеннем бороновании зубowymi боронами в два следа при достижении почвой состояния физической спелости и культивации КПС-4 на глубину заделки семян.

Посев производили 25...27 мая, норма высева 5,0 млн. всхожих семян, сеялкой ССФК-7. После посева почву прикатывали кольчатыми катками ЗКК-3А. В течение вегетации посевы обрабатывались в фазу кущения гербицидами: Примадонна – 0,5 л/га, Гранат – 0,015 л/га, Овсяген Экспресс – 0,5 л/га. Уборку проводили в первой декаде сентября прямым комбайнированием «Nege-125».

Осенью основная обработка – зяблевая вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20...22 см. Предпосевная обработка почвы заключалась в ранневесеннем бороновании зубowymi боронами в два следа при достижении почвой состояния физической спелости и культивации КПС-4 на глубину заделки семян. До и после посева проводили прикатывание ЗККШ-6А. Норма высева 5,5 млн. всхожих семян на гектар, на глубину 5...6 см сеялкой ССФК-7. Сроки посева – третья декада мая. Уборку производили прямым комбайнированием «Nege-125».

Озимые зерновые культуры. Предшественник – кулисный пар (горчица). Осенью основная обработка – зяблевая вспашка плугом ПН-4-35 на глубину 20...22 см. Предпосевная обработка почвы заключалась в ранневесеннем бороно-

вании зубowymi боронами в два следа при достижении почвой состояния физической спелости и культивации КПС-4 на глубину заделки семян. Посев производили в третьей декаде августа, норма высева 6,5 млн. всхожих семян на гектар, на глубину 5...6 см сеялкой ССФК-7. После посева и внесения удобрений почву прикатывали ЗККШ-6А. Уборку проводили в первой декаде августа прямым комбайнированием «Nege-125».

2.4.2 Методика лабораторных исследований

Химические анализы почв и растений проводили на кафедре агрохимии и почвоведения Омского ГАУ, в лабораториях Омского ГАУ, в ФГБУ «ЦАС «Омский», ФГБНУ «Омский АНЦ» общепринятыми в агрохимии и почвоведении методами (Пискунов А.С., 2004; Кидин В.В. и др., 2008; Новицкий М.В. и др., 2009; Самофалова И.А., Лобанова Е.С., 2021).

В почвенных пробах определяли: гумус – по Тюрину в модификации Симанковской, рН почвы – потенциометрическим методом; ЕКО – по Бобко и Аскинази в модификации Грабарова и Уваровой; плотность твердой фазы – пикнометрическим методом; нитратный азот – по Грандваль-Ляжу; подвижный фосфор и калий – по Чирикову.

Гигроскопическую влагу определяли методом высушивания в сушильном шкафу при температуре $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ в растениях и в почве. Сжигание растительных навесок проводили методом мокрого озоления по Пиневиичу; общий азот в полученном растворе определяли по Кьельдалю; фосфор по Дениже; калий – на пламенном фотометре. Определение содержания микроэлементов в растениях и почве проводили атомно-абсорбционным методом по методу Крупского и Александровой.

Оценка посевных качеств семян проводилась в %; массы 1000 семян, в г; чистоты, в %; энергии прорастания и лабораторной всхожести, в % (ГОСТы соответственно 12041-82, 12042-80, 12037-81, 12038-84). Проводили определение: содержания белка зерне, стекловидности зерна, клейковины, аминокислот (ГОСТы 10846-91, 10987-79, 27839-2013, Р 55569-2013).

Биохимический анализ зерна проводили по следующим методикам: общий азот – индофенольным методом (ГОСТ-13496.4-93). Концентрацию аминокислот определяли методом капиллярного электрофореза на приборе «Капель 105» с программным обеспечением «Мультихром 1,5» для Windows. Определяли концентрацию 14 аминокислот, из них 9 – незаменимых: аргинин (Arg), валин (Val), гистидин (His), лейцин (Leu) + изолейцин (Ile), лизин (Lys), метеонин (Met), треонин (Thr), фенилаланин (Phe) и 5 заменимых аминокислот: аланин (Ala), глицин (Gly), пролин (Pro), серин (Ser), тирозин (Tyr).

Результаты исследований подвергнуты математической обработке (Доспехов Б.А., 1985). Согласно рекомендациям (Минеев В.Г. и др., 2017; Бобренко И.А., 2022) рассчитывалась агроэнергетическая и экономическая эффективность удобрения.

3 ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Микроэлементы важны для жизни растений, выступая в качестве обязательного фактора повышения эффективного плодородия почв и увеличения продуктивности культур. В сочетании с макроэлементами они необходимы для создания в почве оптимального баланса, обуславливающих нормальное развитие растения. При этом обеспеченность растений микроэлементами определяется их запасами в почвах (Swain D., 1955; Voisin A., 1964; Бахнов В.К., Трейман А.А., 1966; Гамзиков Г.П., 1967; Власюк П.А., Климовицкая З.М., 1969; Парибок Т.А., 1970; Орлова Э.Д., 1971, 1975; Зырин Н.Г., Рерих В.И., Тихомиров. Ф.А., 1976; Мамилов Ш.З., Саданов А.К., Илялетдинов А.Н., 1987; Башкин В.Н. и др., 1993; Лукин С.В., Солдат И.Е., Пендюрин Е.А., 1999; Лукин С.В., Авраменко П.М., 2005; G.A. Belogolova и др., 2009; Костин В.И., Мударисов Ф.А., Семашкина А.И., 2017; Azarenko Yu.A., 2019).

В Сибири использование микроудобрений впервые исследовано профессором А.З. Ламбиным (1949, 1959) в Омском сельскохозяйственном институте в 1932-1965 гг., результаты его экспериментов заложили основы теории и практики применения микроэлементов в земледелии Сибири и России. Он изучал роль Zn, Cu, Mn, Co, Mo, B, Fe, I, Cd и Ni в развитии различных культурных растений.

С 1960-х гг. особенности режима микроэлементов в почвах региона изучены Э.Д. Орловой (1968), Г.П. Гамзиковым (1967), Н.Н. Сказаловой (1973), В.А. Агеевым (1980), В.М. Красницким (2002), Ю.А. Азаренко (2020). На кафедре агрохимии и почвоведения Омского ГАУ Э.Д. Орловой (1968), Ю.И. Ермохиным (1983, 1995), Л.М. Лихомановой (1986), Н.К. Трубиной (1993), А.В. Синдиревой (2012), Т.Б. Смирновой (2003), И.А. Бобренко (2004), Л.Н. Андриенко (2006), М.А. Склярской (2008), Н.В. Гоман, В.И. Поповой (2018), Е.П. Болдышевой (2018), Ю.А. Азаренко (2020), В.В. Поповой (2021), В.А. Волковой (2021) и др. проведены многочисленные эксперименты с микроудобрениями на различных почвах региона с сельскохозяйственными культурами. Установлено, что микроэлементы, являются

биологически активными веществами, влияющими на многие биохимические процессы в организме. Они усиливают рост растений, повышают их устойчивость к заболеваниям, и, в конечном итоге, увеличивают урожай и повышают его качество.

Яровая пшеница в Западной Сибири является высокопродуктивной культурой с урожайностью до 3,0...6,0 т/га, она занимает 70 % посевных площадей региона и изучение особенностей управления ее питанием является первостепенной задачей.

3.1 Способы применения Zn-удобрений

Микроудобрения применяют разными способами, выбор которых зависит от обеспеченности микроэлементами почв, свойств удобрений, особенностей культур, агротехнологии. Допосевное применение предпочтительнее при существенном недостатке микроэлементов в почве. Исследования показали более высокую эффективность (с учетом прямого действия и последствия) микроэлементов при внесении в почву по сравнению с другими способами их применения. Это связано с тем, что внесение микроудобрений в почву обеспечивает определенный уровень питания растений микроэлементами в течение всего вегетационного периода. Внесение микроудобрений с осени нецелесообразно, так как возможно их вымывание или переход в труднорастворимые формы при взаимодействии с компонентами почвы.

Обработка семян перед посевом обеспечивает растения микроэлементами в самом начале роста, активизирует физиологические и биохимические процессы в прорастающем семени.

Послепосевное внесение (некорневые, листовые подкормки) позволяет уменьшить дозу микроэлемента и существенно повысить коэффициент его использования. Однако этот прием при остром недостатке отдельных микроэлементов в почве не может полностью обеспечить потребность в них растений.

Предпосевная обработка семян и подкормки растений не могут заменить внесения микроудобрения в почву в тех случаях, когда в ней наблюдается острый

недостаток микроэлемента. В то же время следует учитывать, что допосевное внесение требует больших затрат удобрений, чем другие способы.

В 2007-2013 гг. и 2017-2019 гг. проведены исследования по использованию различных форм и способов применения микроудобрений при возделывании яровой пшеницы в условиях Юга Западной Сибири.

Ранее исследованиями в регионе А.Е. Кочергина (1965, 1974), Н.К. Болдырева (1961, 1972), Г.П. Гамзикова (1981, 2013, 2018) установлены оптимальные уровни нитратного азота, подвижных фосфора и калия для зерновых культур. В исследованиях до посева в почве имелся дефицит азота и фосфора. Поэтому мы доводили содержание этих элементов в почве до оптимального уровня, так как микроудобрения наиболее эффективны при достаточной обеспеченности макроэлементами. Для расчета необходимой дозы удобрений использовали метод определения доз удобрений на основе оптимальных уровней содержания элементов питания в почве (5):

$$D = (C_0 - C_f) : K_d, \quad (5)$$

где K_d – коэффициенты интенсивности действия 1 кг элемента удобрения, внесенного в почву, на содержание $N-NO_3$ (0,11 мг/кг) и P_2O_5 (0,22...0,25 мг/кг).

Для создания оптимальных уровней доступных азота и фосфора в почве были внесены данные элементы с удобрением – N_{60} и $N_{60}P_{60}$. В результате содержание элементов в почве было очень высоким: нитратного азота – 23,6...26,6, подвижного фосфора – 81,2...85,0, подвижного калия – 147...154 мг/кг.

Данные эксперимента позволяют сделать вывод о хорошей отзывчивости яровой пшеницы на использование Zn-удобрений при допосевном внесении (таблица 3.1, приложение 4). Оно оказало значительное влияние на урожайность зерна как на фоне N_{60} , так и на фоне $N_{60}P_{60}$.

Допосевное внесение Zn-удобрений в дозах 4, 8 и 12 кг/га на азотном фоне без применения фосфорных удобрений позволило сформировать высокие прибавки урожая (0,32, 0,54 и 0,24 т/га при урожайности в фоновом варианте 2,42), при этом окупаемость Zn удобрений была выше, чем от их внесения на азотно-фосфорном фоне.

Таблица 3.1 – Урожайность зерна яровой пшеницы при применении Zn-удобрений (2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность по годам, т/га				± к фону	
	2009	2010	2011	средняя	т/га	%
N ₆₀ – фон 1	1,53	2,03	3,70	2,42	-	-
Zn ₄	1,90	2,44	3,89	2,74	0,32	13,4
Zn ₈	2,06	2,70	4,11	2,96	0,54	22,2
Zn ₁₂	2,12	2,71	3,89	2,91	0,49	20,3
N ₆₀ P ₆₀ – фон 2	2,01	2,41	4,01	2,81	0,39	16,1
Zn ₄	2,15	2,59	4,10	2,95	0,14	4,9
Zn ₈	2,40	3,01	3,93	3,11	0,30	10,8
Zn ₁₂	2,37	2,98	3,62	2,99	0,18	6,4
Zn _{0,5} *	2,38	2,70	4,18	3,09	0,28	9,8
Zn _{1,0} *	2,24	2,68	3,98	2,97	0,16	5,6
Zn _{1,5} *	2,15	2,33	3,81	2,76	-0,05	-
НСР _{0,5}	0,12	0,11	0,13			

* – обработка семян, кг/т

Наибольшая прибавка урожая зерна пшеницы 0,54 т/га сформировалась при применении дозы Zn 8 кг/га на фоне N₆₀. В то же время внесение Zn-удобрений в дозе 4 кг/ га на фоне N₆₀P₆₀ не привело к увеличению урожайности по сравнению с такой же дозой без фосфорного фона (прибавка урожая 0,32 и 0,14 т/га соответственно). Вероятно, это можно объяснить негативным влиянием на поступление Zn повышенного содержания фосфора в почве при применении фосфорных удобрений, что отмечалось и другими исследователями (Минеев В.Г., Дебрецени Б.,

Мазур Т., 1993; Ильин В. Б., Сысо А.И., 2001; И.А. Бобренко, 2004 и др.). Для преодоления негативного влияния данного фактора потребовалось увеличение дозы Zn до 8 кг/га, что позволило получить наивысшую урожайность (3,11 т/га) и прибавку (0,30 т/га) на фоне N₆₀P₆₀.

При обработке семян цинковыми удобрениями урожайность яровой пшеницы в дозах от 0,5 кг/т до 1,5 кг/т на фоне N₆₀P₆₀ изменялась от 2,76 до 3,09 т/га. При увеличении дозы Zn до 1,5 кг/т наблюдалась тенденция снижения урожайности яровой пшеницы до 2,76 т/га. Максимальная прибавка 0,28 т/га от дозы 0,5 кг/т практически такая же, как максимальная 0,30 т/га при применении до посева Zn₈. Можно сделать вывод, что эти способы использования Zn-удобрений обеспечивают одинаковую эффективность.

Таким образом, внесение макроудобрений (N₆₀, N₆₀P₆₀) совместно с Zn обеспечило существенное повышение урожайности яровой пшеницы, что позволяет сделать вывод о положительном действии доз удобрений на лугово-черноземной почве, характеризующейся низким содержанием этого элемента.

3.2 Обработка семян микроудобрениями (Zn, Cu, Mn)

Для выяснения влияния Zn, Cu и Mn на продуктивность яровой пшеницы изучалось обработка семян перед посевом одним микроэлементом и несколькими одновременно (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Урожайность зерна яровой пшеницы при обработке семян микроэлементами (2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность по годам, т/га				± к фону	
	2009	2010	2011	средняя	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ – фон	1,72	2,80	2,30	2,27	-	-
Zn _{0,5}	2,03	2,89	2,68	2,53	0,26	10,4
Zn _{1,0}	2,06	2,86	2,59	2,50	0,23	9,30

1	2	3	4	5	6	7
Zn _{1,5}	2,41	3,24	2,86	2,84	0,57	20,0
Cu _{0,5}	2,00	3,12	2,86	2,66	0,39	14,7
Cu _{1,0}	2,29	3,11	3,02	2,81	0,54	19,1
Cu _{1,5}	2,20	3,18	2,38	2,59	0,32	12,2
Mn _{0,5}	2,28	3,22	2,35	2,62	0,35	13,2
Mn _{1,0}	2,42	2,85	2,80	2,69	0,42	15,6
Mn _{1,5}	2,28	3,12	2,42	2,61	0,34	12,9
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	2,17	2,84	2,49	2,50	0,23	9,20
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	1,78	2,96	2,42	2,39	0,12	4,90
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	2,32	3,36	2,86	2,85	0,58	20,3
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	2,50	3,50	3,02	3,01	0,74	24,5
НСП ₀₅ , т/га	0,15	0,16	0,15			

Урожайность зерна в фоновом варианте варьировала от 1,72 т/га (2009 г.) до 2,30 т/га (2011 г.) и в среднем составила 2,27 т/га. При обработке семян Zn видно, что наиболее эффективна доза 1,5 кг/т. По отношению к фону N₆₀P₆₀K₆₀ прибавка составила 0,57 т/га или 20 %; а при применении Zn в дозах 0,5 и 1,0 кг/т – 0,26 т/га и 0,23 т/га соответственно. В данном опыте в отличие от предыдущего для создания оптимального фона применялись калийные удобрения. Наивысший эффект наблюдался при повышенной дозе цинка, так как ионы K⁺ и Zn²⁺ антагонисты (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989).

Применение Cu при обработке семян также оказывало положительное влияние на формирование биомассы. Максимальная урожайность была получена при дозе 1,0 кг/т и составила 2,81 т/га, что на 19,1 % выше фона, увеличение дозы до 1,5 кг/т способствовало снижению урожайности (прибавка 0,32 т/га или 12,2 % к фону).

При применении обработки семян Mn в различных дозах урожайность значительно не изменялась при росте доз. Ее увеличение составило 0,34...0,42 т/га

(12,9...15,6 %), а максимальное – при обработке семян в дозе 1,0 кг/т и составила 0,42 т/га (15,6 %); применение 1,5 кг/т сопровождалось тенденцией к снижению урожайности зерна. Наиболее эффективным являлось применение $Mn_{0,5}$, увеличение урожайности от возрастающих доз недостоверно.

Максимальная урожайность получена при совместном применении микроудобрений: при обработке $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$ урожайность составила 3,01 т/га, прибавка – 0,74 т/га или 24,5 % к контрольному фону.

Для уточнения эффективности действия совместного применения микроудобрений был проведен полевой эксперимент (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Урожайность зерна яровой пшеницы при обработке семян микроудобрениями (2011-2013 гг.)

Доза удобрения	Урожайность по годам, т/га				± к фону	
	2011	2012	2013	средняя	т/га	%
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	1,70	2,23	2,35	2,09	-	-
$Zn_{1,0}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$	2,90	2,94	3,06	2,97	0,88	42,1
$Zn_{0,5}Cu_{1,0}Mn_{0,5}$	2,04	2,56	2,68	2,43	0,34	16,3
$Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{1,0}$	2,58	2,82	2,96	2,79	0,70	33,5
$Zn_{1,5}Cu_{1,0}Mn_{1,0}$	2,36	2,93	3,04	2,78	0,69	33,0
HCP_{05}	0,15	0,18	0,15			

Эффективнее было применение микроудобрений в дозе $Zn_{1,0}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$ со средней урожайностью зерна 2,97 т/га, прибавка к контролю составила 0,88 т/га (42,1 %). Не многим меньше оказались прибавки в вариантах $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{1,0}$ и $Zn_{1,5}Cu_{1,0}Mn_{1,0}$ – 0,70 и 0,69 т/га соответственно.

Таким образом, на урожайность яровой пшеницы наиболее благоприятное действие оказывает обработка семян комплексом микроудобрений. Оптимальным является сочетание $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$ и $Zn_{1,0}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$, т.к. наибольшие прибавки урожайности получены именно в этих вариантах.

3.3 Способы применения хелатов Zn и Cu

Применение хелатной формы повышает усвояемость микроэлементов. Органическая оболочка, которая образуется вокруг элемента при хелатировании, предотвращает процессы его связывания в почве, а корни растений поглощают хелаты. Хелаты очень эффективны также при листовых подкормках. Листья растений имеют защитное восковое покрытие, которое отталкивает воду и растворенные в ней элементы, усложняя их проникновение в листья. Но хелат способен проходить сквозь восковое покрытие листа внутрь растения, где элемент усваивается (Попова В.В., 2021). В тоже время аспирантом Омского ГАУ Волковой В.А. (2021) в диссертационной работе установлено, что применение микроэлементов при возделывании яровой пшеницы в форме хелатов и сульфатов в эквивалентных дозах одинаково эффективно в условия зоны, но в целом первые более технологичны.

Целью исследований 2017-2019 гг. было определить эффективность доз и способов использования хелатных форм Zn- и Cu-удобрений при возделывании яровой пшеницы, которые применялись при обработке семян до посева и в качестве листовой подкормки в фазы кущения и выхода в трубку (таблица 3.4, рисунки 3.1...3.3).

Выявлено положительное действие хелата Zn при предпосевной обработке семян на урожайность зерна яровой пшеницы (рисунок 3.1). Обработка семян 20 г/100 кг позволило сформировать наибольшую прибавку урожая 0,20 т/га (в контроле урожайность 2,20 т/га). При этом Zn₁₀ и Zn₃₀ увеличивали урожайность зерна на 0,08 и 0,15 т/га соответственно. Использование Cu-удобрений в дозах 20 г и 30 г/100 кг позволило сформировать практически одинаковые прибавки урожайности 0,14 и 0,15 т/га соответственно, а обработка Cu₁₀ не привела к достоверному увеличению урожайности (0,05 т/га).

Лучшей дозой цинка и меди при предпосевной обработке является 20 г/100 кг семян. Обработка семян хелатами цинка и меди в составе парных комбинаций способствовала увеличению урожайности в среднем от 0,10 до 0,38 т/га зерна (4,5-17,3 % к контролю).

Таблица 3.4 – Урожайность зерна яровой пшеницы при применении хелатных Zn- и Cu-удобрений
(среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Предпосевная обработка семян, г/100 кг			Листовая подкормка, г/га					
				кущение			выход в трубку		
	урожайность, т/га	± к контролю		урожайность, т/га	± к контролю		урожайность, т/га	± к контролю	
т/га		%	т/га		т/га	%		т/га	т/га
Контроль	2,20	-	-	2,20	-	-	2,20	-	-
Zn ₁₀	2,28	0,08	3,6	2,30	0,10	4,5	2,23	0,03	1,4
Zn ₂₀	2,40	0,20	9,1	2,40	0,20	9,1	2,34	0,14	6,4
Zn ₃₀	2,35	0,15	6,8	2,43	0,23	10,5	2,33	0,13	5,9
Cu ₁₀	2,25	0,05	2,3	2,40	0,20	9,1	2,31	0,11	5,0
Cu ₂₀	2,34	0,14	6,4	2,37	0,17	7,7	2,36	0,16	7,3
Cu ₃₀	2,35	0,15	6,8	2,40	0,20	9,1	2,34	0,14	6,4
Zn ₁₀ Cu ₁₀	2,30	0,10	4,5	2,31	0,11	5,0	2,28	0,08	3,6
Zn ₂₀ Cu ₁₀	2,45	0,25	11,4	2,50	0,30	13,6	2,33	0,13	5,9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	2,46	0,26	11,8	2,48	0,28	12,7	2,34	0,14	6,4
Zn ₁₀ Cu ₂₀	2,44	0,24	10,9	2,45	0,25	11,4	2,35	0,15	6,8
Zn ₁₀ Cu ₃₀	2,43	0,23	10,5	2,47	0,27	12,2	2,34	0,14	6,4
Zn ₂₀ Cu ₂₀	2,58	0,38	17,3	2,57	0,37	16,8	2,39	0,19	8,6
Zn ₂₀ Cu ₃₀	2,50	0,30	13,6	2,46	0,26	11,8	2,40	0,20	9,1
Zn ₃₀ Cu ₃₀	2,55	0,35	15,9	2,47	0,27	11,8	2,40	0,19	8,6

НСР₀₅: фактор А – доза удобрения – 0,11; фактор В – способ применения – 0,07; АВ – 0,16.

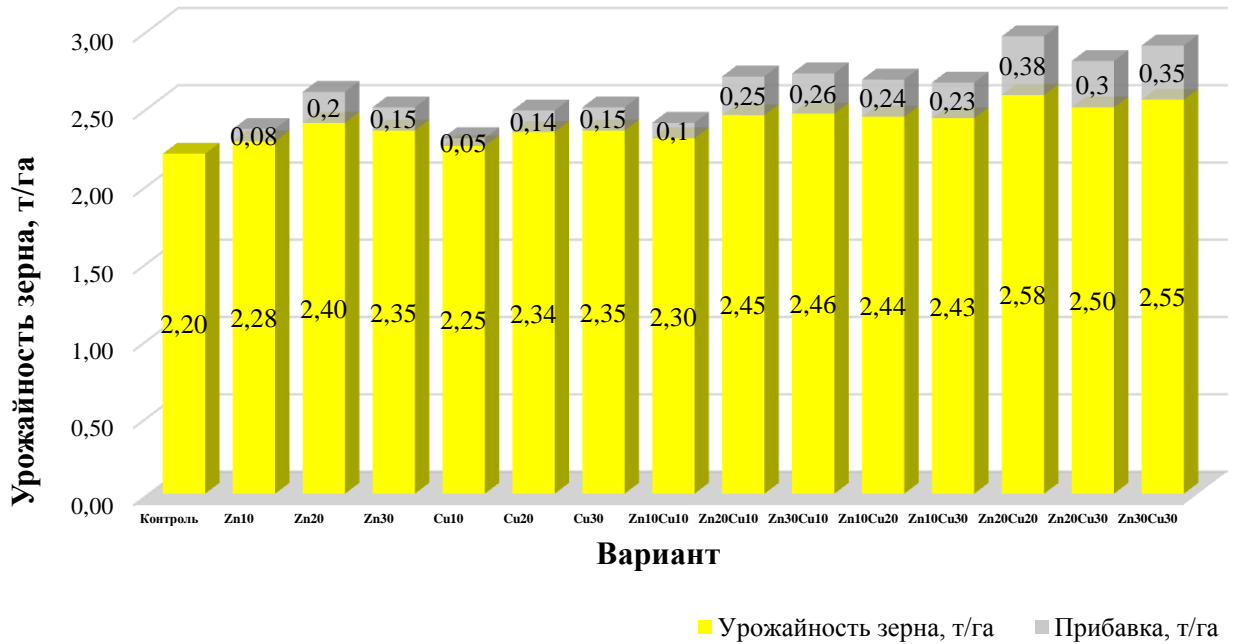


Рисунок 3.1 – Урожайность зерна яровой пшеницы при обработке семян Zn- и Cu-удобрениями (среднее 2017-2019 гг.)

Совместное применение Zn- и Cu-удобрений в дозах 10 г/100 кг позволило сформировать прибавку урожая 0,10 т/га (в контроле урожайность 2,20 т/га). Увеличение дозы цинка в 2 раза (20 г/100 кг семян) в составе парной комбинации способствовало получению дополнительной прибавки 0,15 т/га, а общей – 0,25 т/га. Повышение дозы цинка (30 г/100 кг) на фоне меди было не эффективно.

Медь в дозе 20 г/100 кг в варианте $Zn_{10}Cu_{20}$ способствовала повышению прибавки до 0,24 т/га, урожайность составила 2,44 т/га. Использование 30 г/100 кг меди совместно с цинковыми удобрениями не привело к увеличению урожайности относительно меньшей дозы. Совместное применение удобрений в сочетании доз Zn_{20} и Cu_{20} позволило получить максимальную урожайность 2,58 т/га, прибавка составила 0,38 т/га к контролю и 0,28 т/га к варианту $Zn_{10}Cu_{10}$. Увеличение дозы меди в вариантах $Zn_{20}Cu_{30}$ и $Zn_{30}Cu_{30}$ характеризовалось тенденцией к снижению урожайности (2,50 т/га и 2,55 т/га соответственно).

При некорневой подкормке в фазу кущения использование Cu-удобрений (таблица 3.4, рисунок 3.2) в дозах 10,20, 30 г/га дало практически одинаковую

прибавку. Наиболее эффективна подкормка Cu_{10} , как менее затратная по количеству вносимого элемента.

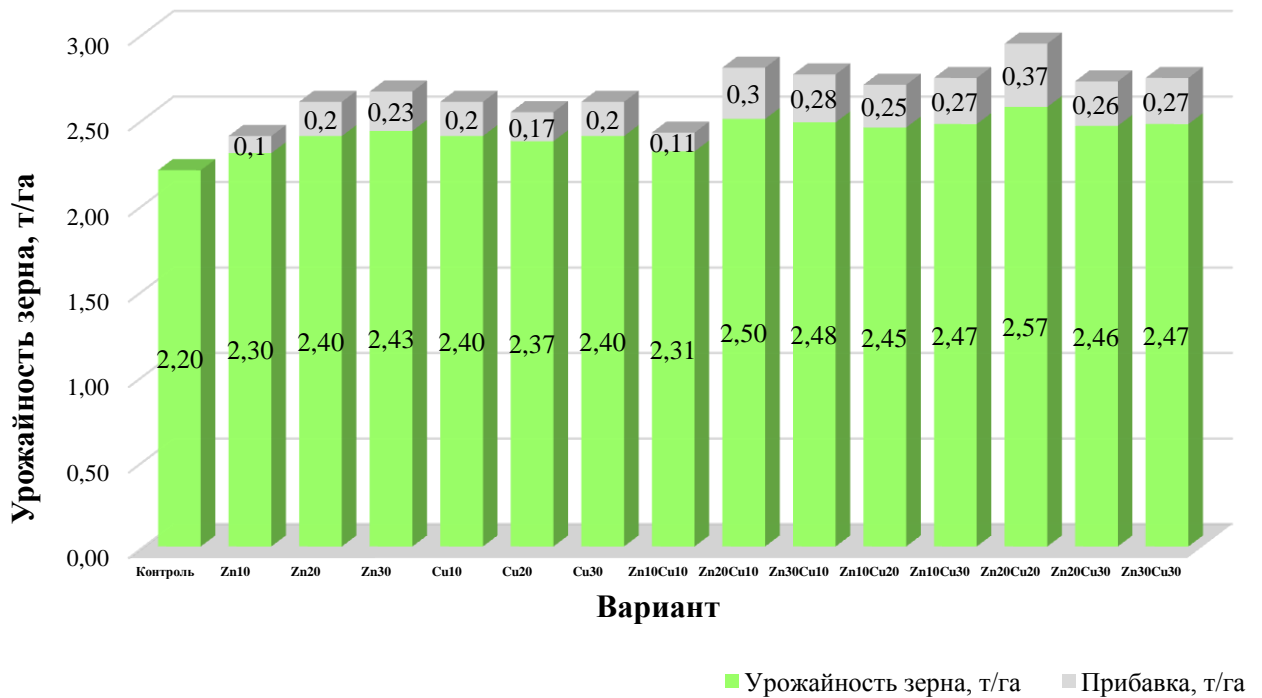


Рисунок 3.2 – Урожайность зерна яровой пшеницы при листовой подкормке Zn- и Cu-удобрениями в фазу кущения (среднее 2017-2019 гг.)

Подкормка в фазе кущения яровой пшеницы хелатами цинка и меди в составе парных комбинаций обеспечила увеличение урожайности зерна от 0,11 до 0,37 т/га (5,0...16,8 % к контролю). Использование Zn- и Cu-удобрений в дозах 10 г/га способствовало получению урожайности 2,31 т/га (прибавка 0,11 т/га). Дозы 20 и 30 г/га на фоне Cu_{10} позволили сформировать прибавку урожая 0,30 и 0,28 т/га соответственно.

Медные удобрения на фоне Zn_{10} способствовали получению урожайности зерна от 2,31 до 2,47 т/га. Лучшей дозой меди, при которой получена максимальная урожайность (2,47 т/га) была доза 30 г/га, прибавка составила 12,2 %. Вариант $\text{Zn}_{20}\text{Cu}_{20}$ позволил получить наибольшую для подкормки в фазе кущения прибавку зерна 0,37 т/га к контролю и 0,26 к варианту $\text{Zn}_{10}\text{Cu}_{10}$. Применение меди на фоне цинка 20 г/га способствовало росту урожайности зерна до дозы 20 г/га.

Оптимизация питания яровой пшеницы применением хелатов цинка и меди способом некорневой подкормки растений в фазу выхода в трубку (таблица 3.4, рисунок 3.3) обеспечило прибавки урожая в среднем от 0,03 до 0,16 т/га зерна (1,4...7,3 % к контролю).

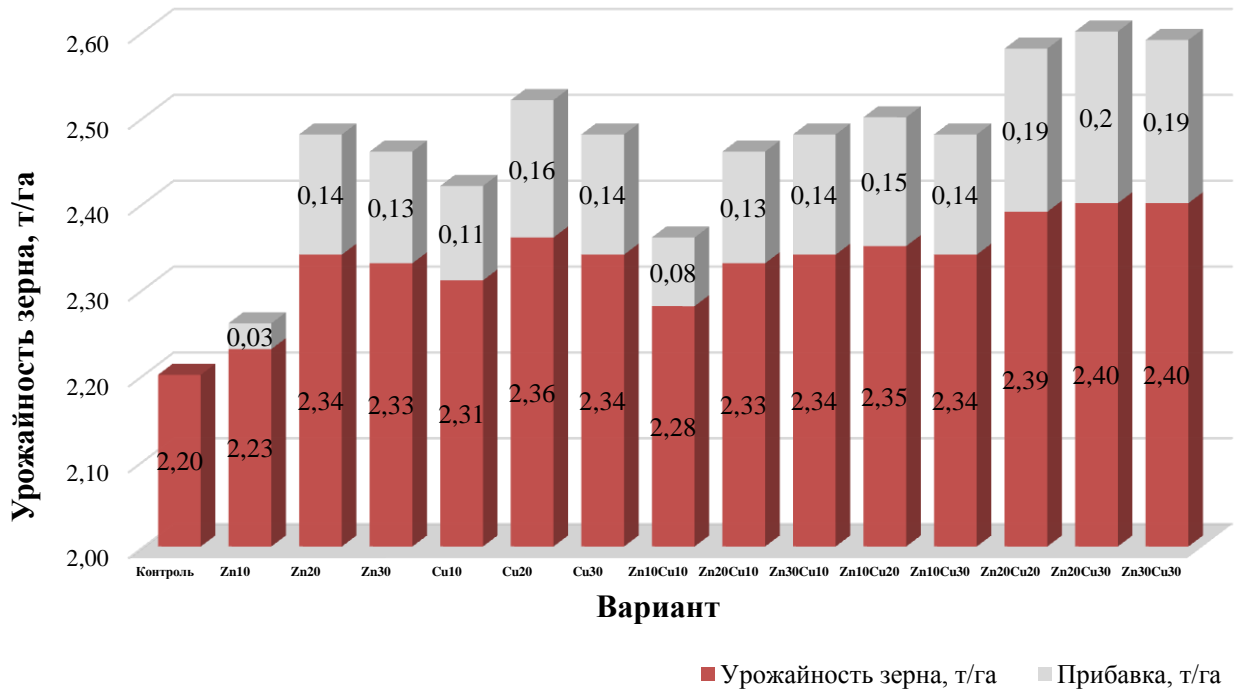


Рисунок 3.3 – Урожайность зерна яровой пшеницы при листовой подкормке Zn- и Cu-удобрениями в фазу выхода в трубку (среднее 2017-2019 гг.)

Эксперименты выявили положительное действие хелата цинка в данную фазу развития на урожайность. Его внесение в дозе 20 г/га позволило сформировать наибольшую прибавку урожая 0,14 т/га (в контроле 2,20 т/га). При этом Zn₁₀ увеличил урожайность на недостоверную величину – 0,03 т/га. Использование Cu-удобрений в дозе 20 г/га сформировало увеличение урожайности 0,16 т/га, а обработка растений Cu₁₀ и Cu₃₀ – 0,11 и 0,14 т/га соответственно.

Подкормка в фазе выхода в трубку растений совместно хелатами цинка и меди обеспечила получение прибавок урожая от 0,08 до 0,20 т/га зерна (3,6...9,1 % к контролю). Хелатные удобрения по 10 г/га цинка и меди позволили сформировать прибавку урожая 0,08 т/га (в контроле 2,20 т/га). Увеличение дозы цинка до 20

г/га на фоне Cu_{10} повысило урожайность до 2,33 т/га (прибавка 0,13 т/га), а до 30 г/га – сформировать ее на том уровне – 2,34 т/га.

Рассматривая внесение цинка и меди от 10 до 30 г/га (рисунок 3.4), можно отметить следующее: урожайность зерна увеличивалась только при дозах до 20 г/га – 2,39 т/га, в дальнейшем она была на том же уровне – 2,40 т/га.

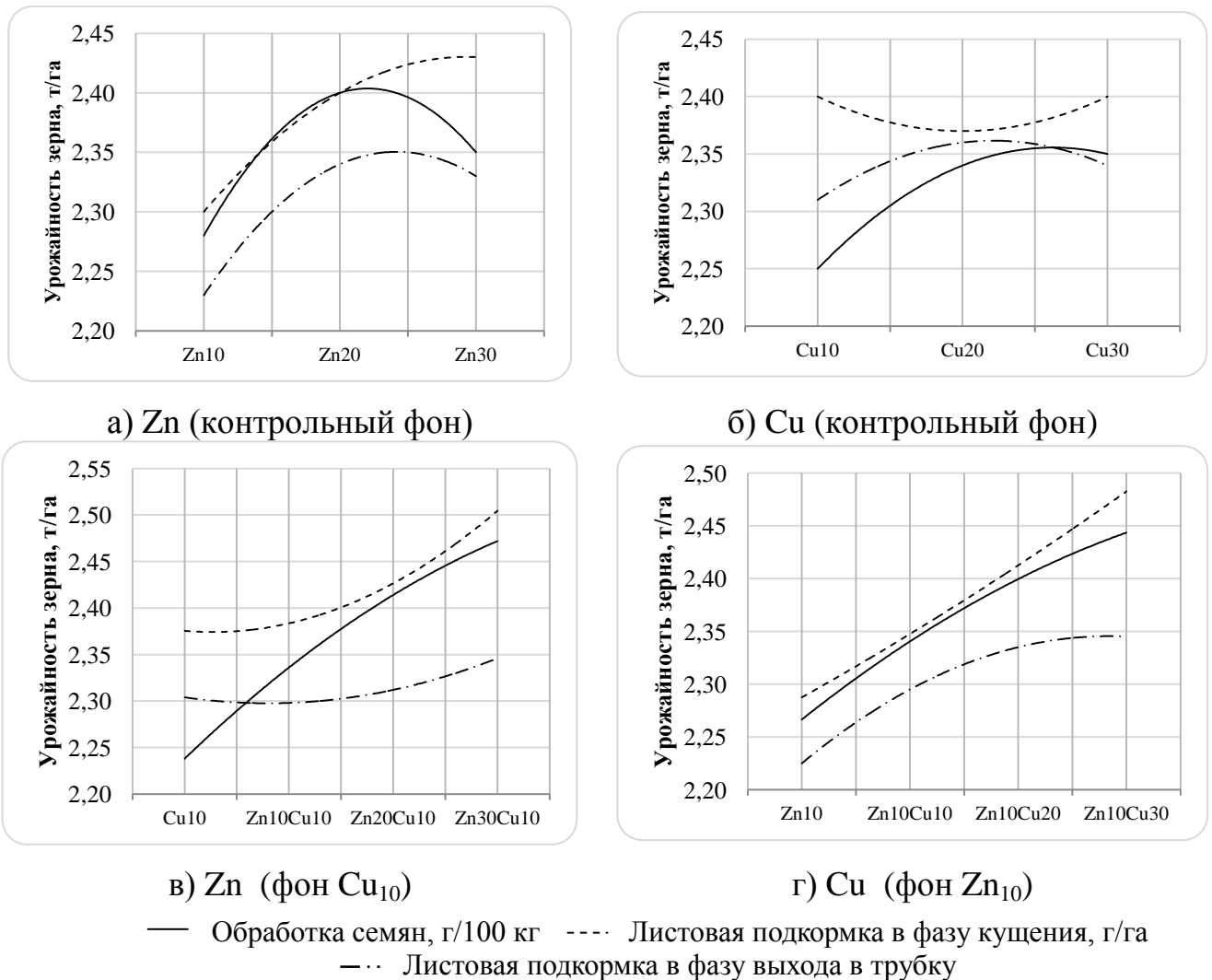


Рисунок 3.4 – Урожайность зерна яровой пшеницы при применении Zn- и Cu-удобрений различными способами (среднее 2017-2019 гг.)

Уровень прибавок зерна яровой пшеницы от совместного использования Zn- и Cu-удобрений при оптимальных их сочетаниях в условиях низкого содержания доступных форм данных элементов в лугово-черноземной почве находился на од-

ном уровне при использовании обработки семян и некорневой подкормке в фазе кущения и несколько ниже – в фазе выхода в трубку.

При этом агрономическая эффективность Zn удобрений была выше при обработке семян и листовой подкормке в фазу кущения, чем при их внесении в фазу выхода в трубку. Внесение же Zn₃₀ во всех вариантах опыта не привело к увеличению урожайности по сравнению с дозой Zn₂₀.

Достоверные прибавки урожайности получены при применении Cu₂₀ как при обработке семян, так и листовой подкормке в фазу выхода в трубку. Агрономическая эффективность удобрений была выше при листовой подкормке медью в дозе 10 г/га в фазу кущения.

Таким образом, при низком содержания подвижных элементов в лугово-черноземной почве микроудобрения эффективны. При обработке семян яровой пшеницы лучшей дозой хелатов цинка и меди является 20 г/100 кг семян, при листовой подкормке в фазу кущения – 20 в фазу выхода в трубку – 10 г/га. При этом обработка семян и листовая подкормка в фазу кущения хелатом цинка были более эффективными (получена наибольшая прибавка урожая), чем подкормка в фазу выхода в трубку. При применении хелата Cu наибольшая продуктивность в опыте получена при листовой подкормке в фазу кущения. При опрыскивании хелатами меди в сочетании с Zn₁₀ урожайность зерна изменялась от 2,28 до 2,35 т/га, максимальная получена от Zn₁₀Cu₂₀. Применение 30 г/га меди также не способствовало увеличению урожайности зерна.

Таким образом, что использование хелатов Zn и Cu при возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве является эффективным при изучаемых способах применения микроэлементов.

3. 4 Химический состав растений

Химический состав растений отражает условия питания и характеризует обеспеченность их тем или другим элементом в конкретной ситуации. Микроудобрения существенно влияют на содержание элементов питания в растениях. Улучшение условий питания способствует чаще всего повышению концентрации

НРК в надземной массе. Наибольшей изменчивости под влиянием микроудобрений подвержено содержание азота в начальный период развития растений (таблица 3.5, приложение 14). Растения не только чутко реагируют на все изменения, происходящие во внешней среде, но и изменяют свой химический состав. Согласно полученным данным общее содержание химических элементов в растениях яровой пшеницы изменялось как от фазы развития, дозы применяемого элемента так и от способа его внесения.

При применении хелата меди содержание в растениях пшеницы в течение вегетации уменьшалось от кущения до колошения соответственно по азоту с 4,1...4,4 до 2,6...2,9, фосфору – с 0,37...0,41 до 0,26...2,9, калия – с 3,7...3,9 до 2,3...2,5 %.

Применение парных комбинаций в различном соотношении между цинком и медью также способствовали увеличению содержания НРК в растениях пшеницы, в течение вегетации оно уменьшалось от фазы кущения к фазе колошения. Максимальное содержание азота было отмечено как в фазу кущения, так и фазу колошения в варианте $Zn_{30}Cu_{10}$ соответственно 4,6 % и 3,2 % (в контроле 3,9 и 2,6 %).

Листовая подкормка в фазу кущения положительно отразилась на химическом составе растений пшеницы. Аналогично приему обработки семян содержание азота, фосфора и калия изменялось как в течение вегетации, так и от дозы микроудобрения. При применении хелата цинка в фазу кущения азот увеличивался от доз 10 и 20 г/100 кг семян, увеличение ее до 30 г/100 кг не способствовало увеличению азота в растениях, фосфор увеличивался по мере увеличения дозы цинка от 0,38 до 0,42 %, калий уменьшался с 3,9 до 3,6 %. Применение меди отразилось на химическом составе растений оно было выше, чем в контрольном варианте, но четкой зависимости по вариантам не наблюдалось.

Применение парных комбинаций не однозначно отразилось на химическом составе растений, максимальное содержание азота отмечено было в варианте $Zn_{30}Cu_{30}$ – 4,5 %, в другие фазы разницы между вариантами практически не было,

Таблица 3.5 – Содержание макроэлементов в яровой пшенице при применении хелатных Zn- и Cu-удобрений, % на абсолютно сухую массу (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Кущение			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость					
										солома			зерно		
	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий	азот	фосфор	калий
Без удобрений	3,9	0,37	3,8	3,5	0,34	2,8	2,6	0,25	2,2	0,48	0,29	0,67	2,35	0,35	0,47
Обработка семян, г/100 кг															
Zn ₁₀ Cu ₁₀	4,1	0,40	3,7	3,9	0,37	2,8	3,0	0,28	2,1	0,51	0,30	0,73	2,55	0,41	0,52
Zn ₂₀ Cu ₁₀	4,3	0,41	3,7	4,0	0,37	3,0	3,1	0,30	2,3	0,52	0,31	0,72	2,60	0,41	0,54
Zn ₃₀ Cu ₁₀	4,6	0,41	3,6	4,1	0,38	3,0	3,2	0,30	2,2	0,52	0,31	0,71	2,61	0,42	0,52
Zn ₁₀ Cu ₂₀	4,4	0,39	3,8	4,1	0,36	2,9	2,9	0,29	2,3	0,51	0,30	0,74	2,57	0,41	0,52
Zn ₁₀ Cu ₃₀	4,5	0,40	3,9	4,2	0,37	3,0	2,9	0,31	2,4	0,54	0,32	0,71	2,51	0,41	0,56
Листовая подкормка в фазу кущения, кг/га															
Zn ₁₀ Cu ₁₀	3,6	0,38	3,8	4,0	0,38	3,0	2,9	0,29	2,2	0,49	0,29	0,72	2,55	0,39	0,49
Zn ₂₀ Cu ₁₀	3,9	0,36	3,7	4,0	0,40	3,1	2,8	0,30	2,3	0,51	0,32	0,70	2,54	0,39	0,52
Zn ₃₀ Cu ₁₀	3,9	0,39	3,8	4,2	0,39	3,1	2,9	0,32	2,4	0,53	0,32	0,72	2,55	0,41	0,55
Zn ₁₀ Cu ₂₀	3,7	0,38	3,7	4,2	0,39	2,9	2,9	0,31	2,4	0,53	0,30	0,75	2,52	0,42	0,56
Zn ₁₀ Cu ₃₀	3,7	0,34	3,7	4,0	0,37	3,1	2,8	0,32	2,4	0,54	0,31	0,72	2,54	0,43	0,56
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, кг/га															
Zn ₁₀ Cu ₁₀	3,9	0,37	3,6	3,4	0,36	2,7	2,6	0,24	2,8	0,49	0,31	0,72	2,39	0,40	0,49
Zn ₂₀ Cu ₁₀	3,6	0,38	3,6	3,2	0,37	2,9	2,7	0,25	2,8	0,50	0,32	0,69	2,40	0,41	0,50
Zn ₃₀ Cu ₁₀	3,7	0,40	3,7	3,4	0,39	2,8	2,7	0,23	2,6	0,52	0,34	0,78	2,45	0,44	0,52
Zn ₁₀ Cu ₂₀	3,9	0,38	3,9	3,6	0,39	2,9	2,8	0,26	2,7	0,51	0,35	0,77	2,46	0,41	0,55
Zn ₁₀ Cu ₃₀	3,8	0,36	3,7	3,8	0,35	2,9	2,7	0,28	2,5	0,53	0,36	0,79	2,54	0,42	0,59

по фосфору в этом же варианте было максимальное содержание – 0,41, калий изменялся незначительно от 3,7 до 3,9 %.

Листовая подкормка в фазу выхода в трубку изменяла химический состав растений, применение как цинка, так и меди отдельно, уменьшало содержание элементов азота, фосфора и калия. Только при определенном совместном применении содержание азота увеличивалось, максимальное содержание было отмечено в варианте $Zn_{20}Cu_{20}$ – 3,9 %, фосфор увеличивался при внесении цинка на фоне Cu_{10} , максимальное содержание получено в варианте $Zn_{30}Cu_{10}$ – 0,39 % (Cu_{10} –0,36 %), другие сочетания не способствовали увеличению фосфора в растениях, по калию четкой тенденции не установлено.

При обработке семян содержание азота в зерне изменялось при изменении дозы как цинка, так и меди. Азот увеличивался до 2,61 по сравнению с дозой цинка 10 г/100 кг семян (2,36 %), увеличение дозы цинка до 30 г/100 кг семян не способствовало увеличению азота, а наоборот снизило его содержание на 0,25 %. Фосфор увеличился только от Zn_{10} , рост дозы не способствовал росту фосфора в зерне. Калий в зерне изменялся подобно азоту, максимально от Zn в дозе 20 г/100 кг семян. Обработка семян хелатом меди способствовала увеличению азота в зерне пшеницы от 2,40 % до 2,47 % по сравнению с контрольным вариантом (2,35 %), максимально от Cu_{10} .

Использование доз Zn повышало содержание азота в зерне при всех изучаемых технологиях и отражается уравнениями (6-8):

$$Y_1 = 2,31 + 0,056x, \quad r = 0,77 \quad (6)$$

$$Y_2 = 2,36 + 0,090x, \quad r = 0,79 \quad (7)$$

$$Y_3 = 2,35 + 0,013x, \quad r = 0,74 \quad (8)$$

где Y_1 – при обработке семян, Y_2 и Y_3 – при листовой подкормке в фазы кущения и выхода в трубку, %) от доз Zn (X ; г/100 кг – обработка семян, г/га – подкормка).

Из коэффициента регрессии следует, что 1 г Zn удобрений при обработке семян повышает содержание азота в зерне на 0,056 %, и на 0,09 и 0,013 % при подкормках соответственно.

Содержание азота в зерне снижается от доз хелата Zn при обработке семян с 2,61 % (от Zn₂₀) до 2,36 % от Zn₃₀, при листовой подкормке тенденция аналогична. Вероятно из-за эффекта «разбавления» формированием большей урожайности.

При применении Zn₁₀, Zn₂₀ и Zn₃₀ на фоне Cu₁₀ содержание азота в зерне повышалось при всех дозах Zn: то есть при лучшем обеспечении развития растений медью цинк в повышенной дозе так же влиял на содержание азота положительно. Соответствующие зависимости имеют вид (уравнения 9-11):

$$Y_1 = 2,46 + 0,058X, \quad r = 0,73 \quad (9)$$

$$Y_2 = 2,42 + 0,058X, \quad r = 0,76 \quad (10)$$

$$Y_3 = 2,33 + 0,035X, \quad r = 0,78 \quad (11)$$

При листовой подкормке в фазу кущения хелатом Zn в дозе 20 г/га концентрация азота в зерне выше, чем в зерне контроля (2,35 %). Но при подкормке Zn₃₀ содержание азота в зерне пшеницы снизилось до 2,40 %, а от Zn₃₀ на фоне Cu₁₀ не снижалось и составило 2,55 %.

Медные удобрения также повышают содержание азота в зерне, но в меньшей степени, чем цинковые (с 2,35 в контроле до 2,40...2,47 % на нулевом фоне, и до 2,39...2,57 % на фоне Zn₁₀).

Содержание азота в зерне выше, чем в соломе более чем в 4,5 раза; фосфора также больше в зерне, что объясняется его участием в репродуктивных процессах: соответственно 0,37...0,44 % и 0,29...0,36 %; калия же, наоборот (0,48...0,58 и 0,65...0,74).

В наших исследованиях максимальное содержание Zn и Cu наблюдалось на ранних стадиях развития растений (таблицы 3.6-3.8). Последующее уменьшение концентрации обусловлено ростовым разбавлением. В меньшей степени это выражено у Zn, в большей у Cu.

При изучении содержания Zn в растениях можно отметить, что при обработке семян микроудобрениями (таблица 3.6, приложение 15), оно изменялось от 14,5 до 81,1 мг/кг.

Наибольшее количество содержалось в фазу кущения при обработке семян $Zn_{20}Cu_{30}$ – 81,1 мг/кг (в контроле 22,8 мг/кг). Наименьшее содержание Zn отмечалось в соломе в фазу уборки – 9,2 мг/кг.

Содержание Cu составило 0,42-10,16 мг/кг. Максимальное ее количество 10,16 мг/кг наблюдалось в фазу кущения при обработке семян $Zn_{10}Cu_{10}$ (в контроле 3,94). При прохождении последующих фаз вегетации содержание Cu в растения снижалась. В уборку концентрация Cu в зерне (1,21) была выше, чем в соломе (0,81 мг/кг).

Таблица 3.6 – Содержание микроэлементов в растениях яровой пшеницы в зависимости от обработки семян хелатными микроудобрениями, мг/кг сухого вещества (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Кущение			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость					
										солома			зерно		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Контроль	22,8	3,94	74	16,4	2,69	35	16,4	1,98	25	9,9	0,81	23	28,1	1,21	29
$Zn_{10}Cu_{10}$	62,8	10,16	84	12,5	3,60	54	15,0	1,86	25	10,5	1,75	17	32,5	2,01	22
$Zn_{20}Cu_{10}$	22,7	5,21	85	14,4	1,46	47	13,9	1,71	25	10,7	1,04	17	30,9	2,24	25
$Zn_{30}Cu_{10}$	69,9	8,51	75	10,1	6,40	46	23,7	1,63	24	11,2	0,75	19	28,4	2,39	28
$Zn_{10}Cu_{20}$	77,2	2,40	80	14,1	5,09	31	41,3	1,90	34	10,1	1,02	26	28,1	2,28	22
$Zn_{10}Cu_{30}$	33,0	7,22	84	38,1	0,64	39	24,7	1,89	36	9,2	0,76	20	28,3	2,49	31
$Zn_{20}Cu_{20}$	46,5	4,88	101	30,9	0,54	40	18,9	2,10	31	9,5	1,96	35	29,5	2,66	29

Cu-удобрения при обработке семян значительно увеличивают содержание Zn в растениях в фазу кущения до 81,1 мг/кг (контроль – 22,8), в другие фазы развития увеличение менее значительно.

При листовой подкормке растений в фазу кущения (таблица 3.7, приложение 16,17) хелатами Cu содержание Zn также увеличивается во все фазы развития (2,4...24,6 г/га). Максимальное его количество в фазу выхода в трубку в варианте $Zn_{10}Cu_{30}$ – 41,0 (в контроле – 16,4).

Таблица 3.7 – Содержание микроэлементов в растениях яровой пшеницы при листовой подкормке хелатными микроудобрениями, мг/кг сухого вещества (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Выход в трубку			Колошение			Полная спелость					
							солома			зерно		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Подкормка в фазу кушения												
Контроль	16,4	0,69	30	16,4	1,98	26	9,9	0,81	39	28,6	1,21	18
Zn ₁₀ Cu ₁₀	26,0	0,92	29	27,6	2,37	33	13,4	1,61	23	29,5	2,41	29
Zn ₂₀ Cu ₁₀	25,8	1,33	42	21,2	0,24	33	9,4	0,57	21	28,9	2,51	25
Zn ₃₀ Cu ₁₀	26,4	2,12	45	22,7	2,68	31	11,6	1,36	17	31,8	2,52	29
Zn ₁₀ Cu ₂₀	21,2	1,84	51	44,3	2,11	33	8,1	0,85	29	28,7	2,57	29
Zn ₁₀ Cu ₃₀	41,0	2,08	38	20,8	2,02	32	10,4	0,67	34	13,5	2,82	23
Zn ₂₀ Cu ₂₀	25,6	0,51	30	22,4	1,97	32	10,4	0,41	33	32,5	2,20	30
Zn ₂₀ Cu ₃₀	17,6	1,63	31	24,9	1,59	35	8,8	0,83	35	28,0	1,95	31
Zn ₃₀ Cu ₃₀	21,8	2,10	29	22,1	1,94	33	17,0	0,61	22	27,6	2,37	26
Подкормка в фазу выхода в трубку												
Контроль	-	-	-	16,4	1,98	24	9,9	0,81	23	28,1	1,21	20
Zn ₁₀ Cu ₁₀	-	-	-	25,0	3,68	27	7,0	0,71	36	34,2	3,01	28
Zn ₂₀ Cu ₁₀	-	-	-	37,5	6,18	27	15,4	0,73	27	24,0	2,10	9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	-	-	-	30,3	3,87	33	12,2	0,90	27	35,2	2,95	28
Zn ₁₀ Cu ₂₀	-	-	-	47,6	5,56	36	9,0	0,42	28	31,3	2,69	27
Zn ₁₀ Cu ₃₀	-	-	-	19,4	4,60	19	18,8	0,81	25	35,0	2,51	10
Zn ₂₀ Cu ₂₀	-	-	-	45,5	3,78	30	7,5	0,71	28	38,0	2,16	28
Zn ₂₀ Cu ₃₀	-	-	-	20,4	3,48	24	5,5	0,66	23	29,0	4,27	33
Zn ₃₀ Cu ₃₀	-	-	-	29,8	5,54	30	5,9	0,45	32	40,4	2,96	30

На содержание Zn в фазу колошения большее влияние оказала подкормка в фазу выхода трубку, оно составило 47,6 г/га (в контроле 16,4). То есть влияние удобрений на химический состав максимальное сразу после их применения.

Таким образом, синергетическое действие Cu на Zn наблюдается в течение вегетации, максимально в ранние фазы развития. Вероятно, это связано с тем, что

при дефиците Cu ее поступление в растения вызывает необходимость дополнительного усвоения цинка для синтеза веществ.

На поступление элемента в растение влияет не только концентрация данного элемента, но и других элементов. Конкретные проявления антагонизма и синергизма между ионами при поступлении в растения наблюдаются исключительно при определенных соотношениях их в почвенном растворе. Направление взаимодействия между элементами зависит от уровня обеспеченности одного или другого, что отмечали ранее К.П. Магницкий (1967, 1972), Н.К. Болдырев (1970), Ф. Эммерт (1964), С.А. Барбер, (1988), Ю.И. Ермохин (1995), И.А. Бобренко (2004), N. J. Nkengafac (2014).

В эксперименте выявлены особенности поступления Zn, Cu и Mn в растения яровой пшеницы при различных технологиях применения хелатов Zn и Cu (таблицы 3.8-3.10).

Таблица 3.8 – Схема действия Zn- и Cu-удобрений на концентрацию Zn и Cu в растениях яровой пшеницы в течении вегетации (обработка семян, среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Кущение	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
				солома	зерно
1	2	3	4	5	6
Цинк					
Zn ₁₀	↑	↑	↑	↑	↓
Zn ₂₀	↑	↑	→	↓	↑
Zn ₃₀	↑	→	→	→	↓
Cu ₁₀	↑	↑	↑	→	→
Cu ₂₀	↓	↓	→	→	↑
Cu ₃₀	→	↓	→	↑	↓
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	→	↑	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	→	↑	↑	↑	↑
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↓	↑	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↑	↑	↑	↑

1	2	3	4	5	6
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↑	↑	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↑	↑	↑	↑
Медь					
Zn ₁₀	→	↓	↑	↑	→
Zn ₂₀	↑	↑	↓	→	↑
Zn ₃₀	↑	↑	↓	↑	↑
Cu ₁₀	↑	↑	↑	↑	↑
Cu ₂₀	→	↓	↓	↓	↑
Cu ₃₀	↑	↓	↓	↑	↓
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	→	↑	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	→	↓	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↓	↓	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↑	↓	↑	↑
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↓	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↓	→	↓	↑	↑
Марганец					
Zn ₁₀	↑	↑	↑	↑	↓
Zn ₂₀	↑	↑	↑	→	↓
Zn ₃₀	↑	↑	↑	↑	↓
Cu ₁₀	↑	↑	↓	↑	↓
Cu ₂₀	↑	↑	↑	↓	↓
Cu ₃₀	↑	↑	↑	↑	↓
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	↑	→	↓	↓
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↑	→	↓	↓
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↓	↓	↓
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↓	↑	↑	↓
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↑	↑	↓	↑
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↑	↑	↑	→

* концентрация ↑ – увеличивается, ↓ – уменьшается, → – существенно не меняется.

При обработке семян хелатом Zn содержание Zn в растениях в основном увеличивается (кроме зерна); при этом в ранние фазы влияние сильнее, чем в поздние. При анализе содержания Cu в растениях установлено, что хелата Zn в основном повышает этот показатель, а хелат Cu повышает его только при низких дозах (Cu_{10}), увеличение доз Cu преимущественно приводит к обратному эффекту. На содержание Zn хелат Cu также максимально влияет при минимальной дозе в ранние фазы. Содержание цинка в растениях при этом в основном увеличивается.

При анализе действия хелата Cu на содержание Cu в растениях яровой пшеницы установлено, что оно максимально при минимальной дозе в ранние фазы.

На концентрацию же цинка Cu-удобрения положительно влияют в наибольшей дозировке (таблица 3.7). Марганец при применении Zn-удобрений изменялся в фазу выхода в трубку от 22 до 36 мг, максимальное его содержание отмечено в варианте Zn_{30} , при применении его на фоне Cu_{10} максимальное содержание отмечено в варианте $Zn_{30}Cu_{10}$ – 45 мг/кг. Применение хелата меди в основном способствовало увеличению марганца, максимальное содержание отмечено при применении доз меди 20 и 30 г/100 кг семян – 35 и 34 мг/кг. Применение меди на фоне Zn_{10} способствовало увеличению марганца, максимальное содержание отмечено в варианте $Zn_{10}Cu_{20}$.

При подкормке в фазу выхода в трубку (таблица 3.9) хелатом Zn содержание Zn в растениях в основном увеличивается, Cu – уменьшается (кроме зерна).

Таблица 3.9 – Схема действия Zn- и Cu-удобрений на концентрацию Zn и Cu в растениях яровой пшеницы в течение вегетации (листовая подкормка в фазу кущения, среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
			солома	зерно
1	2	3	4	5
Цинк				
Zn_{10}	→	→	→	→
Zn_{20}	↑	↑	→	→

продолжение таблицы 3.9

1	2	3	4	5
Zn ₃₀	↑	→	↑	↑
Cu ₁₀	↑	↑	↑	→
Cu ₂₀	↑	↑	↓	→
Cu ₃₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↑	→	→
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↑	↑	↓
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↑	↑	↑
Медь				
Zn ₁₀	↑	↑	→	↑
Zn ₂₀	↑	↑	↑	↑
Zn ₃₀	↓	↑	↓	↓
Cu ₁₀	↑	↑	→	↑
Cu ₂₀	↓	→	↓	↑
Cu ₃₀	↓	↑	↑	↓
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	→	↑	↑
Марганец				
Zn ₁₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₂₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₃₀	↓	↓	↓	↑
Cu ₁₀	↓	↑	↓	↑
Cu ₂₀	↓	↑	↓	↑
Cu ₃₀	↑	↓	↓	↑
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↓	↑	↓	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↑	↓	↑

1	2	3	4	5
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↑	↓	↑
Zn ₂₀ Cu ₂₀	→	↑	↓	↑

* концентрация ↑ – увеличивается, ↓ – уменьшается, → – существенно не меняется.

Воздействие хелата Cu на содержание Zn и Cu в растениях в фазу колошения повышает этот показатель.

Подкормка в фазу колошения (таблица 3.10) хелатом цинка содержание Zn в растениях увеличивается до применения 20 г/га, Cu – не имеет четкой закономерности. При удобрении Zn в начальный период роста (обработка семян, подкормка в фазу кущения) использование хелата Zn увеличивает содержание Cu в растениях; Zn – также увеличивает, но при этом при максимальной дозе (Zn₃₀) может наблюдаться обратный эффект.

Таблица 3.10 – Схема действия Zn и Cu удобрений на концентрацию Zn и Cu в растениях яровой пшеницы в течение вегетации (листовая подкормка в фазу выхода в трубку, среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Колошение	Полная спелость	
		солома	зерно
1	2	3	4
Цинк			
Zn ₁₀	↑	↑	↑
Zn ₂₀	↑	↑	↑
Zn ₃₀	↓	↓	↑
Cu ₁₀	↑	↑	↑
Cu ₂₀	→	↑	→
Cu ₃₀	↑	↓	↓
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	↓	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↓	↑

1	2	3	4
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↑	↑
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↓	↑
Медь			
Zn ₁₀	↓	↓	↑
Zn ₂₀	↓	↑	↑
Zn ₃₀	↑	→	↓
Cu ₁₀	→	↑	↑
Cu ₂₀	↑	↑	↑
Cu ₃₀	↑	↓	↓
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	↓	↓
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↓	↓
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↓	↓
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↓	↓
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↑	↓	↓
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↓	↓
Марганец			
Zn ₁₀	↑	↑	→
Zn ₂₀	↑	↑	↑
Zn ₃₀	↑	↓	↑
Cu ₁₀	↑	↑	↑
Cu ₂₀	↑	↑	↑
Cu ₃₀	↑	↓	↑
Zn ₁₀ Cu ₁₀	↑	↓	↑
Zn ₂₀ Cu ₁₀	↑	↑	↓
Zn ₃₀ Cu ₁₀	↑	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₂₀	↑	↑	↑
Zn ₁₀ Cu ₃₀	↓	↑	↓
Zn ₂₀ Cu ₂₀	↑	↑	↑

* концентрация ↑ – увеличивается, ↓ – уменьшается, → – существенно не меняется.

Содержание же цинка в растениях при внесении хелата меди увеличивалось при малых дозах, при увеличении взаимодействие переходило из синергетических

в антагонистические; содержание Cu при этом в растениях повышалось в основном при малых дозах удобрения, при увеличении которых в ранних фазах наблюдалось отрицательное воздействие на концентрацию элемента.

Таким образом, при превышении оптимального уровня обеспеченности цинком или медью отношения между элементами могут стать антагонистическими, что влияет на поступление элементов. Удобрения на черноземных почвах при избыточной дозе способны нарушить микроэлементный обмен и изменить внутренний баланс элементов в растениях в положительную или отрицательную сторону, о чем свидетельствовали ранее и другие ученые.

3.5 Потребление элементов питания урожаем

Для разработки количественных нормативных показателей по определению потребности растений в удобрениях необходимо иметь следующие характеристики: вынос элементов питания величиной урожая, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений, величину азота текущей нитрификации (Шеуджен А.Х., Громова Л.И., Онищенко Л.М., 2010).

Применение микроудобрений различными способами оказало значительное влияние на вынос элементов питания растениями яровой пшеницы. Вынос азота зерном превышает вынос соломой, а калия и фосфора – в большей степени приходится на солому (таблицы 3.11, 3.12, приложение 33), что подтверждается данными химического состава культуры в уборку.

Таблица 3.11 – Вынос макроэлементов яровой пшеницей при применении Zn- и Cu-удобрений (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Контроль	51,7	17,6	12,4	19,2	26,6	32,2	70,9	44,2	44,6	32,2	20,1	20,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Обработка семян, г/100 кг												
Zn ₁₀ Cu ₁₀	58,7	21,6	14,4	17,9	24,6	31,4	76,6	46,2	45,8	33,3	20,1	19,9
Zn ₂₀ Cu ₁₀	63,7	23,0	15,9	24,2	33,0	40,2	87,9	56,0	56,1	35,9	22,9	22,9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	63,0	23,7	15,4	23,6	33,5	40,2	86,6	57,2	55,6	35,2	23,2	22,6
Zn ₁₀ Cu ₂₀	62,7	22,9	15,2	19,4	27,2	35,1	82,1	50,1	50,3	33,6	20,5	20,6
Zn ₁₀ Cu ₃₀	61,0	22,8	16,3	25,1	34,7	40,4	86,1	57,5	56,7	35,4	23,7	23,3
Zn ₂₀ Cu ₂₀	67,9	24,8	18,0	0,0	37,9	46,1	67,9	62,7	64,1	26,3	24,3	24,8
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га												
Zn ₁₀ Cu ₁₀	58,9	20,6	13,6	21,4	29,0	37,7	80,3	49,6	51,3	34,8	21,5	22,2
Zn ₂₀ Cu ₁₀	63,5	22,3	15,6	24,2	34,8	39,9	87,7	57,1	55,5	35,1	22,9	22,2
Zn ₃₀ Cu ₁₀	62,5	23,3	16,4	31,4	43,4	51,2	93,9	66,7	67,6	37,9	26,9	27,2
Zn ₁₀ Cu ₂₀	61,7	23,6	16,5	26,6	34,5	45,2	88,4	58,1	61,7	36,1	23,7	25,2
Zn ₁₀ Cu ₃₀	62,7	24,3	16,6	25,2	33,1	40,3	87,9	57,5	56,9	35,6	23,3	23,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	55,9	21,9	14,0	21,9	32,1	36,3	77,8	54,0	50,2	33,4	23,2	21,6
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га												
Zn ₁₀ Cu ₁₀	54,5	20,9	13,4	22,3	32,4	39,4	76,8	53,3	52,8	33,7	23,4	23,2
Zn ₂₀ Cu ₁₀	55,9	21,9	14,0	21,9	32,1	36,3	77,8	54,0	50,2	33,4	23,2	21,6
Zn ₃₀ Cu ₁₀	57,3	23,6	14,6	19,8	29,7	35,7	77,2	53,3	50,3	33,0	22,8	21,5
Zn ₁₀ Cu ₂₀	57,8	22,1	15,5	27,7	43,5	50,2	85,5	65,6	65,7	36,4	27,9	27,9
Zn ₁₀ Cu ₃₀	59,4	22,5	16,6	24,7	38,4	44,1	84,1	60,9	60,7	35,9	26,0	25,9
Zn ₂₀ Cu ₂₀	61,9	22,4	15,8	36,5	48,9	64,9	98,4	71,4	80,6	41,2	29,9	33,7

В контрольном варианте вынос 1 т основной продукции с учетом побочной в среднем составил: N – 32,2 кг, P₂O₅ – 20,1 кг, K₂O – 20,3 кг.

Проведение обработки семян различным сочетанием доз Zn и Cu привело к изменениям выноса единицей продукции. Цинк в дозе от 10 до 30 г/100 кг семян в сочетании с медью 10 г/100 кг способствовали увеличению выноса макроэлементов.

тов единицей урожая. При проведении некорневой подкормки в фазу кущения вынос элементов питания 1 т урожая на лучшем варианте по урожайности зерна составил: N – 39,6 кг, P₂O₅ – 28,9 кг, K₂O – 30,6 кг.

Использование некорневой подкормки в фазу выхода в трубку на лучшем варианте по урожайности зерна характеризовалось следующим выносом 1 т, кг: N – 41,2, P₂O₅ – 29,9, K₂O – 33,7.

При анализе потребления микроэлементов растениями яровой пшеницы можно отметить, что цинк преимущественно выносится зерном, а медь – примерно поровну (таблица 3.12). Эта тенденция сохраняется при различных способах применения микроэлементов и в различных сочетаниях.

Таблица 3.12 – Вынос микроэлементов яровой пшеницей при применении Zn- и Cu-удобрений (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, г		
	зерно			солома			хозяйственный			Zn	Cu	Mn
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Контроль	61,8	2,66	63,8	39,6	3,24	116,1	101,5	5,91	179,9	46,10	2,68	81,8
Обработка семян, г/100 кг												
Zn ₁₀ Cu ₁₀	74,8	4,62	50,6	37,7	6,28	93,6	112,4	10,9	144,2	48,88	4,74	62,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	75,7	5,49	61,3	49,8	4,84	109,0	125,5	10,33	170,3	51,23	4,22	69,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	69,9	5,88	68,9	52,9	3,54	123,3	122,8	9,42	192,2	49,90	3,83	78,1
Zn ₁₀ Cu ₂₀	68,6	5,56	53,7	39,9	4,03	100,9	108,5	9,60	154,6	44,46	3,93	63,4
Zn ₁₀ Cu ₃₀	68,8	6,05	75,3	43,6	3,60	137,9	112,4	9,65	213,2	46,24	3,97	87,7
Zn ₂₀ Cu ₂₀	76,1	6,86	74,8	50,7	10,47	127,9	126,8	17,33	202,8	49,17	6,72	78,6
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га												
Zn ₁₀ Cu ₁₀	68,1	5,57	67,0	58,5	7,03	121,9	126,6	12,6	188,9	54,83	5,45	81,8
Zn ₂₀ Cu ₁₀	72,3	6,28	62,5	44,7	2,71	115,6	116,9	8,98	178,1	46,76	3,59	71,3
Zn ₃₀ Cu ₁₀	78,9	6,25	71,9	68,8	8,06	133,1	147,6	14,31	205,0	59,52	5,77	82,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	70,3	6,3	71,1	40,7	4,27	138,5	111,0	10,57	209,6	45,31	4,31	85,6
Zn ₁₀ Cu ₃₀	33,3	2,03	56,8	48,6	3,13	97,7	81,9	5,15	154,5	33,16	2,09	62,6
Zn ₂₀ Cu ₂₀	83,5	5,65	77,1	71,1	2,8	131,8	154,6	8,46	208,9	60,16	3,29	81,3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га												
Zn ₁₀ Cu ₁₀	78,0	6,86	59,3	31,9	3,24	115,6	109,9	10,1	174,9	48,20	4,43	76,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	55,9	4,89	65,2	67,5	3,20	124,6	123,4	8,1	189,8	52,95	3,47	81,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	82,4	6,90	21,1	46,5	3,43	37,7	128,9	10,3	58,8	55,09	4,42	25,1
Zn ₁₀ Cu ₂₀	73,6	6,32	65,8	48,9	2,28	117,8	122,4	8,6	183,6	52,09	3,66	78,1
Zn ₁₀ Cu ₃₀	81,9	5,87	63,2	87,5	3,77	116,9	169,4	9,7	180,1	72,41	4,12	77,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	90,8	5,16	23,9	47,1	4,46	41,3	138,0	9,6	65,2	57,73	4,03	27,3

В контроле вынос 1 т основной продукции с учетом побочной в среднем составил: Zn – 46,1 г, Cu – 2,68 г. Проведение предпосевной обработки семян микроэлементами привело к увеличению выноса макроэлементов единицей урожая.

Для создания 1 т урожая в лучшем варианте Zn₂₀Cu₂₀ яровой пшенице потребовалось: Zn – 49,17 г, Cu – 6,72 кг. При проведении некорневой подкормки в фазу кущения сочетанием Zn и Cu в дозах 20 г/га вынос элементов питания 1 т урожая составил: Zn – 60,16 г, Cu – 3,29 г. В фазу выхода в трубку некорневая подкормка цинком и медью по 0,2 кг/га характеризовалась выносом 1 т зерна Zn – 57,73 г и Cu – 4,03 г.

Таким образом, затраты микроэлементов на создание 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции изменялись в зависимости от сочетания микроэлементов и способа применения.

3.6 Качество зерна

Для прогнозирования качества растениеводческой продукции важно установление взаимосвязей в системе «почва-растение-удобрение». Изучив влияние микроудобрений на химизм почвы и растительные организмы, можно целенаправленно изменять качество урожая (Церлинг В.В., 1962, 1990; Эммануэль Н.М., 1986; Ермохин Ю.И и др., 2002; Сычев В.Г., Ниловская Н.Т., Осипова Л.В., 2008 Красницкий В.М., Бобренко И.А., Пыхтарева Е.Г., 2017).

Потенциальные возможности роста и развития растений могут реализоваться только в оптимальных условиях, в том числе минерального питания. И.В. Мосолов (1979) отмечал, что при изучении обмена веществ в растении необходимо учитывать характер использования продуктов фотосинтеза и минеральных веществ, поступающих через корневую систему. При недостаточном уровне и неправильном соотношении элементов питания в вегетативной массе, почти не образуются резервы пластических веществ необходимых для формирования качественного урожая.

К числу обязательных анализов зерна относятся установление следующих показателей: содержание белка и клейковины, натура, стекловидность, а также масса 1000 зерен. Основную массу азотистых веществ в зерне составляют белки. Белковые вещества зерна состоят в основном из простых белков (протеинов) и небольшого количества сложных (протеидов).

Массу зерна в определенном объеме называют объемной, или натурой. Это один из старейших показателей качества, определяемых в наши дни. Стекловидность зерна (консистенция эндосперма) – одно из основных признаков мукомольных свойств зерна. Как правило, в пределах одного сорта более стекловидное зерно лучше размалывается, дает больший выход крупок и муки. В то же время даже в пределах сорта существует прямая связь между стекловидностью зерна и содержанием белка и клейковины (Трисвятский Л.А., 1991; Ельников И.И., Бирюкова О.А., 2011; Глуховцев В. В., Санина Н.В., Апаликов А.А., 2015; А.И. Алтухов и др., 2020).

В исследованиях отмечалось положительное влияние допосевого использования Zn-удобрений на содержание белка в зерне яровой пшеницы – повышение его констатировалось во всех вариантах (таблица 3.13).

Отмечается в исследованиях положительное влияние Zn-удобрений и на количество клейковины. Так, Zn₈ на фонах N₆₀ и N₆₀P₆₀, в зерне яровой пшеницы содержание клейковины составило 35,1 и 34,7 %, а без Zn соответственно 31,0 и 34,3 %.

Таблица 3.13 – Качество урожая зерна яровой пшеницы при применении Zn-удобрений (среднее 2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок,		Клейковина, %	Стекловидность, %	Натура, г/л
	содержание, %	сбор, т/га			
N ₆₀ – фон 1	15,2	0,37	31,0	50	772
Zn ₄	16,8	0,46	33,2	51	806
Zn ₈	17,2	0,51	34,7	50	806
Zn ₁₂	17,1	0,50	34,1	52	767
N ₆₀ P ₆₀ – фон 2	17,2	0,48	34,3	53	804
Zn ₄	17,1	0,50	34,6	50	802
Zn ₈	17,7	0,55	35,1	51	805
Zn ₁₂	17,7	0,53	35,0	51	786
Zn _{0,5} *	16,9	0,52	34,8	50	800
Zn _{1,0} *	16,6	0,49	35,2	51	809
Zn _{1,5} *	16,1	0,44	34,5	50	806
HCP ₀₅	0,42	0,03	0,46	1,9	15,2

Положительное влияние Zn-удобрений на содержание белка и клейковины отмечается также и другими авторами (Логановский Я.М., 1952; Мокриевич Г.Л., Шлавицкая З.И., 1972; Попова В.И., 2016).

При обработке семян цинк также действовал на показатели качества (таблица 3.14). Наибольшее содержание белка наблюдалось при использовании Zn_{0,5} 16,9 %, в контроле – 17,2 %.

На увеличение белковости оказали воздействие Zn- и Cu-удобрения. В контрольном варианте содержание белка составило 18,7 %. При использовании Cu_{1,5} и Cu_{1,0} было получено максимальное содержание белка (21,2 и 20,6 %), а при применении Zn_{1,0} и Zn_{1,5} – 20,3 и 20,0 % соответственно (рисунки 3.5 и 3.6), а Mn увеличивал с 19,0 до 20,4 % (рисунок 3.7). От содержания белка в зерне зависит такой показатель, как стекловидность. Чем выше содержание белка, тем выше стекловидность.

Таблица 3.14 – Качество урожая зерна яровой пшеницы при обработке семян микроудобрениями (среднее 2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок		Клейковина, %	Стекловидность, %	Натура, г/л
	содержание, %	сбор, т/га			
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	18,7	0,42	34,6	62	776
Zn _{0,5}	19,3	0,49	36,7	65	772
Zn _{1,0}	20,3	0,51	36,5	71	806
Zn _{1,5}	20,0	0,57	35,9	69	757
Cu _{0,5}	20,1	0,53	36,0	67	767
Cu _{1,0}	20,6	0,58	36,7	69	765
Cu _{1,5}	21,2	0,55	36,2	72	804
Mn _{0,5}	19,0	0,50	36,4	62	802
Mn _{1,0}	19,0	0,51	36,4	63	805
Mn _{1,5}	20,4	0,53	36,0	70	786
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	19,8	0,50	36,6	64	807
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	18,6	0,44	35,1	62	791
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	19,0	0,54	35,9	68	784
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	18,0	0,54	35,8	62	782
НСР ₀₅	0,41	0,04	0,21	2,6	7,6

Данные наших исследований показали, что содержание клейковины в зерне яровой пшеницы наиболее высокое на вариантах с применением Zn- и Cu-удобрений и составляет 36,7 %, в контрольном варианте этот показатель составил 34,5 %.

Содержание клейковины в зерне было минимальное в вариантах при совместном применении Zn и Mn в дозе 0,50 кг/т (35,3 %) и при применении Zn, Cu и Mn в дозе 0,50 кг/т (35,4 %). Варьирование содержания клейковины обусловлено влиянием факторов внешней среды, а также различным потреблением элементов минерального питания в период вегетации.

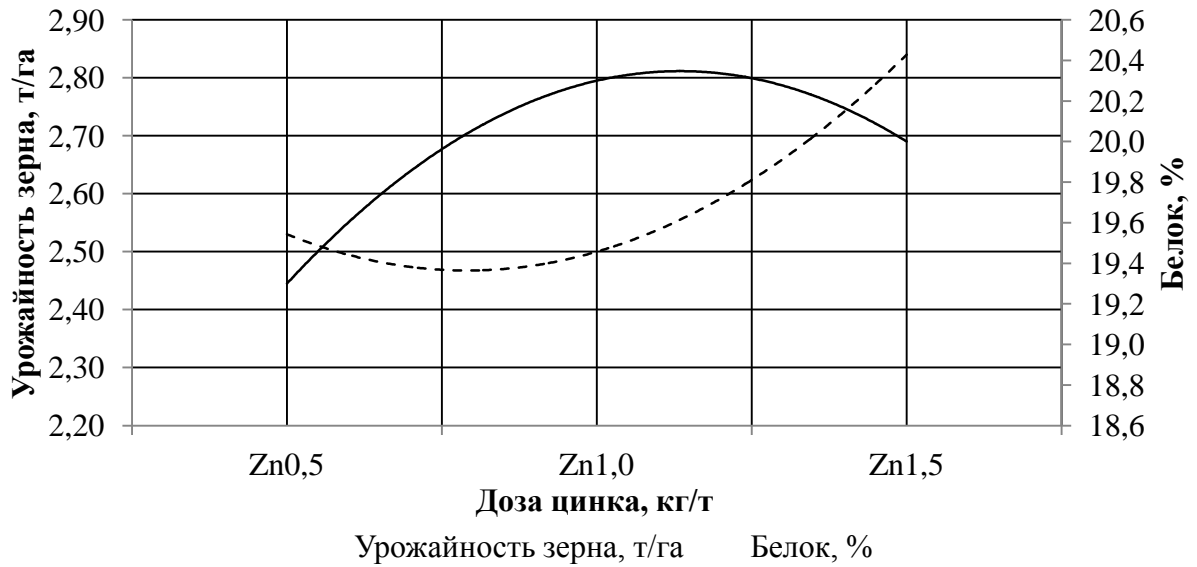


Рисунок 3.5 – Влияние доз Zn на урожайность и содержание белка (среднее 2009-2011 гг.)

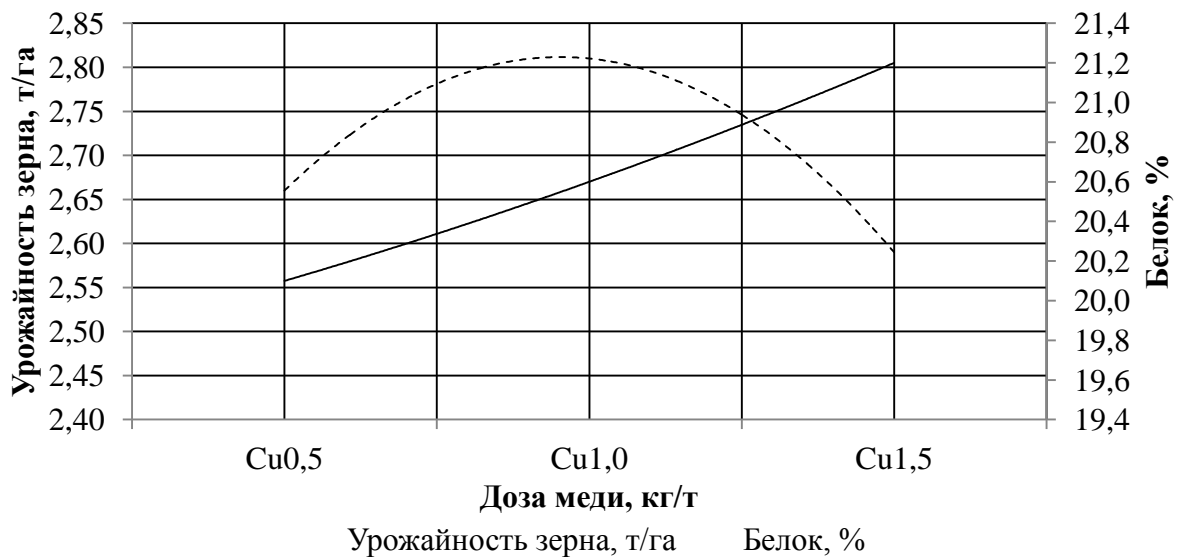


Рисунок 3.6 – Влияние доз Zn на урожайность яровой пшеницы и содержание белка (среднее 2009-2011 гг.)

Стекловидность зерна яровой пшеницы за годы исследований изменилась с 59 % в контроле до 72 % при обработке семян медью в дозе 1,5 кг/т.

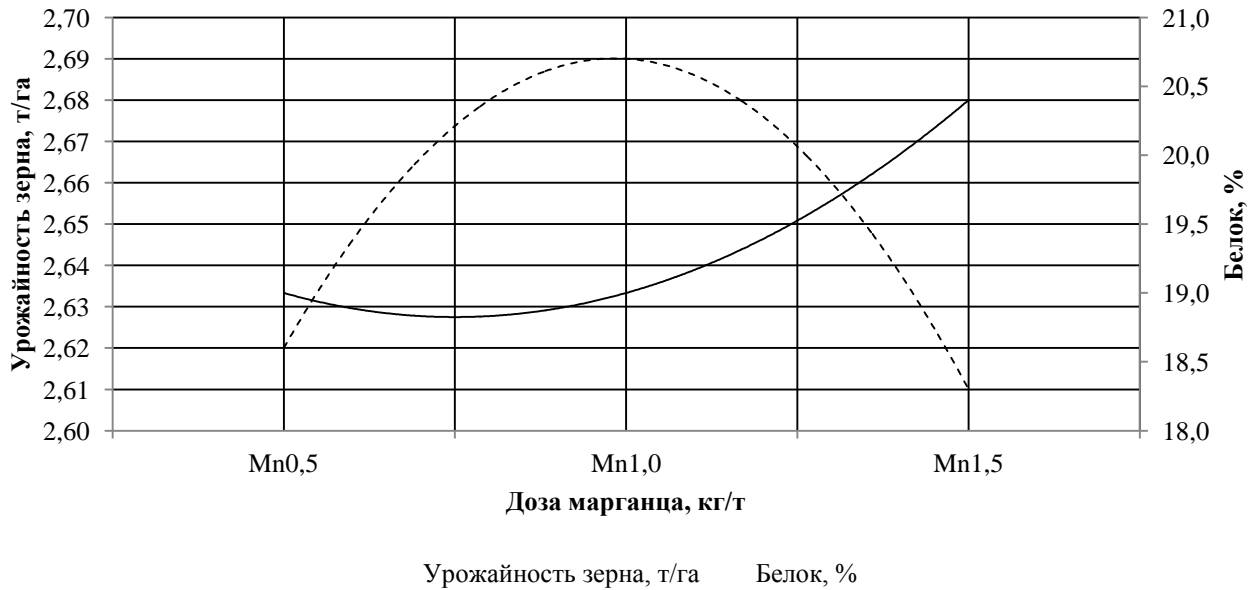


Рисунок 3.7 – Влияние доз Mn на урожайность яровой пшеницы и содержание белка (среднее 2009-2011 гг.)

Наиболее благоприятное действие на качество зерна оказала обработка семян комплексом микроудобрений $Zn_{1,5}Cu_{1,0}Mn_{1,0}$. Наибольшими оказались показатели: белковость – 21,1 %, содержание клейковины – 36,7 %, стекловидность – 70,5 % (таблица 3.15).

Таблица 3.15 – Качество урожая зерна яровой пшеницы при обработке семян микроудобрениями (среднее 2011-2013 гг.)

Доза удобрения	Белок		Клейковина, %	Стекловидность, %	Натура, г/л
	содержание, %	сбор, т/га			
$N_{60}P_{60}K_{60}$ – фон	19,5	0,40	35,3	62,0	772
$Zn_{1,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$	19,2	0,57	35,8	59,0	808
$Zn_{0,5}Cu_{1,0}Mn_{0,5}$	19,7	0,47	36,5	68,5	775
$Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{1,0}$	19,8	0,55	36,5	68,0	796
$Zn_{1,5}Cu_{1,0}Mn_{1,0}$	21,1	0,58	36,7	70,5	776
HCP_{05}	0,35	0,06	0,73	4,5	25,2

Натура зерна пшеницы в значительной мере определялась массой 1000 зерен: в варианте, где масса 1000 зерен была более высокой – 45,0 г ($Zn_{1,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$), натура зерна – 808 г/л, что характеризует это зерно как первоклассное

Проведенные нами исследования свидетельствуют о том, что обработка семян Zn, Cu и Mn способствовала улучшению качества зерна яровой пшеницы.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что лучшим способом применения микроудобрений является обработка семян.

Хелаты микроэлементов также оказали позитивное влияние на качество зерна яровой пшеницы (таблица 3.16, приложение 45).

Таблица 3.16 – Качество урожая зерна яровой пшеницы при применении микроудобрений разными способами (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Белок		Клейковина,		Стекловидность, %
	Содержание, %	Сбор, т/га	%	ИДК, ед.	
1	2	3	4	5	6
Контроль	13,39	0,29	26,5	59,0	50,0
Предпосевная обработка семян, г/100 кг					
$Zn_{10}Cu_{10}$	13,6	0,31	27,3	57,7	50,7
$Zn_{20}Cu_{10}$	13,9	0,34	27,5	57,0	50,0
$Zn_{30}Cu_{10}$	13,3	0,33	26,8	58,3	49,0
$Zn_{10}Cu_{20}$	13,2	0,32	26,7	57,3	50,0
$Zn_{10}Cu_{30}$	13,2	0,32	26,6	58,0	50,7
$Zn_{20}Cu_{20}$	14,1	0,36	28,0	58,0	51,0
$Zn_{20}Cu_{30}$	13,6	0,34	26,2	58,0	49,7
$Zn_{30}Cu_{30}$	13,6	0,35	27,1	57,0	50,0
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га					
$Zn_{10}Cu_{10}$	13,6	0,31	27,1	56,0	49,7
$Zn_{20}Cu_{10}$	14,1	0,35	27,9	58,0	50,3
$Zn_{30}Cu_{10}$	13,5	0,33	27,1	57,3	50,7
$Zn_{10}Cu_{20}$	13,7	0,34	27,3	60,0	50,3
$Zn_{10}Cu_{30}$	13,2	0,33	26,6	56,3	50,7
$Zn_{20}Cu_{20}$	15,2	0,39	28,8	57,0	50,0
$Zn_{20}Cu_{30}$	14,1	0,35	27,7	58,3	49,7

1	2	3	4	5	6
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,6	0,34	27,6	58,0	50,3
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га					
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,6	0,31	26,9	59,7	49,3
Zn ₂₀ Cu ₁₀	14,1	0,33	27,8	58,0	50,7
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,5	0,32	26,8	60,7	49,0
Zn ₁₀ Cu ₂₀	14,1	0,33	27,8	58,3	49,7
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,6	0,32	27,2	58,0	50,3
Zn ₂₀ Cu ₂₀	13,8	0,33	27,6	59,0	50,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	13,5	0,33	26,8	59,3	50,3
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,9	0,33	27,8	58,7	50,3
НСП ₀₅	0,52	0,25	0,55	3,5	2,0

Зерно пшеницы, выращенное в условиях засушливого климата, отличается повышенным содержанием белка по сравнению с зерном, выращенным в условиях влажного климата. В сухие годы урожайность может уменьшаться, а содержание белка – увеличиваться, во влажные – наоборот (Мосолов И.Ф., 1979).

Наибольшая доля белка получена в вариантах с обработкой семян Zn₁₀ – 13,95 % и Cu₁₀ – 14,06 % (рисунок 3.8). Сбор белка увеличился с 0,29 в контроле до 0,31...0,36 т/га при применении хелатов.

Для хлебопечения важнейшим показателем качества зерна является содержание и качество клейковины, которая представляет собой комплекс белковых веществ, способных при набухании в воде образовывать связную эластичную массу. Состоит из набухших белков (до 80 %), крахмала (около 20 %) и незначительного количества жира, клетчатки и др.

Содержание клейковины при обработке семян составило от 26,9 до 28,0 %, качество ее (ИДК) изменялось от 56,0 до 60,0 единиц, в лучших вариантах по урожайности (Zn₂₀ и Cu₃₀) содержание клейковины было на максимальном уровне 27,9 и 27,5 % соответственно ее качество 57,0 и 58,5.

При оценке качества зерна большое значение придается стекловидности. Стекловидность характеризует строение и консистенцию эндосперма. В зависи-

мости от стекловидности зерна делятся на: стекловидные, частично стекловидные и мучнистые. Стекловидное зерно увеличивает не только выход муки, но и ценность ее в хлебопечении. Пшеница со стекловидностью ниже 40 % считается низкостекловидной, от 40 до 70 % – среднестекловидной, свыше 70 % – высокостекловидной (Посыпанов Г.С. и др., 2006; Федотов В.А. и др., 2013; Федоров Р.А., 2017).

Стекловидность составила 49,0-51,7 %, изучаемый сорт Памяти Азиева относится к среднестекловидным.

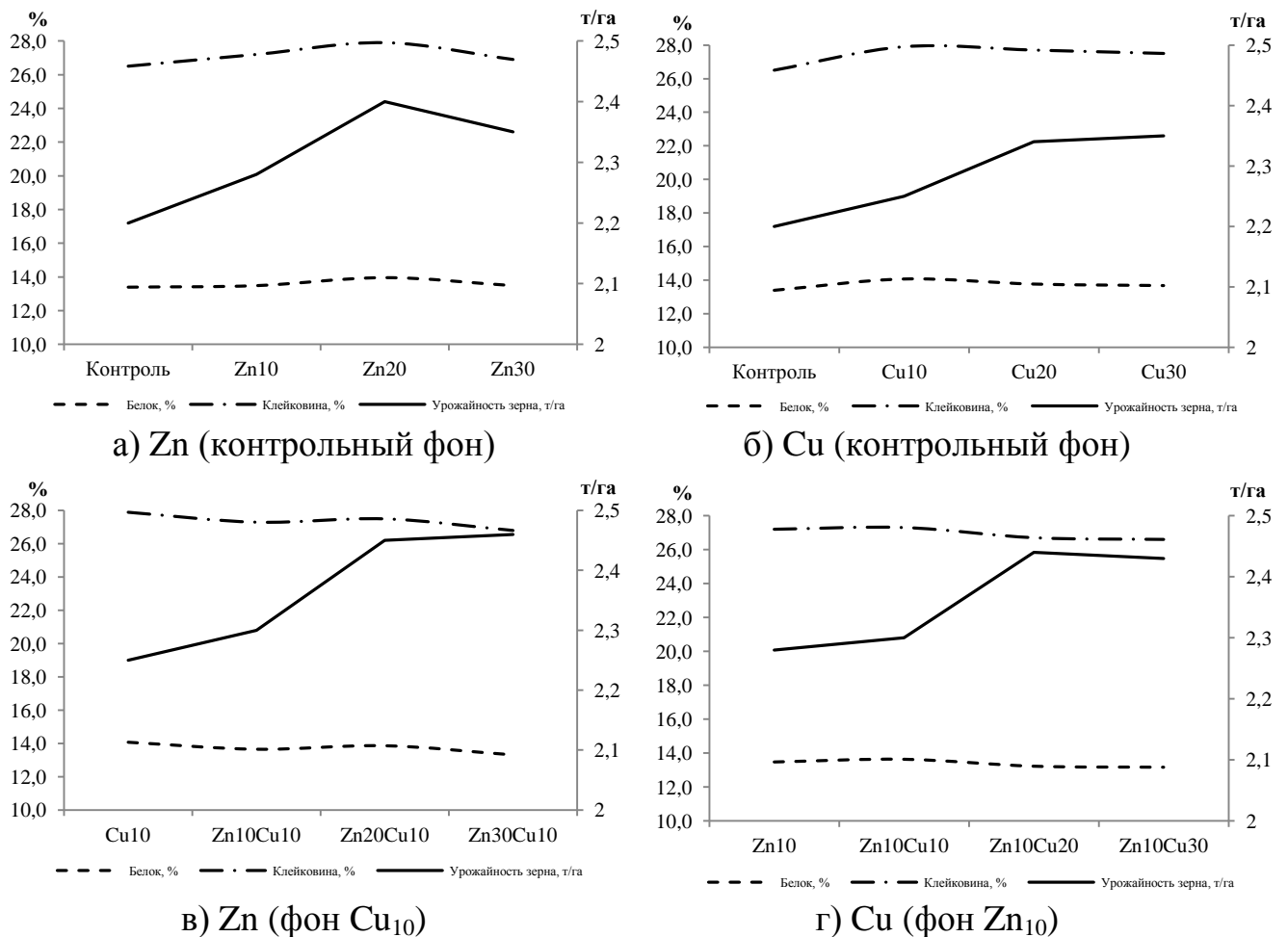


Рисунок 3.8 – Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при обработке семян хелатами Zn и Cu (г/100 кг семян) (среднее 2017-2019 гг.)

При анализе действия хелата Zn на контрольном фоне и на фоне Cu₁₀ на урожайность и качество зерна, можно констатировать, что содержание белка, клейковины и урожайность были наибольшими при Zn₂₀. Действие хелата Cu на контрольном фоне и на фоне Zn на данные показатели качества зерна при предпосев-

ной обработке семян были максимальными при дозе 10 г/100 кг семян, а урожайность была максимальной при дозе 20 г/100 кг т семян.

При этом все дозы Cu обеспечили существенное увеличение массовой доли белка – с 13,4 до 13,7...14,1 %, клейковины с 26,50 до 27,53...28,0 %.

При подкормке в фазу кущения максимальная доля белка получена: от применения 20 г/га цинка – 14,4 и 0,3 кг меди – 13,9 %, при совместном применении цинка и меди максимальная доля белка получена в варианте Zn₂₀Cu₂₀ – 15,2 % (рисунок 3.9). При применении хелатов микроэлементов сбор белка увеличился с 0,29 т/га в контроле до 0,31...0,39 кг/га, на этот показатель влияет как увеличение урожайности под действием удобрений, и изменение химического состава зерна.

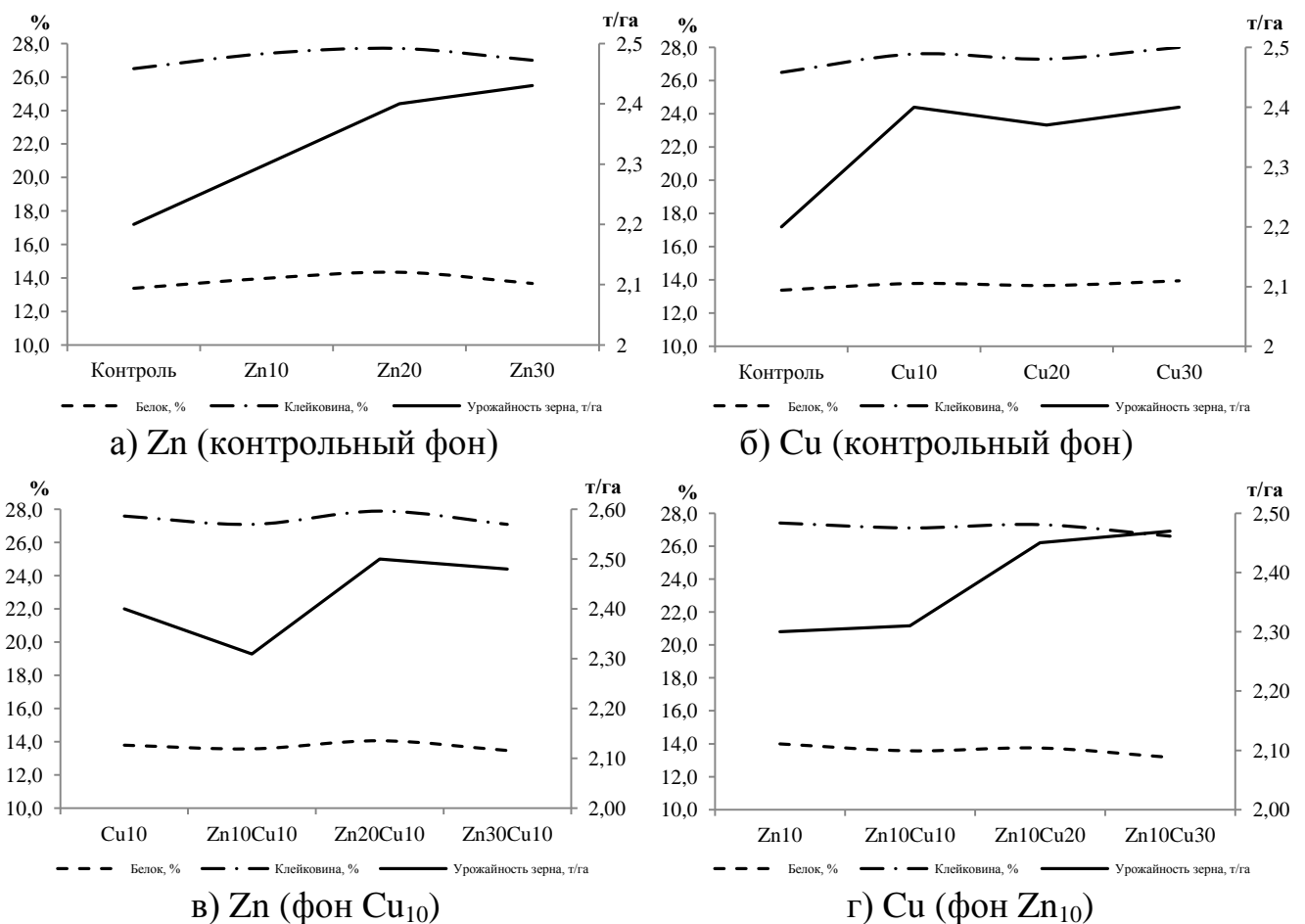


Рисунок 3.9 – Урожайность и качество зерна яровой пшеницы при листовой подкормке в кущение Zn- и Cu-удобрениями (г д.в./га) (среднее 2017-2019 гг.)

Содержание клейковины составило 26,5...28,0 %, ее ИДК 57,0...61,0 единиц, в лучших вариантах по урожайности (Zn₃₀ и Cu₁₀, Zn₂₀Cu₂₀) оно было на уровне 27,0 и 27,6, 28,8 % соответственно, ИДК – 56 и 57,7 и 57,0.

При совместном внесении цинка и меди (Zn₂₀Cu₂₀) были максимальными как урожайность зерна, так и содержание белка и клейковины в нем. От Zn и Cu в фазу выхода в трубку наибольшее содержание белка получено в вариантах Zn₂₀ – 13,6 и Cu₁₀ – 13,9 %, при применении парных комбинаций, она изменялась от 13,5 до 14,1 % (таблица 3.16, рисунок 3.10). Сбор белка при этом увеличился до 0,30...0,33 т/га. Содержание клейковины при этом составило 26,4...27,8 %, ИДК 57,7...60,7, в лучших вариантах по урожайности (Zn₂₀ и Cu₁₀) оно было на максимальном уровне 27,6 и 27,7 % соответственно, ИДК – 58,3 и 59,0.

Наибольшая урожайность, содержание белка и клейковины были максимальными при дозе Zn 20 г/га, увеличение дозы до 30 г/га показало снижение показателей (рисунок 3.10, а).

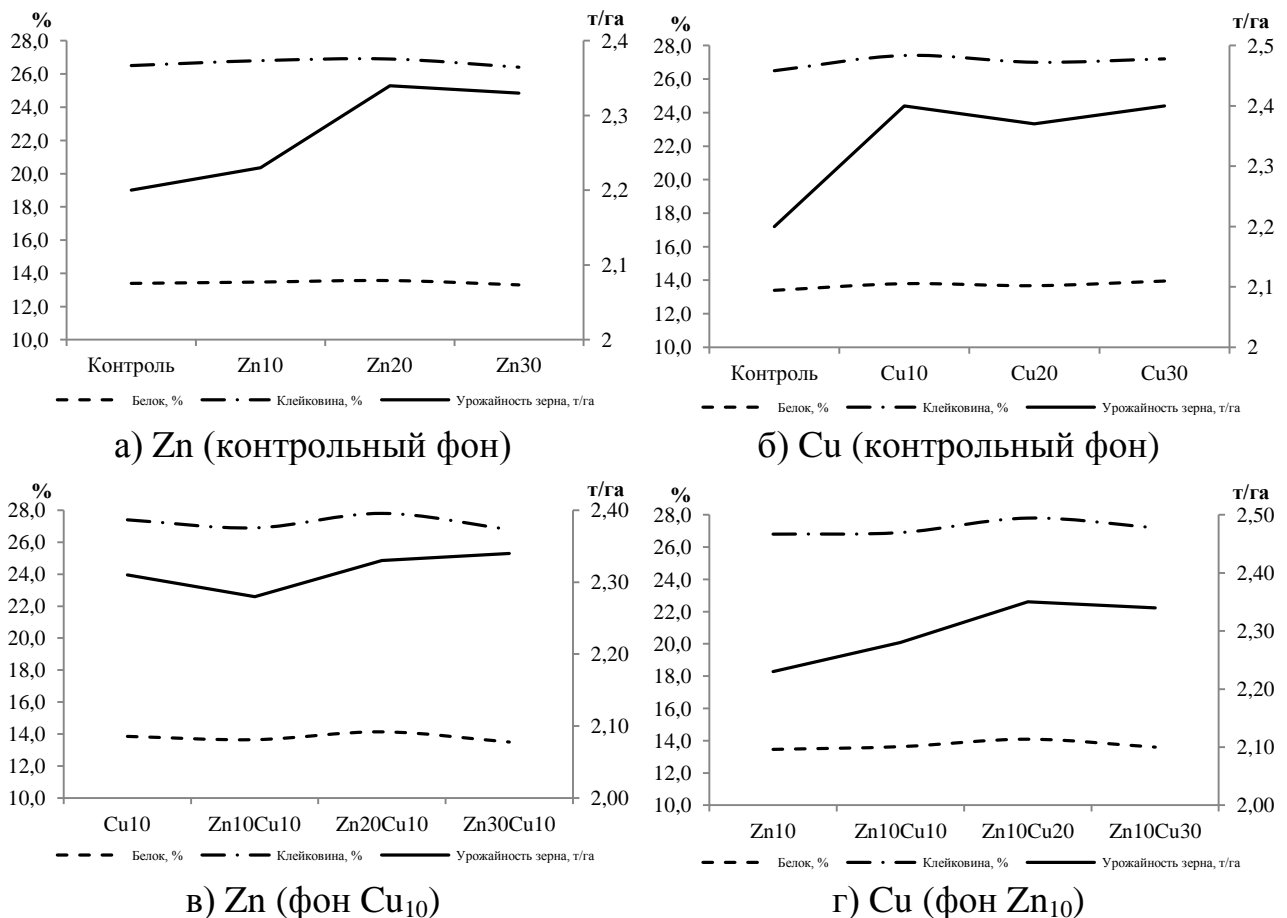


Рисунок 3.10 – Урожайность и качество зерна пшеницы при листовой подкормке в фазу выхода в трубку Zn- и Cu-удобрениями (г д.в./га) (среднее 2017-2019 гг.)

При подкормке в фазу выхода в трубку действие хелата Cu на данные показатели были максимальными при начальной дозе 10 г/га. Вместе с тем урожайность возросла до наибольшей величины при применении Cu₂₀.

Между дозой удобрения и массовой долей белка в зерне от доз Zn (Y₁ – при обработке семян, Y₂ – при листовой подкормке в фазу кущения, Y₃ – при листовой подкормке в фазу выхода в трубку %) и от доз Cu (Y₄ – при обработке семян, Y₅ – при листовой подкормке в фазу кущения, Y₆ – при листовой подкормке в фазу в фазу выхода в трубку %) (X; г/100 кг семян – при обработке семян, г/га – при листовой подкормке) установлена тесная корреляционная зависимость до определенного установленного уровня дозы, превышение которой не ведет к увеличению показателя:

$$Y_1 = 13,17 + 3,19X; \quad r = 0,77 \quad (12)$$

$$Y_2 = 13,43 + 5,13X; \quad r = 0,79 \quad (13)$$

$$Y_3 = 13,39 + 0,74X; \quad r = 0,74 \quad (14)$$

$$Y_4 = 14,02 + 3,31X; \quad r = 0,73 \quad (15)$$

$$Y_5 = 13,79 + 3,31X; \quad r = 0,76 \quad (16)$$

$$Y_6 = 13,28 + 1,99X. \quad r = 0,78 \quad (17)$$

Нашими исследованиями подтвержден факт, ранее отмеченный и другими учеными, что микроэлементы существенно увеличивали массовую долю белка в зерне. В связи с важной ролью Zn в белковом синтезе высокие концентрации этого микроэлемента необходимы в меристематических тканях, где активно происходит деление клеток и осуществляется синтез нуклеиновых кислот и белка (Минеев В.Г., Алексеев А.А., Тришина Т.А., 1984).

Определяли аминокислотный состав белка в зависимости от условий микроэлементного питания. Условия питания оказывали влияние на количественное содержание аминокислот (таблица 3.17, приложение 46).

Таблица 3.17 – Содержание аминокислот в белке зерна яровой пшеницы при способах применения хелатных микроудобрений (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Содержание		Σ незамени- мых аминокислот	Σ критических аминокислот	Σ аминокислот	Доля незаменимых аминокислот
	белка	лизина				
	%	г/100 г сухого вещества				
Контроль	13,39	0,35	3,25	0,97	7,44	43,7
предпосевная обработка семян, г/100 кг						
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,64	0,35	3,25	0,96	7,43	43,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	13,85	0,34	3,23	0,94	7,37	43,8
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,3	0,34	3,10	0,90	7,12	43,5
Zn ₁₀ Cu ₂₀	13,23	0,34	3,11	0,93	7,13	43,6
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,17	0,33	3,15	0,92	7,17	44,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	13,95	0,36	3,30	0,97	7,60	43,4
Zn ₂₀ Cu ₃₀	12,98	0,35	3,20	0,96	7,24	44,1
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,64	0,34	3,26	0,97	7,42	43,9
листовая подкормка в фазу кущения, г/га						
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,57	0,36	3,41	0,94	7,68	44,3
Zn ₂₀ Cu ₁₀	14,06	0,34	3,20	0,88	7,35	43,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,47	0,32	3,26	0,90	7,45	43,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	13,74	0,33	3,22	0,90	7,39	43,6
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,17	0,35	3,26	0,90	7,47	43,6
Zn ₂₀ Cu ₂₀	15,16	0,38	3,42	0,90	7,97	42,9
Zn ₂₀ Cu ₃₀	14,08	0,33	3,23	0,88	7,34	44,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,57	0,32	3,08	0,83	7,19	42,9
листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га						
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,64	0,36	3,36	0,91	7,62	44,1
Zn ₂₀ Cu ₁₀	14,14	0,34	3,23	0,91	7,43	43,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,49	0,35	3,16	0,91	7,46	42,3
Zn ₁₀ Cu ₂₀	14,10	0,32	3,08	0,84	7,26	42,4
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,61	0,34	3,12	0,87	7,26	43,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	13,79	0,31	3,04	0,83	7,11	42,8
Zn ₂₀ Cu ₃₀	12,88	0,34	3,25	0,89	7,40	43,9
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,89	0,35	3,29	0,90	7,56	43,6

При листовой подкормке в фазу кущения выявлено, что сумма аминокислот повышается с 7,44 без удобрений до наибольшей 7,86 от Zn_{10} и 8,27 мг/100 г от Cu_{20} .

При листовой подкормке микроудобрениями в фазу выхода в трубку выявлено, что сумма аминокислот повышается с 7,40 без удобрений до наибольшей 7,93 от применения Zn_{20} и 7,77 мг/100 г сухого вещества – Cu_{10} . Положительное влияние при листовой подкормке в фазу выхода в трубку носит устойчивый характер и повышает сумму аминокислот во всех вариантах.

Положительное влияние хелатных форм микроэлементов на сумму аминокислот в белке тем существеннее, чем позже их применение.

Наряду с традиционными показателями качества, важно содержание микроэлементов в зерне, так как недостаток или избыток их в продуктах питания и кормах приводит к нарушению обмена веществ в организме животных и человека, а часто и к болезням (Ильин В.Б., 1981, 1985; Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989; Ковальский В.В., 1974; Склярова М.А., 2008).

При недостаточном потреблении Zn с пищей страдает репродуктивная система. Содержание Zn в зерне находилось в диапазоне 21,8...35,3 мг/кг, меди – 1,02...4,76 (таблица 3.18) и не превышало ПДК в продуктах питания (Zn – 50 мг/кг, Cu – 10 мг/кг).

Так, зависимость содержания Zn в зерне (Y_1 – обработка в фазу выхода в трубку, мг/кг) от доз цинкового удобрения (X, г/га), содержания Cu в зерне (Y_2 – обработка в фазу выхода в трубку, мг/кг) от доз медного удобрения (X, г/га) на контрольном фоне выражается уравнениями:

$$Y_1 = 28,59 + 0,24X, \quad r = 0,87 \quad (18)$$

$$Y_2 = 1,44 + 0,122X. \quad r = 0,91 \quad (19)$$

Таблица 3.18 – Содержание Zn и Cu в зерне яровой пшеницы при применении микроудобрений, мг/кг (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Предпосевная обработка семян, г/100 кг			Листовая подкормка, г/га					
				кущение			выход в трубку		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Контроль	28,1	1,21	29	28,6	1,21	18	28,1	1,21	20
Zn ₁₀	21,8	1,02	18	28,0	2,69	24	31,5	1,44	20
Zn ₂₀	28,5	2,49	25	29,9	2,85	25	33,8	3,37	25
Zn ₃₀	24,1	2,87	25	31,7	2,53	27	35,3	3,10	26
Cu ₁₀	27,6	2,21	24	28,0	2,90	28	30,5	3,11	25
Cu ₂₀	37,1	2,76	25	27,7	4,76	26	30,7	3,65	25
Cu ₃₀	28,3	1,86	19	31,7	3,02	19	26,4	2,42	26
Zn ₁₀ Cu ₁₀	10,5	1,75	22	29,5	2,41	29	34,2	3,01	28
Zn ₂₀ Cu ₁₀	10,7	1,04	25	28,9	2,51	25	34,0	2,10	9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	11,2	0,75	28	31,8	2,52	29	35,2	2,95	28
Zn ₁₀ Cu ₂₀	10,1	1,02	22	28,7	2,57	29	31,3	2,69	27
Zn ₁₀ Cu ₃₀	9,2	0,76	31	13,5	2,82	23	35,0	2,51	10
Zn ₂₀ Cu ₂₀	9,5	1,96	29	32,5	2,20	30	38,0	2,16	28
Zn ₂₀ Cu ₃₀	10,1	1,16	22	28,0	1,95	31	29,0	4,27	33
Zn ₃₀ Cu ₃₀	9,9	0,77	28	27,6	2,37	26	40,4	2,96	30

Таким образом, благодаря микроудобрениям происходит повышение содержания Zn и Cu в зерне яровой пшеницы до определенного уровня. Используя полученные уравнения, можно прогнозировать качественные показатели урожая.

4 ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

В полевых опытах 2007-2012 гг. на лугово-черноземной почве исследовали реакцию озимых зерновых культур (озимая пшеница, озимая рожь, озимое тритикале) на микроудобрения. Предусматривалось выявить: закономерности действия различных способов применения Zn-удобрений на азотном и азотно-фосфорном фонах, Zn-, Cu-, Mn-удобрений при обработке семян на фоне полного удобрения, расчетных доз Zn при допосевном внесении.

4.1 Способы применения Zn-удобрений

4.1.1 Озимая пшеница

Использование Zn-удобрений до посева (таблица 4.1) обеспечило получение прибавок урожая зерна озимой пшеницы в среднем за годы исследований от 0,26 до 0,87 т/га (9,4...32,8 % к фону).

Применение Zn₄ и Zn₈ на фоне N₃₀ позволило создать высокую прибавку урожая 0,32...0,61 т/га (11,6...23,0 % к фону). При этом окупаемость цинка удобрений была даже выше, чем от их применения на азотно-фосфорном фоне.

Наибольшая прибавка урожая зерна 0,87 т/га в среднем за 4 года исследований сформировалась при применении Zn₈ на фоне N₃₀P₆₀ (при урожайности зерна на фоне N₃₀ 2,65 т/га).

В то же время внесение Zn₄ на фоне N₃₀P₆₀ не привело к достоверному увеличению урожайности по сравнению с такой же дозой на фоне N₃₀ (прибавка урожая 0,59 и 0,67 т/га соответственно). Это можно объяснить антогонистическим влиянием на поступление цинка повышенного содержания фосфора в почве при применении фосфорного фона. Для преодоления негативного действия этого фактора потребовалось увеличение дозы до Zn₈, что и позволило получить агрономически достоверный эффект.

Таблица 4.1 – Урожайность зерна озимой пшеницы при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га		± к фону			
			2010-2011		2008-2011	
	2010-2011	2008-2011	т/га	%	т/га	%
N ₃₀ - фон 1	2,75	2,65	-	-	-	-
Zn ₄	3,07	3,26	0,32	11,6	0,61	23,0
Zn ₈	3,33	3,14	0,58	21,0	0,49	18,4
Zn ₁₂	3,01	-	0,26	9,4	-	-
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	3,16	3,21	0,41	14,9	0,59	21,1
Zn ₄	3,08	3,32	-0,08	-	0,67	25,2
Zn ₈	3,42	3,52	0,67	24,3	0,87	32,8
Zn ₁₂	3,32	-	0,57	20,7	-	-
Zn _{0,5} *	3,18	2,98	0,43	15,6	0,33	12,4
Zn _{1,0} *	3,54	3,48	0,79	28,7	0,83	31,3
Zn _{1,5} *	3,58	-	0,83	30,1	-	-
HCP ₀₅	0,16-0,26					

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Применение Zn₁₂ на фонах N₃₀P₆₀ и N₃₀ не привело к увеличению урожайности по сравнению с Zn₈. Доза Zn₁₂ была добавлена в схему после двух лет опыта для изучения результативности повышенной дозы.

Коэффициенты регрессии (0,061 – на фоне N₃₀, 0,038X – на фоне N₃₀P₆₀) показывают, что 1 кг цинкового удобрения в допосевное внесение повышал урожайность зерна озимой пшеницы на 61 кг на фоне N₃₀ и на 38 кг на фоне N₃₀P₆₀.

$$Y = 2,77 + 0,061X; \quad r = 0,75, \quad (20)$$

$$Y = 3,20 + 0,038X. \quad r = 0,92. \quad (21)$$

Урожайность увеличивается до варианта Zn₈, а Zn₁₂ способствовал уменьшению урожайности зерна пшеницы (уравнения 22 и 23):

$$Y = 2,69 + 0,16X - 0,012X^2; \quad (\eta = 0,61) \quad (22)$$

$$Y = 3,19 + 0,071X - 0,005X^2. \quad (\eta = 0,65) \quad (23)$$

При обработке семян выявлено, что наиболее эффективно на фоне N₃₀P₆₀ применение Zn_{1,0} и Zn_{1,5} – получена практически одинаковая средняя прибавка: прибавка урожая 0,79 и 0,83 т/га или 28,7 % и 30,1 % к фону N₃₀ соответственно за 2 года.

Таким образом, применение Zn-удобрений при возделывании озимой пшеницы на лугово-черноземной почве является эффективным. Оптимальной дозой до посева было применение Zn₈, а при обработке семян – Zn_{1,0} на фоне N₃₀P₆₀.

4.1.2 Озимая рожь

В России рожь является второй после пшеницы продовольственной культурой. Зерно ржи содержит в среднем 12,8 % белка, около 80 % углеводов, 2,0 % жира, 2,1 % золы, 2,2 % клетчатки. Белки ржи полноценны, содержат все незаменимые аминокислоты. При этом содержание отдельных из них (лизина, цистина, гистидина, треонина, валина, глицина) превышает по удельному весу в белковом комплексе соответствующие компоненты белков пшеницы. Это делает ржаной хлеб ценной составной частью рациона человека, а отходы переработки зерна – высокопитательным кормом (Некрасова Е.В., Горбачева Т.В., 2013).

Клейковина ржи отличается от клейковины пшеницы более рыхлой консистенцией, меньшей растяжимостью и упругостью, поэтому ржаной хлеб обладает меньшей пористостью, менее пышный, темный, плотный. Тем не менее, он вкуснее, высокопитательнее, но по калорийности и усвояемости несколько уступает пшеничному (Рутц Р.И., 1989, 2005).

Ржаной хлеб является традиционным продуктом питания многих крупных районов России, зерно пользуется значительным спросом на международном

рынке. Зерно и отруби ржи являются прекрасным концентрированным кормом. Большую ценность представляет рожь как источник раннего зеленого корма. Весной она очень быстро растет и готова к использованию раньше естественных пастбищ и других культур (Полевые культуры ..., 2002; Система ..., 2020).

Исследования выявили положительное действие Zn-удобрений при допосевном использовании на урожайность зерна озимой ржи в зависимости от доз, способов, фона макроэлементов (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Урожайность зерна озимой ржи при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га		± к фону			
			2010-2011		2008-2011	
	2010-2011	2008-2011	т/га	%	т/га	%
N ₃₀ - фон 1	4,09	3,91	-	-	-	-
Zn ₄	4,08	4,02	-0,01	-0,26	0,11	2,81
Zn ₈	4,30	4,33	0,21	5,22	0,42	10,74
Zn ₁₂	4,02	-	-0,07	-1,62	-	-
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	4,27	4,22	0,18	4,40	0,31	7,93
Zn ₄	4,48	4,72	0,21	4,98	0,50	11,85
Zn ₈	4,30	4,03	0,03	0,71	-0,19	-4,50
Zn ₁₂	4,39	-	0,12	2,84	-	-
Zn _{0,5} *	4,30	4,21	0,03	0,71	-0,01	-0,24
Zn _{1,0} *	4,51	4,79	0,24	5,69	0,57	13,51
Zn _{1,5} *	4,44	-	0,17	4,03	-	-
HCP ₀₅	0,21-0,25					

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Допосевное применение Zn-удобрений по-разному способствовало продуктивности культуры. Внесение Zn₄ на фоне N₃₀P₆₀ не способствовало получению достоверной прибавки урожайности (4,02 т/га в варианте и 3,91 т/га на фоне). При

увеличении дозы Zn_8 урожайность повысилась на 0,31 т/га по сравнению с Zn_4 и на 0,42 т/га (10,74 %) по сравнению с фоном. Использование Zn_{12} на фоне N_{30} не выявило увеличение урожайности зерна озимой ржи.

Увеличение урожайности на 0,31 т/га на фоне $N_{30}P_{60}$ по сравнению с фоном N_{30} формировалось в условиях улучшенного фосфорного питания растений. На фоне $N_{30}P_{60}$ наибольшая урожайность получена в варианте Zn_4 и составила 4,72 т/га. Zn_8 и Zn_{12} привели к снижению урожайности до 4,03 и 4,39 т/га соответственно.

Обработка семян озимой ржи способствовала увеличению урожайности и от $Zn_{0,5}$, $Zn_{1,0}$, $Zn_{1,5}$ получена соответственно: 4,21; 4,79; 4,44 т/га. Наиболее эффективной являлась доза 1,0 кг/т зерна.

На фоне N_{30} 1 кг цинка повышал урожайность на 52 кг зерна (уравнение 24). Урожайность увеличивалась до Zn_8 повышение дозы до Zn_{12} снизило урожайность зерна озимой ржи (уравнение 24):

$$Y = 3,87 + 0,052X, \quad r = 0,92 \quad (24)$$

$$Y = 4,09 + 0,09X - 0,008X^2. \quad \eta = 0,83 \quad (25)$$

На фоне $N_{30}P_{60}$ урожайность зерна озимой ржи увеличивалась от дозы цинка 4 кг д.в./га; ее увеличение снижало урожайность (уравнение 26).

$$Y = 4,22 + 0,21X - 0,021X^2 \quad \eta = 0,82 \quad (26)$$

Проведенные исследования по изучению эффективности Zn -удобрений под озимую рожь на лугово-черноземной почве позволяют сделать вывод о высокой отзывчивости культуры на применение данных удобрений.

4.1.3 Озимое тритикале

Общеизвестно, что в зерне хлебных злаков – главном источнике концентрированных кормов – имеется значительный дефицит белка и лизина в сравнении с

зоотехническими нормами. В этом отношении тритикале выгодно отличается от других зернофуражных культур повышенным содержанием белка и незаменимых аминокислот.

Действие Zn-удобрений на продуктивность озимого тритикале во многом зависело от метеорологических условий года и дозы микроудобрений (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Урожайность зерна озимого тритикале при применении Zn-удобрений (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га		± к фону			
			2010-2011		2008-2011	
	2010-2011	2008-2011	т/га	%	т/га	%
N ₃₀ - фон 1	2,59	2,27	-	-	-	-
Zn ₄	3,08	2,59	0,49	21,6	0,32	14,1
Zn ₈	3,28	2,68	0,69	30,5	0,42	18,3
Zn ₁₂	3,21	-	0,62	27,2	-	-
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	3,31	2,96	0,72	31,6	0,70	30,7
Zn ₄	3,31	3,06	-	-	0,10	3,3
Zn ₈	3,61	3,28	0,3	9,1	0,32	10,9
Zn ₁₂	3,12	-	-0,19	-6,42	-	-
Zn _{0,5} *	3,23	2,98	-0,08	-2,70	0,02	0,7
Zn _{1,0} *	3,21	3,16	-0,1	-3,38	0,20	6,8
Zn _{1,5} *	3,21	-	-0,1	-3,38	-	-
НСР ₀₅	0,11-0,16					

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян

От Zn₄ и Zn₈ прибавки в среднем за 4 года составили 0,49 т/га (18,2 %) и 0,69 т/га (26,6 %) соответственно. При применении Zn₁₂ средняя урожайность за 2 года была ниже таковой от Zn₈, такое увеличение дозы неэффективно, поэтому в качестве оптимальной дозы можно считать Zn₈.

Достоверно повышалась урожайность при улучшении условий фосфорного питания: от $N_{30}P_{60}$ составила 2,96 т/га (прибавка 0,69 т/га или 30,4 % по отношению к фону N_{30}). На фоне $N_{30}P_{60}$ максимальная средняя урожайность получена в варианте Zn_8 и составила 3,28 т/га, прибавка – 0,32 т/га (10,9 %), что существенно больше прибавки от внесения Zn_4 – 0,10 т/га (3,3 %). Увеличение дозы Zn-удобрений до 12 кг д.в. на 1 га не сопровождалось ростом урожайности (3,12 т/га). Следовательно, высокий эффект от внесения Zn наблюдался при хорошей обеспеченности растений азотом и фосфором. Наиболее эффективным при основном внесении являлось применение Zn_8 , как на азотном фоне, так и на азотно-фосфорном.

При обработке семян озимого тритикале на азотно-фосфорном фоне дозой 0,5 кг/т семян средняя урожайность зерна составила 2,98 т/га (0,7 %). Максимальная прибавка получена в варианте $Zn_{1,5}$ – 0,40 т/га или 13,5 % по отношению к фону. Средняя урожайность на варианте с дозой 1,0 кг/т семян составила 3,16 т/га (6,8 %), что несколько ниже, чем в варианте 1,5 кг/т семян – 3,21 т/га (0,40 %). Следовательно, применение большей дозы (1,5 килограмма соли на 1 т семян) нецелесообразно.

В целом, исследования по изучению эффективности Zn-удобрений под озимое тритикале на лугово-черноземной почве позволяют сделать вывод о высокой отзывчивости культуры на их применение.

4.2 Обработка семян микроудобрениями (Zn, Cu, Mn)

4.2.1 Озимая пшеница

Результативность обработки семян озимой пшеницы Zn, Cu и Mn в экспериментах была неодинаковой (таблица 4.4). В среднем за 4 года урожайность зерна при $Zn_{0,5}$ составила 2,98 т/га, что не превышало продуктивности без микроэлементов (на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$ – 2,99 т/га). При увеличении дозы Zn до 1,0 кг/т урожайность увеличилась на 0,43 т/га до 3,42 т/га.

Таблица 4.4 – Урожайность зерна озимой пшеницы при обработке семян микроудобрениями (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га		± к фону			
			2010-2011		2008-2011	
	2010-2011	2008-2011	т/га	%	т/га	%
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	3,21	2,99	-	-	-	-
Zn _{0,5}	3,17	2,98	-0,04	-	-0,01	-
Zn _{1,0}	3,42	3,42	0,21	6,5	0,43	14,6
Zn _{1,5}	3,45	-	0,24	7,4	-	-
Cu _{0,5}	3,41	3,38	0,20	6,2	0,39	13,1
Cu _{1,0}	3,21	3,37	0	0,0	0,38	12,8
Cu _{1,5}	3,00	-	-0,21	-	-	-
Mn _{0,5}	3,04	3,04	-0,17		0,06	1,8
Mn _{1,0}	3,38	3,53	0,17	5,2	0,54	18,1
Mn _{1,5}	3,08	-	-0,13	-	-	-
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	3,27	3,38	0,06	1,8	0,40	13,3
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	3,29	3,50	0,08	2,4	0,52	17,2
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	3,33	-	0,12	3,7	-	-
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	3,65	3,62	0,44	13,7	0,64	21,3
НСР ₀₅ , т/га	0,16-0,21					

При внесении дозы Cu_{0,5} урожайность зерна составила 3,38 т/га, что превышает урожайность в контроле на 0,39 т/га, при Cu_{1,0} 3,37 и 0,38 т/га соответственно. От дозы Mn_{0,5} урожайность зерна составила 3,04 т/га, прибавка – 0,06 т/га. Увеличение дозы Mn до 1,0 кг/т увеличила урожайность на 0,54 т/га.

В 2009 г. была введена доза Zn, Cu и Mn 1,5 кг/т обработки семян озимой пшеницы. Но по сравнению с дозами 0,5 и 1,0 кг/т применение 1,5 кг/т не обеспечило достоверной прибавки урожая (в среднем за 2 года).

Положительно сказывалось на продуктивности озимой пшеницы одновременное применение нескольких микроэлементов. Так, внесение Zn_{0,5}Cu_{0,5} обеспечило урожайность 3,38 т/га. Прибавка составила в 0,40 т/га. За 4 года исследований данное сочетание не давало отрицательной прибавки. Применение Zn_{0,5}Mn_{0,5}

способствовало формированию урожайности в 3,50 т/га (прибавка 0,52 т/га), $\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$ соответственно 3,33 и 0,35 т/га, $\text{Zn}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$ – 3,62 и 0,64 т/га.

Таким образом, выявлено, что наиболее эффективно использование Zn и Mn в дозе 1,0 кг/т – от Zn получена прибавка урожая зерна 0,44 т/га или 14,6 % к контролю, Mn – 0,54 т/га или 18,1 %. При обработке солью Cu лучший результат получен от дозы 0,5 кг/т – соответственно 0,39 т/га и 13,1 %. При совместной обработке микроэлементами наибольшую эффективность имел вариант $\text{Zn}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$ (прибавка 0,64 т/га или 21,3 % к контролю).

4.2.2 Озимая рожь

Урожайность зерна озимой ржи на фоне составила 4,36 т/га (таблица 4.5). Обработка семян Zn перед посевом в дозе 0,5 кг/т способствовала получению урожайности 4,79 т/га, прибавка составила 0,43 т/га (9,9 %). При повышении дозы Zn до 1,0 кг/т наблюдалось некоторое увеличение урожайности до 4,84 т/га (0,48 т/га и 11,0 %).

При обработке семян Cu в дозах 0,5 и 1,0 кг/т урожайность получена соответственно 4,44 и 4,73 т/га (1,8 и 8,5 % к фону), из чего следует, что увеличение дозы Cu до 1,0 кг/т эффективно.

Наибольшую эффективность имело внесение Mn в дозе 0,5 кг/т, получена урожайность 4,86 т/га, что на 11,5 % выше фоновой. Увеличение дозы обработки семян Mn до 1,0 кг/т не имело преимущества в повышении урожайности зерна (4,33 т/га).

Обработка повышенной дозой 1,5 кг/т семян не способствовала увеличению урожайности по сравнению с дозами 0,5 и 1,0 кг/т всех видов изучаемых микроудобрений.

Максимальное увеличение урожая зерна (0,56 т/га, 12,8 % к фону) получено при совместной обработке семян микроэлементами Zn и Mn в дозах 0,5 кг/т. При обработке семян микроэлементами выявлено, что наиболее эффективно использование Zn и Mn в дозе 0,5 кг/т – от Zn получена прибавка урожая зерна 0,43 т/га или 9,9 % к контролю, Mn – 0,5 т/га или 11,5 %.

Таблица 4.5 – Урожайность зерна озимой ржи при обработке семян микроудобрениями (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га		± к фону			
			2010-2011		2008-2011	
	2010-2011	2008-2011	т/га	%	т/га	%
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	4,42	4,36	-	-	-	-
Zn _{0,5}	4,64	4,79	0,22	5,0	0,43	9,9
Zn _{1,0}	4,88	4,84	0,46	10,4	0,48	11,0
Zn _{1,5}	4,44	-	0,02	0,45	-	-
Cu _{0,5}	4,35	4,44	-0,07	-1,6	0,08	1,8
Cu _{1,0}	4,76	4,73	0,34	7,7	0,37	8,5
Cu _{1,5}	4,48	-	0,06	1,4	-	-
Mn _{0,5}	4,57	4,86	0,15	3,4	0,50	11,5
Mn _{1,0}	4,52	4,33	0,10	2,3	-0,03	-0,7
Mn _{1,5}	4,56	-	0,14	3,2	-	-
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	4,61	4,61	0,19	4,3	0,25	5,7
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	4,73	4,92	0,31	7,0	0,56	12,8
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	4,57	-	0,15	3,4	-	-
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	4,67	4,72	0,25	5,7	0,36	8,3
НСР ₀₅ , т/га	0,16-0,21					

* – средняя урожайность 2010-2011 гг.

При обработке Cu лучший результат получен от дозы 1,0 кг/т – 0,37 т/га или 8,5 %. При совместной обработке микроэлементами наибольшую эффективность имел вариант Zn_{0,5}Mn_{0,5} (прибавка 0,56 т/га или 12,8 % к контролю).

4.2.3 Озимое тритикале

На фоне N₃₀P₆₀K₆₀ средняя урожайность за 4 года исследований составила 2,95 т/га зерна (таблица 4.6).

Урожайность зерна при обработке Zn_{0,5} составила 3,06 т/га, при увеличении дозы Zn до 1,0 кг/т – 3,23 (прибавка 0,28 т/га или 9,6 % к фону). При обработке семян 0,5 кг Cu урожайность зерна составила 3,21 т/га, что превышает урожайность на фоне на 0,26 т/га (8,8 %).

Таблица 4.6 – Урожайность зерна озимого тритикале при предпосевной обработке семян микроудобрениями (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га		± к фону			
			2010-2011		2008-2011	
	2010-2011	2008-2011	т/га	%	т/га	%
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	3,29	2,95	-	-	-	-
Zn _{0,5}	3,37	3,06	0,08	2,4	0,11	3,7
Zn _{1,0}	3,68	3,23	0,39	11,9	0,28	9,6
Zn _{1,5}	3,36	-	0,07	2,1	-	-
Cu _{0,5}	3,51	3,21	0,22	6,7	0,26	8,8
Cu _{1,0}	3,56	3,15	0,27	8,2	0,21	7,0
Cu _{1,5}	3,43	-	0,14	4,3	-	-
Mn _{0,5}	3,63	3,14	0,34	10,2	0,19	6,6
Mn _{1,0}	3,60	3,25	0,31	9,4	0,30	10,2
Mn _{1,5}	3,59	-	0,30	9,1	-	-
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	3,41	2,89	0,12	3,5	-	-
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	3,55	3,30	0,26	7,8	0,35	11,8
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	3,40	-	0,11	3,2	-	-
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	3,31	2,78	0,01	0,5	-	-
НСР ₀₅ , т/га	0,14-0,16					

В варианте Mn в дозе 0,5 кг/т урожайность составила 3,14 т/га (прибавка 0,19 т/га или 6,6 % к фону), в дозе 1,0 кг/т – 3,25 т/га (0,30 т/га и 10,2 %). Обработка повышенной дозой микроэлементов 1,5 кг/т семян не обеспечила увеличения урожайности по сравнению с дозами 0,5 и 1,0 кг/т.

Положительно сказывалось на продуктивности озимого тритикале одновременное применение нескольких микроэлементов. Так, внесение Zn_{0,5}Cu_{0,5} обеспечило урожайность 2,89 т/га, прибавка составила в 0,12 т/га. Применение Zn_{0,5}Mn_{0,5} способствовало формированию максимальной средней урожайности в опыте в 3,30 т/га (прибавка 0,26 т/га). Применение Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5} (2,78 т/га не было эффективным по сравнению с одним применяемым элементом. Вполне возможной

причиной являлось взаимодействие ионов – антагонизм при усвоении элементов растениями и в результате меньшее их поступление.

Таким образом, при обработке семян установлено, что наиболее эффективно применение Zn и Mn в дозе 1,0 кг/т – получена средняя прибавка урожая зерна в период исследований – 0,28 т/га или 9,6 % к фону, Mn – 0,30 т/га или 10,2 %. От Cu лучший результат получен при дозе 0,5 кг/т – соответственно 0,26 т/га (8,8 %). При совместной обработке микроэлементами наибольшую эффективность имела обработка семян $Zn_{0,5}Mn_{0,5}$ (прибавка составила 0,35 т/га или 11,8 % к фону).

В результате проведённых исследований была выявлена эффективность применения микроудобрений при обработке семян озимых зерновых культур.

4.3 Химический состав растений

Для того чтобы управлять процессом роста и развития растений и формирования урожая в количественном и качественном отношении, нужно проследить процесс накопления элементов питания в растениях в основные фазы роста и развития. Затем химический состав растений увязать с количеством применяемых удобрений, химическим составом почвы и величиной конечного урожая.

Применение повышающихся доз цинка в допосевное внесение от 4 до 8 кг/га способствовало увеличению количества азота в зерне на обоих фонах (таблица 4.7). Так, зависимость содержания азота в зерне озимых культур (Y_1 – фон N_{30} , Y_2 – фон $N_{30}P_{60}$, %) от доз применяемого Zn (X , кг/га) представлена следующими уравнениями:

$$\text{озимая пшеница (27, 28): } Y_1 = 2,62 + 0,014X, \quad r = 0,84 \quad (27)$$

$$Y_2 = 2,57 + 0,020X. \quad r = 0,79 \quad (28)$$

озимая рожь (29,30):

$$Y_1 = 2,55 + 0,040X, \quad r = 0,89 \quad (29)$$

$$Y_1 = 2,56 + 0,022X. \quad r = 0,96 \quad (30)$$

озимое тритикале (31,32):

$$Y_1 = 1,97 + 0,040X, \quad r = 0,81 \quad (31)$$

$$Y_1 = 2,18 + 0,020X. \quad r = 0,76 \quad (32)$$

Таблица 4.7 – Содержание макроэлементов в растениях зерновых культур по фазам развития при применении Zn-удобрений, % (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
							солома	зерно
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Озимая пшеница								
N ₃₀ – фон 1	азот	3,62	3,21	4,44	3,68	3,25	1,28	1,71
	фосфор	0,55	0,40	0,40	0,38	0,28	0,12	0,24
	калий	4,01	3,90	3,60	3,78	2,20	1,76	1,35
Zn ₈	азот	3,92	3,28	4,50	3,81	3,26	1,70	2,12
	фосфор	0,52	0,38	0,42	0,41	0,30	0,14	0,23
	калий	3,97	3,88	3,65	3,92	2,20	1,95	1,17
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	азот	3,65	3,24	4,35	3,71	3,30	1,49	2,30
	фосфор	0,59	0,41	0,42	0,35	0,28	0,12	0,23
	калий	3,91	3,91	3,66	3,71	2,21	1,82	1,45
Zn ₈	азот	4,03	3,39	4,60	4,09	3,51	1,62	2,02
	фосфор	0,64	0,49	0,50	0,40	0,33	0,14	0,24
	калий	4,08	4,00	3,78	3,90	2,46	1,76	1,47
Zn _{1,0} *	азот	4,01	3,38	4,58	4,08	3,52	1,53	1,98
	фосфор	0,61	0,48	0,49	0,41	0,34	0,15	0,16
	калий	4,06	3,98	3,71	3,91	2,44	1,79	1,56
Озимая рожь								
N ₃₀ – фон 1	азот	3,82	3,32	3,55	3,32	2,01	0,44	2,55
	фосфор	0,48	0,60	0,42	0,38	0,29	0,10	0,32
	калий	3,65	4,20	3,20	2,61	2,01	0,84	0,45
Zn ₈	азот	4,25	4,62	3,31	3,69	2,85	0,54	2,68
	фосфор	0,61	0,59	0,49	0,30	0,37	0,12	0,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	калий	3,89	4,52	3,37	3,34	2,26	0,82	0,44
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	азот	3,52	4,00	3,77	3,23	1,86	0,46	2,55
	фосфор	0,69	0,57	0,43	0,33	0,34	0,10	0,32
	калий	3,56	4,54	3,23	2,77	1,83	0,81	0,47
Zn ₈	азот	4,65	4,16	3,06	3,74	2,15	0,40	2,73
	фосфор	0,58	0,58	0,44	0,33	0,36	0,11	0,29
	калий	3,59	4,37	3,07	2,80	2,08	0,81	0,45
Zn _{1,0} *	азот	4,18	4,60	3,32	3,26	1,86	0,54	2,59
	фосфор	0,60	0,63	0,49	0,33	0,36	0,10	0,33
	калий	4,14	4,47	4,04	3,34	2,13	0,72	0,43
Озимое тритикале								
N ₃₀ – фон 1	азот	4,23	4,11	3,44	3,38	2,42	0,62	1,95
	фосфор	0,70	0,43	0,42	0,38	0,29	0,12	0,38
	калий	4,79	3,55	3,45	3,39	2,36	0,94	0,44
Zn ₈	азот	5,21	4,33	4,85	3,68	2,58	0,76	2,23
	фосфор	0,65	0,43	0,39	0,46	0,22	0,16	0,41
	калий	4,29	3,39	3,11	4,08	2,69	0,96	0,59
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	азот	4,23	4,04	3,88	3,68	3,29	0,68	2,24
	фосфор	0,66	0,59	0,46	0,36	0,23	0,18	0,41
	калий	4,65	2,67	2,61	2,75	2,51	0,99	0,55
Zn ₈	азот	5,56	3,91	3,58	3,26	3,05	0,71	2,40
	фосфор	0,61	0,49	0,57	0,42	0,26	0,17	0,40
	калий	4,87	3,39	3,32	3,02	2,56	1,02	0,56
Zn _{1,0} *	азот	5,23	3,77	3,45	3,19	3,08	0,72	2,58
	фосфор	0,68	0,44	0,56	0,43	0,20	0,14	0,90
	калий	4,68	3,18	3,65	3,60	2,69	1,06	0,49

*– обработка семян кг соли на тонну семян

Из которых следует, что 1 кг Zn-удобрений при допосевном внесении увеличивает содержание азота в растениях озимой пшеницы на 0,014 % (фон N₃₀) и 0,020 % (фон N₃₀P₆₀), озимой ржи на 0,04 и 0,022 %, озимого тритикале на 0,04 и 0,02 % соответственно. Таким образом, наблюдался синергизм между цинком и азотом. Содержание азота в зерне от доз Zn при обработке семян у озимой пшеницы повышалось с 1,95 % (от 0,5 кг на тонну семян на фоне N₃₀P₆₀) до 2,5 % при применении Zn-удобрений 1,5 кг на тонну семян; у озимой ржи содержание было практически на одном уровне 2,59-2,61; у озимого тритикале содержание азота в зерне увеличивалось с 2,43 (от 0,5 кг на тонну семян) до 2,58 при применении 1,0 кг на тонну семян. При обработке семян Zn в дозе 0,5 кг на 1,0 кг на фоне N₃₀P₆₀K₆₀ концентрация азота в зерне выше, чем в зерне на фоне у озимой пшеницы – 2,66 и 2,24 % соответственно, озимой ржи – 2,60 и 2,61 %, озимого тритикале – до 3,66 и 2,24 %. Но при обработке более высокими дозами 1,5 кг количество азота в зерне уменьшилось

Существенных изменений химического состав зерна и соломы озимых зерновых культур при применении Cu- и Mn-удобрений не наблюдалось.

Содержание азота в зерне больше чем в соломе в два и более раза. Фосфора так же больше в зерне, что объясняется участием фосфора в репродуктивных процессах, его содержание в зерне составило: пшеницы от 0,37 до 0,45 %, в соломе от 0,28 до 0,34 %, ржи от 0,37 до 0,45 %, в соломе от 0,18 до 0,33 %, тритикале от 0,38 до 0,90 %, в соломе от 0,14 до 0,33 %. Концентрация калия, в отличие от азота и фосфора, больше в соломе, чем в зерне у всех изучаемых культур.

Содержание микроэлементов в растениях изменялось по периодам онтогенеза (таблица 4.7, приложения 25-30). Максимальное их количество наблюдалось в ранних фазах развития растений. Снижение концентрации элементов в течение вегетации обусловлено так называемым ростовым разбавлением. В меньшей степени это выражено у марганца, в большей у меди.

При исследовании концентрации Zn в растениях установлено, что в растениях пшеницы она составляла от 3,6 до 32,8 мг/кг сухого вещества, его наибольшее содержание отмечалось в фазу осеннего кущения; у озимой ржи от 2,7 до 35,6

мг/кг сухого вещества, его наибольшее содержание отмечалось в фазу всходов; у озимого тритикала от 2,7 до 18,7 мг/кг сухого вещества. Так, в варианте N₃₀ максимальная концентрация цинка варьировала в зависимости от культуры от 15,2 у тритикале до 25,2 мг/кг у пшеницы (приложения 25-30). Наименьшее количество у всех культур отмечено в соломе.

Концентрация Си в растениях озимой пшеницы находилась в пределах от 0,45 до 5,70 мг/кг сухого вещества. Максимальное количество 4,80 мг/кг в растениях пшеницы наблюдалось в фазу всходов (в варианте N₃₀). При прохождении последующих фаз вегетации содержание ее снижалась. В уборку концентрация ее в зерне (2,0) выше, чем в соломе (0,94 мг/кг).

Содержание марганца в растениях озимой пшеницы в течение вегетации составляло 30,6...115,0 мг/кг сухого вещества: в период всходов было максимальным – 79,0, затем наблюдалось его снижение до фазы выхода в трубку (42,3 мг/кг) и некоторое увеличение в колошение и в уборку в зерне (55,2 и 52,0 мг/кг соответственно). Отличительной особенностью накопления Mn является, то, что концентрация его в растениях некоторых культур увеличивается по ходу вегетации, что сообщалось ранее другими авторами (П.А. Власюк, З.М. Климовицкая, 1969; Бобренко И.А., 2004) и наблюдалось и в данных исследованиях. Минимальная концентрация его отмечена в соломе (34,6 мг/кг), что в полтора раза ниже его содержания в зерне (все показатели для варианта N₃₀, таблица 4.8).

Фосфорные удобрения уменьшают содержание Zn в растениях озимой пшеницы на азотном фоне во все фазы развития (вариант N₃₀P₆₀), где относительное уменьшение составило (по сравнению с фоном N₃₀): на 11,7 % в фазу всходов, 6,0 % – в фазу осеннего кущения, 5,1 % – весеннего кущения, 4,3 % – выхода в трубку, 5,6 % – колошения, 7,7 и 5,0 % – в уборку, соответственно, в соломе и зерне. Антагонистическое действие фосфора по отношению к Zn максимально в ранние фазы развития (приложения 18-24).

Таблица 4.8 – Содержание микроэлементов в растениях зерновых культур по фазам развития, мг/кг сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Фаза развития	Элемент	Пшеница яровая	Пшеница озимая	Рожь озимая	Тритикале озимое
Всходы	цинк	23,0-24,8	24,8-25,5	22,8-25,0	20,3-24,0
	медь	4,80-5,20	4,82-5,00	4,72-5,50	4,30-5,46
	марганец	77,0-81,0	73,0-87,0	79,0-93,0	73,0-79,0
Кущение осеннее	цинк	-	26,4-28,9	26,2-29,3	23,7-29,2
	медь	-	4,62-4,70	3,61-4,41	4,04-4,06
	марганец	-	62,9-68,0	60,1-66,3	58,9-70,0
Кущение весеннее	цинк	23,6-27,9	25,2-29,4	24,1-27,6	22,4-29,8
	медь	2,63-3,60	2,92-3,32	3,00-3,09	2,41-2,70
	марганец	53,6-57,0	51,6-52,6	51,4-54,0	53,9-60,1
Выход в трубку	цинк	13,9-14,2	15,4-16,0	13,8-15,6	13,3-15,2
	медь	1,68-2,08	1,74-2,63	1,99-2,55	2,06-2,39
	марганец	53,3-63,6	50,6-58,6	44,1-52,6	42,1-55,3
Колошение	цинк	12,5-14,2	14,8-15,0	12,9-15,3	11,8-16,7
	медь	1,77-2,04	1,82-1,96	1,91-2,51	1,30-1,96
	марганец	56,3-63,0	55,9-56,2	54,9-57,7	53,6-60,3
Полная спелость (солома)	цинк	3,90-5,70	4,30-5,80	4,20-5,70	3,60-5,90
	медь	1,12-2,03	2,00-2,06	1,97-2,04	1,09-1,29
	марганец	37,6- 43,0	36,9-43,0	33,9-38,3	32,6-38,0
Полная спелость (зерно)	цинк	12,1-13,9	13,2-15,5	13,4-14,8	11,5-17,4
	медь	0,92-1,64	1,10-1,87	0,83-1,06	0,67-0,84
	марганец	53,2-54,0	53,0-55,0	51,1-51,3	50,9- 54,6

В растениях озимых зерновых культур (таблица 4.9) фосфорные удобрения уменьшают содержание цинка на азотном фоне во все фазы развития, особенно у озимых пшеницы и тритикале. Антагонистическое действие фосфора по отношению к цинку максимально в ранние фазы развития.

Таблица 4.9 – Схема действия фосфора на концентрацию микроэлементов в растениях озимых зерновых культур в течение вегетации

Фаза	Озимая пшеница			Озимая рожь			Озимое тритикале		
	цинк	медь	марганец	цинк	медь	марганец	цинк	медь	марганец
Всходы	↓	↓	→	↓	↓	↑	↓	↓	↓
Кущение осеннее	↓	↑	↑	↓	↓	↓	→	↓	↓
Кущение весеннее	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑
Выход в трубку	↓	↑	↓	↑	↓	↓	↓	↑	↑
Колошение	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↑
Полная спелость (солома)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑
Полная спелость (зерно)	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↑

Фосфор удобрений также снижает и содержание меди в растениях озимых зерновых культур, при этом действие более устойчивое воздействие на уменьшение концентрации меди при возделывании озимого тритикале.

Действие фосфора удобрений на концентрацию марганца в растениях озимых зерновых культур, в отличие от цинка и меди зависело от культуры в большей степени. Например, в растениях тритикале она увеличивалась в поздние стадии развития, ржи уменьшалась, а в пшенице воздействие было разнонаправленным.

Таким образом, при превышении оптимальной концентрации фосфора в почве отношения между данными элементами могут стать антагонистическими, что

скажется на поступлении ряда микроэлементов, необходимых для жизнедеятельности растений. Особенно это относится к обеспечению растений цинком и медью. Установлены закономерности поступления микроэлементов в растения озимых зерновых культур в зависимости от Zn-удобрений (таблица 4.10, приложения 25-30).

Таблица 4.10 – Схема действия цинка удобрений на концентрацию микроэлементов в растениях озимого тритикале в течение вегетации

Фаза	N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{0,5} *			N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{1,0} *			N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{1,5} *		
	цинк	медь	марганец	цинк	медь	марганец	цинк	медь	марганец
Всходы	↑	↑	↑	↑	↑	↓	↑	↑	↓
Кущение осеннее	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↓
Кущение весеннее	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↓	↓
Выход в трубку	↑	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓
Колошение	↑	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓
Полная спелость (солома)	↑	↓	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓
Полная спелость (зерно)	↑	↑	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян; концентрация: ↑ – увеличивается, ↓ – уменьшается, → – не изменяется.

Так, при обработке Zn семян перед посевом содержание Zn в растениях озимого тритикале увеличивалось, за исключением повышенных доз Zn_{1,5}, которые меняли направление взаимодействия на противоположное от осеннего кущения до полного созревания (при этом концентрация цинка в зерне постоянно повышалась). Содержание Cu в растениях при низких дозах (Zn_{0,5}) в основном повышается (кроме фазы выхода в трубку и соломе в фазу полной спелости зерна). Концентрация марганца уменьшалась, особенно при внесении повышенных доз.

Влияет на взаимодействие ионов микроэлементов при поступлении в растения и фон макроэлементов. Например, при удобрении Zn озимой пшеницы со-

держание цинка в растениях озимой пшеницы (приложение 25) увеличивалось (от доз Zn_4 и Zn_8 – в допосевное внесение, $Zn_{0,5}$ и $Zn_{1,0}$ при обработке). Но при меньшем уровне обеспечения фосфором (по сравнению с $N_{30}P_{60}$) на фоне N_{30} от дозы повышенной дозы Zn_8 наблюдался переход от синергетических отношений к антагонистическим.

Содержание Cu в растениях при низких дозах Zn (Zn_4 – в допосевное внесение, $Zn_{0,5}$ – при обработке) в основном повышает этот показатель на фоне N_{30} (кроме фазы весеннего кушения), увеличение доз Zn преимущественно приводит к обратному направлению взаимодействия (особенно при обработке).

Концентрация Mn уменьшалась, особенно при внесении повышенных доз (Zn_8 в допосевное внесение и $Zn_{1,0}$ – при обработке).

Внесение Zn -удобрений увеличивает содержание Cu в растениях при различных способах применения; Zn – в зависимости от макроэлементного фона; содержание же Mn в растениях при внесении Zn уменьшалось.

При анализе действия Zn -удобрений на содержание Cu в растениях озимой пшеницы установлено, что цинк удобрений при низких дозах (Zn_4 – в допосевное внесение, $Zn_{0,5}$ – при обработке) в основном повышает этот показатель на фоне N_{30} (кроме фазы весеннего кушения), увеличение доз Zn преимущественно приводит к обратному направлению взаимодействия (особенно при обработке).

Концентрация марганца уменьшалась, особенно при внесении повышенных доз (Zn_8 в допосевное внесение и $Zn_{1,0}$ – при обработке).

Таким образом, использование Zn -удобрений увеличивает содержание Cu в растениях при различных способах применения; Zn – в зависимости от макроэлементного фона; содержание же Mn в растениях при внесении Zn уменьшалось.

При превышении оптимального уровня обеспеченности цинком отношения между элементами могут стать антагонистическими, что повлияет на поступлении ряда микроэлементов. Фосфорные удобрения при избыточной дозе также способны нарушить микроэлементный обмен и изменить внутренний баланс элементов в растениях в положительную или отрицательную сторону.

Количественная информация о концентрациях микроэлементов в растениях озимой пшеницы является основой как для определения их оптимальных содержания и соотношения в растениях, так и для управления минеральным питанием культуры методом растительной диагностики.

4.4 Потребление элементов питания урожаем

В жизнедеятельности зерновых культур по отношению к элементам минерального питания выделяют два критических периода. Первый – от всходов до выхода в трубку. В этот период растения особенно чувствительны к концентрации почвенного раствора и содержанию в нем макро- и микроэлементов; недостаток или значительный избыток, какого-либо элемента существенно влияет на рост и развитие растений. Второй критический период – период максимального потребления элементов питания он совпадает с периодом формирования и интенсивного образования вегетативной массы и включает фазы от выхода в трубку до завершения цветения.

Данные по выносу элементов минерального питания приведены в таблицах 4.11-4.13, приложениях 35-43. Применение Zn-удобрений различными способами оказало значительное влияние на вынос элементов питания растениями озимой пшеницы (таблица 4.11). Вынос азота и фосфора зерном превышает вынос этих элементов соломой.

Вынос калия, в отличие от азота и фосфора, в большей степени приходится на солому, что подтверждается данными валового состава.

При анализе потребления микроэлементов растениями озимой пшеницы можно отметить, что Zn и Mn преимущественно выносятся зерном, а Cu – соломой.

В фоновом варианте вынос 1 т продукции в среднем составил: N – 35,3 кг, P₂O₅ – 18,0 кг, K₂O – 16,6 кг, Zn – 18,0 г, Cu – 3,9 г, Mn – 106 г.

Таблица 4.11 – Вынос макроэлементов зерновыми культурами при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
Озимая пшеница												
N ₃₀ - фон 1	72,2	27,0	20,5	11,5	15,6	18,93	83,7	42,6	39,4	35,3	18,0	16,6
Zn ₈	89,9	32,8	27,0	14,6	21,4	24,01	104	54,1	51,0	37,0	19,1	18,0
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	90,3	31,1	26,8	14,8	21,7	23,81	105	52,8	50,6	36,0	18,1	17,3
Zn ₈	101	36,8	28,8	16,1	24,7	26,72	117	61,5	55,5	36,6	19,3	17,4
Zn _{1,0} *	93,4	36,7	29,4	14,6	13,3	28,08	108	50,0	57,5	32,5	15,1	17,3
Озимая рожь												
N ₃₀ - фон 1	92,6	28,8	19,8	26,2	13,8	59,6	119	42,6	79,5	31,1	11,7	20,7
Zn ₈	107	32,6	21,4	33,3	17,5	60,8	141	50,1	82,2	33,6	13,7	19,5
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	97,6	32,5	21,7	29,1	14,1	60,9	127	46,6	82,6	31,6	12,9	20,4
Zn ₈	103	27,8	20,7	24,9	15,7	57,9	128	43,4	78,6	32,3	11,7	19,7
Zn _{1,0} *	118	37,1	23,5	33,1	14,9	53,2	151	52,0	76,7	31,9	14,1	16,3
Озимое тритикале												
N ₃₀ - фон 1	46,7	19,7	11,8	37,2	17,9	58,9	83,9	37,7	70,7	36,8	16,5	31,0
Zn ₈	64,3	27,6	17,9	43,3	22,4	59,6	108	49,9	77,5	40,1	18,6	28,9
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	71,8	31,0	18,4	42,3	22,4	61,6	114	53,4	80,0	39,6	18,5	27,8
Zn ₈	78,9	34,0	21,4	50,9	26,8	71,9	130	60,8	93,4	39,5	18,5	28,4
Zn _{1,0} *	90,9	31,5	16,6	52,1	22,8	75,5	143	54,3	92,1	45,3	17,2	29,2

*– обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Таблица 4.12 – Вынос микроэлементов зерновыми культурами при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, г/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, г		
	зерно			солома			хозяйственный					
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Озимая пшеница												
N ₃₀ - фон 1	33,4	4,5	149	9,3	4,8	102	42,6	52,7	251	18,0	3,9	106
Zn ₈	44,1	2,7	169	11,9	5,6	108	55,9	58,4	277	19,8	2,9	98
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	39,0	2,9	185	10,5	3,2	111	49,5	34,7	296	17,0	2,1	101
Zn ₈	57,5	4,1	200	18,5	6,4	118	76,1	67,9	318	23,8	3,3	100
Zn _{1,0} *	67,2	2,6	196	19,6	4,3	108	86,7	45,4	305	26,1	2,1	92
Озимая рожь												
N ₃₀ - фон 1	60,1	6,4	171,8	32,2	7,5	167	92,3	13,9	339	22,6	3,4	82,9
Zn ₈	65,8	8,5	176,3	28,7	5,8	170	94,5	14,3	346	22,0	3,3	80,5
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	60,2	5,2	164,8	30,7	6,5	167	86,0	11,7	332	20,1	2,7	77,7
Zn ₈	76,1	8,6	158,7	22,1	5,0	184	98,2	13,6	343	22,8	3,2	79,8
Zn _{1,0} *	75,8	8,7	162,4	28,8	7,8	190	104,6	16,5	352	23,2	3,6	78,1
Озимое тритикале												
N ₃₀ - фон 1	32,2	2,8	76,1	23,0	9,8	106,5	55,2	12,6	183	24,4	5,5	80,6
Zn ₈	39,9	1,5	85,2	17,5	10,1	122,4	57,4	11,6	208	21,4	4,3	77,5
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	43,8	1,3	81,1	17,5	14,0	158,0	61,3	15,3	239	20,7	5,2	80,8
Zn ₈	46,6	2,1	87,6	17,6	7,8	163,5	64,3	9,9	251	19,6	3,0	76,5
Zn _{1,0} *	55,3	2,2	66,1	24,1	10,0	146,9	79,4	12,2	213	25,1	3,9	67,3

*– обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Допосевное внесение Zn-удобрений привело к увеличению выноса макроэлементов и Zn единицей урожая.

Для создания 1 т урожая в лучшем варианте $N_{30}P_{60}Zn_8$ озимой пшенице потребовалось: N – 36,6 кг, P_2O_5 – 19,3 кг, K_2O – 17,4 кг, Zn – 23,8 г, Cu – 3,3 г, Mn – 100 г. При обработке семян лучшей дозой (один килограмм соли на 1 т семян на фоне $N_{30}P_{60}$) вынос элементов питания составил: N – 32,5 кг, P_2O_5 – 15,1 кг, K_2O – 17,3 кг, Zn – 26,1 г, Cu – 2,1 г, Mn – 92 г. При изучении влияния доз микроудобрений при обработке семян на потребление элементов питания установлено, что вынос 1 т зерна с учетом побочной продукции составил: N – 39,2 кг, P_2O_5 – 20,0 кг, K_2O – 22,3 кг, Zn – 22,6 г, Cu – 5,4 г, Mn – 144 г.

В лучшем варианте по урожайности вынос 1 т зерна изменялся разнонаправлено по сравнению с фоном, но повышается потребление микроэлементов. В зависимости от элемента этот показатель составил: по N – 35,1 кг, P_2O_5 – 21,0 кг, K_2O – 19,5 кг, Zn – 32,9 г, Cu – 5,1 г, Mn – 142 г.

4.5 Качество зерна

4.5.1 Озимая пшеница

Микроудобрения в исследованиях оказали положительное действие на качество зерна озимой пшеницы (таблицы 4.13, 4.14, приложения 47,50).

Таблица 4.13 – Качество урожая зерна озимой пшеницы при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Клейковина,		Стекловидность, %	Натура, г/л
		%	ИДК, ед.		
1	2	3	4	5	6
N_{30} - фон 1	15,2	26,3	71,7	762	49
Zn_4	15,4	26,0	73,3	758	49
Zn_8	15,8	26,8	76,7	753	48
Zn_{12}	15,6	25,8	74,5	759	48

окончание таблицы 4.13

1	2	3	4	5	6
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	14,8	26,1	74,3	753	49
Zn ₄	15,4	26,2	77,0	758	49
Zn ₈	15,8	27,3	72,7	773	50
Zn ₁₂	15,8	26,4	67,5	767	48
Zn _{0,5} *	14,9	25,4	70,0	761	49
Zn _{1,0} *	14,6	27,6	74,0	774	49
Zn _{1,5} *	13,9	26,5	67,0	770	49
HCP ₀₅	0,40	0,22	5,2	0,59	2,1

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Максимальное содержание белка в наших исследованиях получена в вариантах с применением высоких доз в допосевное внесение Zn₄ и Zn₈ 15,6...15,8 % на обоих фонах (рисунки 4.1 и 4.2).

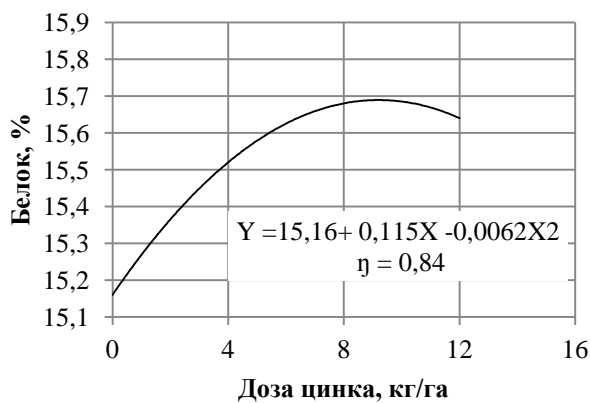
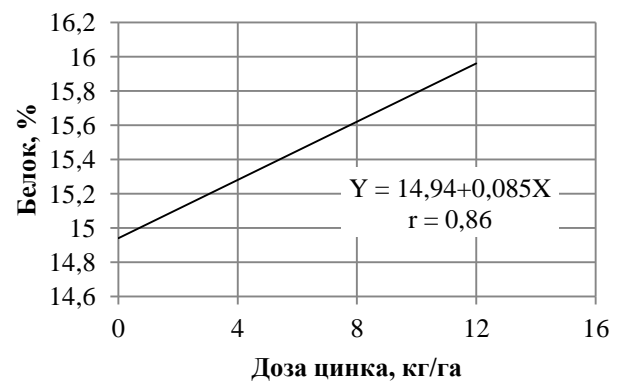
а) Zn на фоне N₃₀б) Zn на фоне N₃₀P₆₀

Рисунок 4.1 – Содержание белка в зерне озимой пшеницы при применении Zn-удобрений (допосевное внесение) (среднее 2008-2011 гг.)

Увеличение содержания белка с 15,2 на фоне N₃₀ до 15,8 % происходило при возрастании дозы Zn до 8 кг д.в./га. Внесение 12 кг д.в./га привело к снижению показателя. Увеличение белка от допосевного внесения Zn с 14,8 % на фоне N₃₀P₆₀

(рисунок 4.1) начиналось с дозы 4 кг д.в./га (15,4 %) и достигает максимума при применении дозы 8 кг д.в./га (15,8 %).

После исследования связи между дозой Zn в допосевное внесение (X , кг/га) и содержанием белка в зерне (Y_1 – фон N_{30} и Y_2 – фон $N_{30}P_{60}$, %) установлена тесная корреляционная зависимость, при внесении Zn в дозах до 8 кг/га (формулы 33, 34):

$$Y_1 = 15,17 + 0,075X; \quad r = 0,84 \quad (33)$$

$$Y_2 = 14,83 + 0,125X; \quad r = 0,79 \quad (34)$$

При обработке солью Zn на фоне $N_{30}P_{60}$ наибольшие показатели содержания белка (рисунок 4.2) отмечены в варианте с дозой 0,5 на 1,0 кг соли и составили 14,9 %.

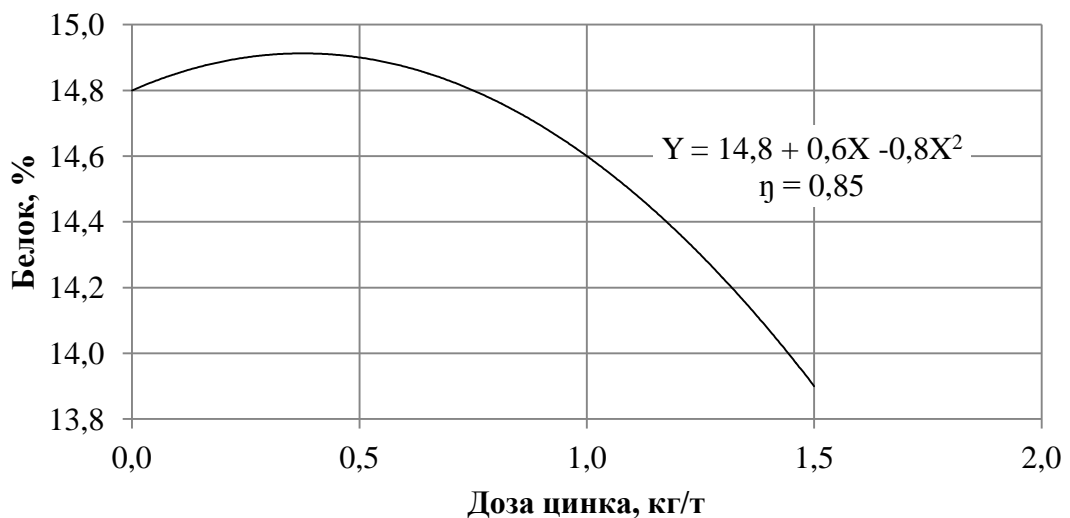


Рисунок 4.2 – Содержание белка в зерне озимой пшеницы при применении Zn-удобрений (обработка семян) на фоне $N_{30}P_{60}$ (среднее 2008-2011 гг.)

Стекловидность является важнейшим технологическим свойством зерна. Стекловидное зерно оказывает большее сопротивление раздавливанию и скалыванию, поэтому при разломе требуется больше энергии, чем для мучнистого зерна. Оно дает больший выход муки, которая ценится в хлебопечении. Показатель варьирует от 45 до 50 % (таблицы 4.14 и 4.15). Таким образом, сорт озимой пше-

ницы Омская 4 относиться к среднестекловидным и его зерно обладает довольно высоким содержанием белка, клейковины и хорошими хлебопекарными качествами.

Допосевное внесение Zn с применением азотно-фосфорных удобрений привело к снижению показателя натуры зерна по сравнению с азотным фоном (753 и 762 г/л соответственно, таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Качество урожая зерна озимой пшеницы при применении микроудобрений (среднее 2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Клейковина,		Стекловидность, %	Натура, г/л
		%	ИДК, ед.		
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	15,1	26,7	73,5	784	47
Zn _{0,5}	15,8	27,5	69,0	785	48
Zn _{1,0}	15,1	26,0	63,0	787	47
Zn _{1,5}	14,5	26,4	66,5	785	46
Cu _{0,5}	15,3	26,7	64,5	781	47
Cu _{1,0}	15,5	27,7	65,0	777	47
Cu _{1,5}	15,6	27,4	69,5	781	45
Mn _{0,5}	15,5	27,2	72,5	771	50
Mn _{1,0}	15,4	28,1	72,0	783	48
Mn _{1,5}	15,5	27,0	69,0	785	47
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	15,2	27,3	70,1	785	47
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	15,8	27,9	69,0	785	46
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	15,7	27,2	65,5	780	49
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	15,5	27,9	70,2	784	49
НСР ₀₅	0,31	0,20	5,1	0,54	1,9

При изучении разных способов внесения Zn-удобрений максимальное значение натуре зерна 774 и 773 г/л отмечено в лучших вариантах Zn₈ и Zn_{1,0} на фоне N₃₀P₆₀.

Содержание клейковины в опыте составило 25,4...27,6 % (при ИДК 67,0-77,0 условных единиц), в лучших вариантах по урожайности (Zn₈ и Zn_{1,0} на фоне N₃₀P₆₀) оно было на максимальном уровне 27,3 и 27,6 % соответственно (ИДК 76,7 и 74,0).

При обработке семян солями микроэлементов (таблица 4.14) показатели натуре зерна составили 771...787 г/л, при этом Zn- и Cu-удобрения изменяли их в меньшей степени, чем марганцевые. Наименьшая натура зерна 771 г/л сформировалась при применении Mn_{0,5}, наибольшая – 787 г/л при Zn_{1,0}.

При обработке семян микроудобрениями наибольшее количество белка сохранилось в зерне в варианте с применением Zn_{0,5} – 15,8 %, наименьшее – 14,5 % – при обработке Zn_{1,5} (на фоне N₃₀P₆₀K₆₀ – 15,1 %).

Максимальное содержание клейковины в 28,1 % в зерне озимой пшеницы было получено в варианте с применением Mn_{1,0} (превышало фон на 1,4 %), минимальное – 26,0 % – при применении Zn_{1,0}. Наибольший показатель стекловидности зафиксирован в варианте Mn_{0,5} – 50 %, а низкий – 45 % – в варианте с Cu_{1,5}. В лучшем по урожайности варианте Mn_{1,0} показатели качества были на высоком уровне: содержание белка составило 15,4 %, клейковины – 28,1 %, стекловидность – 48 %, натура зерна – 783 г/л, ИДК – 72,0.

Содержание Zn в зерне озимой пшеницы при использовании минеральных удобрений находилось в диапазоне от 12,1 до 21,2 мг/кг (таблица 4.15), но не превышало ПДК Zn в продуктах питания (40-60 мг/кг). Между дозами Zn в допосевное внесение, содержанием Zn в почве и зерне пшеницы существует корреляционная зависимость при уровне обеспеченности растений цинком в диапазоне до оптимального.

Таблица 4.15 – Содержание цинка в зерне озимой пшеницы (мг/кг) при применении Zn-удобрений и содержания подвижного цинка в почве

Доза удобрения	Содержание цинка, мг/кг	
	в почве (весеннее кушение)	в зерне
N ₃₀ – фон 1	0,61	12,1
Zn ₄	1,07	13,2
Zn ₈	1,92	13,4
Zn ₁₂	2,77	12,6
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	0,69	11,5
Zn ₄	1,57	13,9
Zn ₈	1,88	15,5
Zn ₁₂	2,85	14,6

Связь концентрации Zn в зерне (Y_1 – фон N₃₀, Y_2 – фон N₃₀P₆₀, мг/кг) и содержания подвижного Zn в лугово-чернозёмной почве (X , мг/кг) выражалась уравнениями (35, 36):

$$Y_1 = 11,82 + 0,90X, \quad r = 0,82 \quad (35)$$

$$Y_2 = 9,18 + 3,22X. \quad r = 0,80 \quad (36)$$

Зависимость содержания Zn в зерне (Y_1 – фон N₃₀, Y_2 – фон N₃₀P₆₀, мг/кг) от доз цинкового удобрения (X , кг/га) выражалась уравнениями (37, 38):

$$Y_1 = 12,25 + 0,16X, \quad r = 0,79 \quad (37)$$

$$Y_2 = 11,63 + 0,50X. \quad r = 0,81 \quad (38)$$

Таким образом, с увеличением запаса Zn в почве при применении Zn-удобрений происходит повышение содержания Zn в зерне озимой пшеницы до определенного уровня. Используя полученные уравнения, можно прогнозировать качественные показатели урожая.

Содержание элементов питания от фазы всходов до уборки играют важную роль в получении высокого и качественного урожая. При постоянном контроле и регулировании уровня питательных элементов в корнеобитаемом слое почвы,

можно развивать в растении те показатели качества, которые необходимы. Минеральное питание непосредственно влияет на качество урожая, следовательно, на дальнейшую цену при реализации и расширение рынка сбыта убранных зерна.

4.5.2 Озимая рожь

На качество озимой ржи влияет способ применения Zn-удобрений (приложения 48, 51). При допосевном внесении Zn в дозе 4 кг д.в. /га на фоне N₃₀ натура составила 682 г/л, при увеличении дозы Zn до 8 кг д.в./га этот показатель увеличился до 686 г/л, а при дозе 12 кг д.в./га – до 700 г/л, что больше фонового на 20 г/л (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Качество зерна озимой ржи при применении Zn-удобрений, (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Протеин, %	Стекловидность, %	Показатель активности α-амилазы (ЧП), сек.	Натура, г/л
N ₃₀ – фон 1	14,53	32	134	680
Zn ₄	15,45	35	126	682
Zn ₈	15,30	34	150	686
Zn ₁₂ **	14,60	30	180	700
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	14,55	32	123	678
Zn ₄	15,23	27	106	680
Zn ₈	15,55	31	144	688
Zn ₁₂	14,60	33	155	699
Zn _{0,5} *	14,78	35	152	682
Zn _{1,0} *	14,78	30	144	688
Zn _{1,5} *	14,90	31	153	701
HCP ₀₅	0,40	1,2	19,2	12,3

* – килограммов соли микроэлемента на 1 тонну семян

** – данные за два года исследований (2009-2011 гг.)

Наилучший показатель натуре 701 г/л наблюдался при обработке зерна перед посевом солью Zn в варианте $N_{30}P_{60}Zn_{1,5}$, увеличение к фону $N_{30}P_{60}$ – 23 г/л.

Содержание белка на фоне N_{30} составило 14,53 %. Под влиянием Zn-удобрений, вносимых в дозе 4 кг д.в./га его содержание, увеличилось до 15,45 %, увеличение дозы Zn до 8 и 12 кг д.в./га так же не способствовало увеличению содержания белка. Максимальный показатель содержания белка (15,55 %) наблюдался в варианте Zn_8 на фоне $N_{30}P_{60}$, наименьший (14,60 %) – в варианте Zn_{12} . Следовательно, внесение повышенных доз Zn-удобрений негативно влияло на синтез белка зерна.

Обработка семян озимой ржи цинком не привела к повышению содержания белка в зерне по сравнению с допосевным внесением Zn.

Хлебопекарные свойства ржаной муки зависят в основном от состояния углеводно-амилазного комплекса, в частности от активности фермента альфа-амилазы. Избыточный гидролиз крахмала после его клейстеризации, во время выпечки ржаного хлеба, вызванной высокой активностью альфа-амилазы, приводит к резкому ухудшению качества хлеба (Е.П. Болдышева, 2018).

Активность фермента резко возрастает, если уборка была затяжной, а погода - дождливой и теплой, так как для ржи характерно быстрое прорастание зерна при повышенном увлажнении в период созревания. Все это важно учитывать, так как, применяя оптимальную систему удобрения в комплексе с другими приемами агротехники, можно вырастить высококачественное зерно озимой ржи, но резко снизить его ценность при нарушении технологии уборки этой культуры.

Рожь характеризуется коротким периодом послеуборочного дозревания и высокой активностью ферментов, расщепляющих крахмал в зерне, в первую очередь альфа-амилазы. Она еще более активизируется в проросшем зерне, в результате чего увеличивается содержание сахаров, водорастворимого азота. Происходят и другие изменения белков, пентозанов приводящие к резкому снижению хлебопекарных качеств муки из проросшего зерна; мякиш даже хорошо испеченного хлеба кажется сырым; он липкий, малопористый, сладкий, отстаёт от верхней корки, которая имеет интенсивно темный цвет.

Чем сильнее проросло зерно, тем резче ухудшаются хлебопекарные качества. Однако по проценту проросших зерен нельзя достоверно определить, как далеко зашел процесс прорастания и порчи зерна. Во-первых, при анализе качества зерна часть проростков и корешков обламывается и точно определить количество проросших зерен невозможно; во-вторых, степень прорастания отдельных зерен на глаз определить весьма затруднительно; в-третьих, у ржи наблюдается так называемое скрытое прорастание: еще нет его видимых признаков (наклевывания, появления корешков и ростка), а ферменты уже активизировались и расщепляют крахмал.

Показатель, характеризующий степень пророслости зерна, называется числом падения. Хорошая в хлебопекарном отношении рожь должна иметь число падения выше 140 сек., посредственная – от 80 до 140 сек., рожь с числом падения ниже 80 сек. не годится для хлебопечения, ее следует использовать на корм.

На число падения оказывает влияние не зона выращивания, а степень пророслости зерна, которая зависит от погодных условий во время уборки урожая, а также от устойчивости сортов ржи к полеганию и прорастанию в колосе. Устойчивость к прорастанию во время уборки – свойство, которое считается главным косвенным показателем хлебопекарных свойств ржаного зерна (Е.П. Болдышева, 2018).

Отмечалось увеличение числа падения от применения повышающихся доз 8 и 12 кг д.в./га как на фоне N_{30} (150 и 180 сек. соответственно), так и фоне $N_{30}P_{60}$ (144 и 155 сек. соответственно), что характеризовалось уравнениями (39, 40):

$$Y = 125 + 3,95X; \quad r = 0,81 \quad (39)$$

$$Y = 114 + 3,25X. \quad r = 0,68 \quad (40)$$

Согласно выше представленным уравнениям (39, 40), каждый внесённый килограмм по фонам N_{30} и $N_{30}P_{60}$ способствовал увеличению числа падения на 3,95 сек. и 3,25 сек. соответственно. Данные зависимости можно использовать для прогноза числа падения в зерне урожая.

Цинк тесно связан с белковым синтезом. Он является структурным компонентом рибосом. При недостатке Zn содержание белка в растениях уменьшается. Повышение активности этого фермента опережает появление у растений симптоматики недостатка Zn. Подтверждают это и наши исследования. Согласно уравнений (41, 42), 1 кг действующего вещества Zn (X , мг/кг), внесенного в почву, увеличивает содержание белка в зерне ржи (Y_1 – фон N_{30} , Y_2 – фон $N_{30}P_{60}$, %) на 0,228 % (фон N_{30}) и 0,125 % (фон $N_{30}P_{60}$):

$$Y_1 = 14,53 + 0,228X; \quad r = 0,88 \quad (41)$$

$$Y_2 = 14,59 + 0,125X; \quad r = 0,94 \quad (42)$$

Влияние допосевной обработки семян микроэлементами на качество урожая озимой ржи было разнообразно. Содержание белка в зерне по вариантам варьировало от 14,53 до 15,19 % (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Качество урожая озимой ржи при обработке семян микроэлементами (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Протеин, %	Стекловидность, %	Показатель активности α -амилазы (ЧП), сек.	Натура, г/л
1	2	3	4	5
$N_{60}P_{60}K_{60}$ - фон	14,53	31	132	686
$Zn_{0,5}$	14,84	34	129	688
$Zn_{1,0}$	14,85	34	112	690
$Zn_{1,5}$	14,89	35	164	706
$Cu_{0,5}$	15,10	33	142	691
$Cu_{1,0}$	14,80	33	143	685
$Cu_{1,5}$	15,19	33	186	708
$Mn_{0,5}$	15,12	32	136	687
$Mn_{1,0}$	15,07	29	127	683

окончание таблицы 4.17

1	2	3	4	5
Mn _{1,5}	14,64	32	152	703
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	15,83	34	158	690
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	15,72	32	160	686
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	15,68	36	194	709
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	15,69	35	159	689
НСП ₀₅	0,87	0,78	6,6	27,4

* – килограммов соли микроэлемента на 1 тонну с

** – данные за два года исследований (2009-2011 гг.)

Применение Zn-удобрений в дозах 0,5 и 1,0 кг/т способствовало одинаковому накоплению белка – 14,80 %, максимальная доза 1,5 кг/т увеличила содержание данного показателя до 14,89 %. Из применяемых доз Cu-удобрений максимальному накоплению способствовала доза 1,5 кг/т, что на 0,66 % выше по сравнению с фоновым вариантом.

Максимальное содержание белка в зерне при внесении Mn-удобрений 0,5 кг/т – 15,12 %, увеличение доз марганца привело к снижению накопления белка.

Исследованиями установлено, что между дозами применяемого Zn в допосевное внесение, содержанием Zn в почве и его содержанием в зерне ржи существует корреляционная зависимость (таблица 4.18) при уровне обеспеченности растений цинком в диапазоне до оптимального.

Таблица 4.18 – Содержание цинка в зерне озимой ржи (мг/кг) от уровня цинкового питания на различных фонах макроэлементов (среднее 2008-2011 гг.)

Содержание	Доза удобрения, кг д.в./га							
	N ₃₀	Zn ₄	Zn ₈	Zn ₁₂	N ₃₀ P ₆₀	Zn ₄	Zn ₈	Zn ₁₂
в почве (весеннее кущение), г/кг	0,80	1,63	2,07	2,56	0,71	1,53	2,05	2,63
в зерне, мг/кг	14,7	15,2	15,3	15,2	14,1	14,8	17,7	16,7

Зависимость содержания Zn в зерне (Y_3 – фон N_{30} , Y_4 – фон $N_{30}P_{60}$, мг/кг) от концентрации доступного Zn в лугово-чернозёмной почве (X , мг/кг) выражалось уравнениями (43, 44):

$$Y_3 = 14,55 + 0,31X; \quad r = 0,71 \quad (43)$$

$$Y_4 = 12,91 + 1,68X; \quad r = 0,68 \quad (44)$$

а содержание Zn в зерне (Y_5 – фон N_{30} , Y_6 – фон $N_{30}P_{60}$, мг/кг) от доз Zn-удобрений (X , кг/га) представлено следующими уравнениями (45, 46):

$$Y_5 = 14,86 + 0,04X; \quad r = 0,59 \quad (45)$$

$$Y_6 = 14,22 + 0,267X. \quad r = 0,81 \quad (46)$$

Зависимость показателя числа падения в зерне (Y_7 – фон N_{30} , Y_8 – фон $N_{30}P_{60}$, сек) от концентрации доступного Zn в лугово-чернозёмной почве (X , мг/кг) на различных фонах описывалось уравнениями (47, 48):

$$Y_7 = 102,6 + 25,39X; \quad r = 0,63 \quad (47)$$

$$Y_8 = 98,21 + 19,53X. \quad r = 0,73 \quad (48)$$

Применение представленных уравнений даёт возможность прогнозировать качественные показатели зерна.

Например, с помощью полученных формул (41, 42, 45, 46) можно прогнозировать содержание белка и Zn в зерне при внесении Zn-удобрений на оптимальном макроэлементном фоне (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Прогноз содержания белка и цинка в зерне озимой ржи по дозам цинка, применяемым в допосевное внесение

Показатель	N ₃₀ Zn ₈		N ₃₀ P ₆₀ Zn ₄	
	белок, %	цинк, мг/кг	белок, %	цинк, мг/кг
Фактическое	15,30	15,3	15,23	14,8
Прогнозируемое	16,35	15,2	15,09	15,3
Ошибка: % (мг/кг) *	1,05	-0,1	0,14	0,5
%	6,86	0,65	0,92	3,38

* % – для белка, мг/кг - для цинка

Полученные значения ошибок при расчётах по данным формулам (0,65...6,86 %) свидетельствуют о возможности достоверного прогноза.

4.5.3 Озимое тритикале

Цинковые удобрения при основном внесении положительно влияют на массовую долю белка в зерне (таблица 4.20, приложения 49, 52).

Таблица 4.20 – Качество урожая зерна озимого тритикале при допосевном внесении Zn-удобрений (среднее 2008- 2011 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Стекловидность, %	Показатель активности α-амилазы (ЧП), сек.	Натура, г/л
1	2	3	4	5
N ₃₀ – фон 1	16,3	50	63	604
Zn ₄	16,5	50	63	637
Zn ₈	16,9	50	63	639
Zn ₁₂	16,5	48	64	641
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	16,4	50	64	635

окончание таблицы 4.20

1	2	3	4	5
Zn ₄	16,6	50	63	638
Zn ₈	16,8	49	63	641
Zn ₁₂	16,6	49	64	640
Zn _{0,5} *	16,6	49	63	640
Zn _{1,0} *	17,0	50	63	641
Zn _{1,5} *	16,8	50	63	643
НСР ₀₅	0,42	4,1	1,2	19,4

* – килограммов соли микроэлемента на 1 тонну семян

** – данные за два года исследований (2009-2011 гг.)

В контроле содержание белка в зерне составило 16,3 %. Под влиянием Zn-удобрений, вносимых в дозе 8 кг д.в./га его содержание, увеличилось до 16,9 %. При внесении Zn в дозе 12 кг д.в./га содержание белка в зерне озимого тритикале снижалось до 16,5 %.

При улучшении условий фосфорного питания положительный эффект от внесения Zn-удобрений несколько уменьшается, что выше установлено для других зерновых культур.

Максимальное количество белка в зерне тритикале содержалось в варианте с внесением Zn в дозе 8 кг д.в./га – 16,8 %. Тенденция снижения содержания белка по мере увеличения дозы Zn до 12 (16,6 %) кг д.в./га сохранялась. Кроме того, внесение Zn в почву оказало заметное влияние на показатель натурности зерна озимого тритикале. Лучшими по данному показателю оказались варианты с внесением в почву 8 кг д.в./га Zn-удобрений, как по контролю, так и с применением фосфорных удобрений, натура зерна озимого тритикале составила 639 г/л и 640 г/л соответственно.

Обработка семян озимого тритикале перед посевом Zn также оказала положительное влияние на качество зерна (таблица 4.21).

Таблица 4.21 – Влияние обработки семян цинком на качество зерна озимого тритикале (среднее 2007- 2010 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Стекловидность, %	Показатель активности α -амилазы (ЧП), сек.	Натура, г/л
1	2	3	4	5
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	14,8	50	67	617
Zn _{0,5}	16,1	49	65	640
Zn _{1,0}	16,8	47	68	643
Zn _{1,5}	16,5	48	68	625
Cu _{0,5}	16,2	49	73	627
Cu _{1,0}	15,6	47	67	625
Cu _{1,5}	15,0	48	65	628
Mn _{0,5}	16,3	48	65	627
Mn _{1,0}	15,4	48	65	618
Mn _{1,5}	15,5	49	65	620
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	15,7	48	64	622
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	16,2	48	64	638
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	16,0	49	65	635
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	15,6	50	63	635
HCP ₀₅	0,43	4,6	1,5	21,0

Прослеживалась четкая закономерность увеличения содержания белка в зерне озимого тритикале от дозы Zn-удобрений, применяемых по фосфорному фону. Максимальное количество белка накопилось в зерне в варианте с обработкой 0,1 кг соли на 1 т семян –17 %.

При одновременном внесении Р- и К-удобрений лучшим также оказался вариант с обработкой 0,1 кг соли на 1 т семян, содержание белка 17,1 %.

Показатель природы зерна пропорционально возрастает с увеличением дозы микроудобрений. Наибольшая натура зерна 645 г/л, получена от обработки дозой 1,5 кг соли на одну тонну семян по азотно-фосфорно-калийному фону. Низкий показатель «числа падения» – 63...64 сек. свидетельствует о высокой активности альфа-амилазы в сорте озимого тритикале Сибирский, накоплении продуктов расщепления крахмала, что придает липкость хлебному мякишу.

Стекловидность зерна озимого тритикале за годы исследований изменялась в пределах 49...50 %. На показатель стекловидности изучаемые микроэлементы не оказали заметного влияния.

Таким образом, изменяя условия минерального питания растений внесением удобрений, можно воздействовать не только на урожай озимых зерновых культур, но и на качество зерна. По химическому составу растений задолго до уборки появляется возможность предвидеть их качество и влиять на него.

5. ВЛИЯНИЕ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Интенсивность усвоения элементов питания из почвы корнями растений зависит от многих факторов. Поэтому часто возникает ситуация, когда тот или иной элемент присутствует в почве в достаточных количествах, но из-за низкой температуры или антагонизма ионов корни плохо его усваивают, поэтому растение страдает от дефицита элементов питания. Приемлемое решение в таком случае – листовая (некорневая) подкормка (Авдонин Н.С., 1954; Кореньков Д.А., 1985; Березин Л.В. и др., 2003; Вильдфлуш И.Р., Батыршаев Э.М., 2008; Szmigiel A. и др., 2016; Буштевич В.Н., 2020; Bobrenko I.A. и др., 2021).

Противоречивость данных по эффективности некорневой подкормки объясняется тем, что применение ее часто строится без учета состояния питания растений тем или иным элементом перед проведением некорневой подкормки. Вполне понятно, что подкормка оказывается бесполезной или может быть даже вредной, если растения не нуждаются в данном элементе.

В связи с этим возникает необходимость решения очень важной для производства задачи по установлению объективных показателей нуждаемости растений в азоте и других элементах на разных фазах роста и развития культуры.

Для того, чтобы определить, нуждается ли яровая пшеница в поздней азотной подкормке рекомендуется принимать во внимание целый ряд почвенных и агротехнических факторов, от которых зависит количество азота в почве к моменту применения подкормки. В работе И.В. Мосолова (1979) показано, что эффективность некорневых азотных подкормок выше на менее плодородных в отношении минерального азота почвах.

Другой и более верный путь решения этой проблемы был отмечен Д.А. Сабининым (1971), который считал, что вопрос о нуждаемости растений в азотной подкормке «не может быть решен одним хотя бы и точным знанием запаса питательных веществ наших полей. Только диагностирование азотистого питания рас-

тений к моменту применения удобрения может служить достаточным руководящим указанием для рационального использования удобрений».

Необходимость учета внутреннего состояния растения и особенностей обмена веществ в связи с применением удобрений была подчеркнута Д.Н. Прянишниковым (1963), который писал: «Только на пути познания этой взаимной связи и обусловленности между внутренним состоянием организма и внешней средой мы можем получить правильное представление о значении условий питания для жизни растений и надежное теоретическое обоснование таких приемов воздействия на растение, которые имеют целью изменять не только высоту урожая, но и его химический состав».

По мнению Н.С. Авдониной (1972) проводить подкормку следует с учетом состояния растения. Он рекомендует обращать внимание на внешние признаки недостатка питательных элементов и почти не анализировал физиологические признаки потребности растений в удобрениях.

Между тем хорошо известно, что расстройство или гармония в обмене веществ является причиной всех внешних изменений, происходящих с листьями и другими органами, а также причиной той или иной отзывчивости растений на внесение питательных элементов. Поэтому определение нуждаемости растений в подкормках по физиологическим показателям растений является наиболее научно-обоснованным методом диагностирования условий питания, так как оно позволяет значительно раньше и точнее, чем по внешним признакам, учитывать условия питания и потребности растения к моменту применения подкормки.

5.1 Применении листовых азотных подкормок яровой пшеницы

5.1.1 Урожайность яровой пшеницы

В данной работе рассмотрены аспекты питания растений и применения N-удобрений в течение вегетации при возделывании яровой пшеницы в условиях Омского Прииртышья. Предусмотрено дополнительное питание растений в первый и второй критические периоды как отдельно, так и совместно.

В полевых опытах 2018-2020 гг. на лугово-черноземной почве изучали отзывчивость яровой пшеницы сорта Элемент 22 на минеральные удобрения. В экспериментах предполагалось выявить эффективность листовых азотных подкормок на формирование урожая яровой пшеницы на естественном (без применения основного удобрения) и на азотно-фосфорном фоне (оптимальном по содержанию доступных основных элементов питания в почве). В нашем опыте при возделывании яровой пшеницы до посева имелся дефицит азота и фосфора почве. Поэтому для создания достаточного питания с помощью расчетных доз (в среднем за три года $N_{139}P_{101}$) доведена концентрация этих элементов в почве до оптимального уровня.

Так как предшественником яровой пшеницы была яровая пшеница по пару, содержание основных элементов питания в почве было низким: нитратного азота – 8,0...8,6 мг/кг, повышенным – подвижного фосфора – 126...129 мг/кг, очень высоким – подвижного калия – 241...304 мг/кг почвы до посева. Содержание подвижного калия достаточное для создания высокого урожая, а азот и фосфор удобрений вносили для создания оптимального фона.

Экспериментальные данные (таблица 5.1) позволяют сделать вывод об эффективности применения листовых подкормок при возделывании яровой пшеницы. Основное внесение при создании фона $N_{139}P_{101}$ способствовало увеличению урожайности зерна с 3,52 т/га до 4,55 т/га.

Листовые подкормки N_{30} и $N_{10} + N_{30}$ как на фоне без основного внесения, так и на фоне $N_{139}P_{101}$ положительно повлияли на урожайность зерна. На нулевом фоне прибавки составили соответственно 22 – 0,31 и 0,38 т/га (3,52 т/га).

На фоне $N_{139}P_{101}$ увеличение урожайности от азотных подкормок составило 0,16 и 0,15 т/га (4,40 т/га). То есть данный прием на фоне $N_{139}P_{101}$ повысил достоверно урожайность, чем на нулевом фоне. Применение N-подкормок яровой пшеницы в минимальной дозе N_{10} в фазу кущения обеспечило увеличение урожайности на 0,12 (фон без удобрений) и на 0,01 т/га зерна (фон $N_{139}P_{101}$).

Таблица 5.1 – Урожайность зерна в зависимости от листовых азотных подкормок яровой пшеницы (среднее 2018-2020 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га	прибавка				окупаемость 1 кг д.в. удобрений, кг	
		к контролю		к фону N ₁₂₈ P ₉₅		на фоне	
		т/га	%	т/га	%	контроль	N ₁₃₉ P ₁₀₁
Контроль	3,52	-	-	-	-	-	-
N ₁₀ [*]	3,74	0,22	6,25	-	-	22,0	-
N ₃₀ ^{**}	3,83	0,31	8,81	-	-	10,3	-
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	3,90	0,38	10,8	-	-	9,5	-
N ₁₃₉ P ₁₀₁ - фон	4,40	0,88	25,0	-	-	4,0	-
N ₁₀ [*]	4,42	0,90	25,6	0,02	0,45	3,7	2,0
N ₃₀ ^{**}	4,56	1,04	29,5	0,16	3,64	4,1	5,3
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	4,55	1,03	29,3	0,15	3,41	3,9	3,8
НСР ₀₅		0,13					

Подкормка в фазу кущения* и выхода в трубку**

Азотные подкормки при возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве лесостепной зоны эффективны. В условиях недостаточного уровня доступных питательных веществ в почве увеличение урожайности яровой пшеницы от листовых подкормок на фоне N₁₃₉P₁₀₁ выше, это объясняется тем, что при меньшем недостатке нитратного азота необходимость и агрономическая эффективность удобрений меньше.

Эффективность удобрений для каждой культуры при равных условиях зависит от доз и способов их внесения. Оптимальные дозы основного внесения минеральных удобрений обеспечивают в среднем оплату каждого килограмма удобрений не менее 5...7 кг зерновых единиц. Следовательно, при определении агрономической эффективности применения удобрений исходят из абсолютных натуральных показателей (Храмцов И.Ф., 1997; Система, 2020).

От применения N-подкормок в дозе 10 кг/га на фоне без основного внесения удобрений наилучшая агрономическая эффективность удобрения получена 22,0 кг зерна на 1 кг удобрений. На фоне азотно-фосфорных удобрений окупаемость при данной дозе снизилась и составила 3,7 кг (таблица 5.1).

Листовые подкормки N_{30} и $N_{10} + N_{30}$ на фоне без основного внесения обеспечили агрономическую эффективность 10,3 и 9,5 кг. На фоне $N_{139}P_{101}$ окупаемость 1 кг азота удобрений уменьшилась и составила 3,9 и 4,1 кг.

5.1.2 Химический состав растений

Фактическое содержание питательных веществ в растениях часто является более точным критерием обеспеченности их элементами питания, чем показатели плодородия почв (Lundegardh H., 1951; Болдырев Н.К., 1972; Церлинг В.В., 1962; Ринькис Г.Я., 1972, 1982; Сабинин Д.А., 1971; Neubert P., 1982; Memon N., Memon K.S. And Zia-ul-Hassan, 2005 и др.).

В разные периоды роста растения предъявляют неодинаковые требования к условиям внешней среды, в том числе и к питанию. Поглощение растениями азота, фосфора и калия в течение вегетации происходит неравномерно.

В начальный период развития растения потребляют относительно небольшие абсолютные количества всех питательных веществ, но весьма чувствительны как к недостатку, так и к избытку их в растворе. Начальный период роста – критический в отношении фосфорного питания. Недостаток фосфора в раннем возрасте настолько сильно угнетает растения, что урожай резко снижается даже при обильном питании фосфором в последующие периоды. Недостаток азота в этот период даже при усиленном питании в последующем приводит к уменьшению числа колосков в метелке или колосе и снижению урожая. Размеры потребления всех элементов питания растениями значительно возрастают в период интенсивного роста надземных органов – стеблей и листьев.

Темпы накопления сухого вещества могут опережать поступление питательных веществ, а относительное их содержание в растениях снижается по сравне-

нию с предшествующим периодом. Ведущая роль в ростовых процессах принадлежит азоту.

Полученные данные позволяют сделать вывод о неодинаковом общем содержании элементов питания в растениях яровой пшеницы при разных технологиях применения N-подкормок (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Общее содержание элементов питания в растениях яровой пшеницы при некорневых подкормках (среднее 2018-2020 гг.), %

Доза удобрения	Фаза развития					
	кущение			выход в трубку		
	N	P	K	N	P	K
Контроль	4,99	0,28	2,11	1,96	0,22	1,13
N ₁₀ [*]	5,05	0,28	2,20	2,45	0,20	1,13
N ₃₀ ^{**}	4,78	0,28	2,23	2,24	0,17	1,23
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	5,35	0,29	2,24	2,54	0,24	1,17
N ₁₃₉ P ₁₀₁ - фон	4,80	0,24	2,28	2,24	0,20	1,19
N ₁₀ [*]	5,01	0,30	2,33	2,28	0,20	1,53
N ₃₀ ^{**}	4,95	0,30	2,30	2,60	0,22	1,30
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	5,50	0,33	2,28	3,19	0,23	1,21

Подкормка в фазу кущения* и выхода в трубку**

Повышенное азотное питание способствует усиленному росту вегетативных органов, формированию мощного ассимиляционного аппарата. Недостаток же азота в этот период приводит к угнетению роста, а в последующем – к снижению урожая и его качества.

Ко времени цветения и начала зернообразования потребность в азоте у большинства растений уменьшается, но возрастает роль фосфора и калия. Это обусловлено физиологической ролью последних – их участием в синтезе и передвижении органических соединений, обмене энергии, особенно интенсивно происхо-

дящих при формировании репродуктивных органов и образовании запасных веществ в товарной части урожая.

В период зернообразования, когда нарастание вегетативной массы заканчивается, потребление всех питательных веществ постепенно снижается, а затем останавливается. Последующее образование органического вещества и другие процессы жизнедеятельности обеспечиваются в основном за счет повторного использования (реутилизации) питательных веществ, ранее накопленных в растении.

В начальные фазы развития пшеница мало отзывается на повышенные дозы азота. В фазах кущения и выхода в трубку, когда образуются дополнительные стебли, корни, колосья и цветки, потребление азота резко увеличивается. В период формирования и налива зерна – несколько сокращается.

Наибольшая потребность в фосфоре отмечается в период от начала кущения до выхода в трубку. Фосфорное питание влияет на развитие корневой системы и колосков, меньше влияет на развитие стеблей и листьев. Калий имеет большое значение в период колошения и налива зерна. Он способствует передвижению углеводов из стеблей и листьев в зерно, уменьшает поражение ржавчиной и корневыми гнилями, зерно получается крупнее и более выполненное, влияет на прочность соломины (Воронкова Н.А., 2020).

Анализируя полученные данные по содержанию основных элементов питания в растениях пшеницы, можно сделать заключение, что этот показатель для азота, фосфора и калия в фазу кущения существенно больше, чем в выход в трубку. Это объясняется тем, что культура потребляет большее количество азота, при активном формировании вегетативной массы.

В проведенных нами исследованиях применение удобрений под яровую пшеницу не оказало существенного влияния на поступление калия в растения. Имеющиеся различия не носят закономерного характера, что объясняется высоким содержанием калия в лугово-черноземной почве и, соответственно, в растениях.

5.1.3 Потребление элементов питания урожаем

Применение N-подкормок растений яровой пшеницы влияло на содержание основных элементов питания в зерне и соломе в период уборки (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в зерне и соломе яровой пшеницы, % на абсолютно сухую массу (среднее 2018-2020 гг.)

Доза удобрения	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	2,78	0,53	0,90	0,77	0,22	0,89
N ₁₀ [*]	2,79	0,65	0,84	0,69	0,24	0,90
N ₃₀ ^{**}	2,83	0,66	0,85	0,76	0,25	0,86
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	2,89	0,66	0,86	0,79	0,21	0,82
N ₁₃₉ P ₁₀₁ - фон	2,89	0,68	0,99	0,86	0,26	1,02
N ₁₀ [*]	2,91	0,60	0,88	0,55	0,27	1,06
N ₃₀ ^{**}	2,99	0,74	0,86	0,88	0,30	1,21
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	3,03	0,73	0,86	0,79	0,30	1,40

Подкормка в фазу кушения* и выхода в трубку**

Использование азота удобрений способствовало увеличению общего азота в зерне во всех изучаемых вариантах применения подкормок. Содержание азота в зерне больше чем в соломе в 3,3 и более раз. Фосфора так же больше в зерне, что объясняется участием фосфора в репродуктивных процессах: его содержание в зерне составило 0,53...0,78 %, а в соломе 0,16...0,30 %. Калия больше в соломе, чем в зерне (в контроле соответственно 0,89...0,96 и 0,86...0,92 %).

Применение N-удобрений способствовало увеличению общего азота в зерне яровой пшеницы, при изучаемых технологиях применения подкормок от 2,78 в контроле до 2,79...3,03 %. Максимальное влияние оказало применение доз в вариантах N₃₀ и N₁₀ + N₃₀. 1 кг азота удобрений увеличивал концентрацию азота в зерне на 0,003 % на фоне без основного удобрения и 0,003 % – на фоне N₁₃₉P₁₀₁.

На содержание калия применение подкормок также повлияло положительно как в зерне, так и в соломе. На концентрацию фосфора в растениях действия удобрений влияло в меньшей степени.

Зависимость содержания азота в зерне (Y_1 – при некорневой подкормке N_{30} на естественном фоне (уравнение 49), Y_2 – при некорневой подкормке N_{30} на фоне $N_{139}P_{101}$ (уравнение 50) от подкормок, отражалось уравнениями:

$$Y_1 = 2,78 + 0,003X, \quad r = 0,82 \quad (49)$$

$$Y_2 = 2,89 + 0,003X, \quad r = 0,81 \quad (50)$$

Подкормка азотом удобрений не оказало устойчивого влияния на содержание калия в зерне и соломе. Это объясняется высоким содержанием калия в лугово-черноземной почве опытного участка (что характерно для черноземных почв региона), которое повлияло на поступление в растения элемента.

В основе большинства расчетных методов лежит баланс питательных веществ – сопоставление расхода элементов питания на формирование урожая (вынос) и поступления питательных веществ из почвы и удобрений.

Различные растения за период вегетации выносят из почвы определенное количество питательных веществ, необходимых для их жизнедеятельности. Значительная часть этих веществ откладывается в корневой системе, стеблях, листьях, зернах, плодах и лишь в сравнительно небольшом количестве возвращается через корни в почву.

Данные по выносу элементов минерального питания яровой пшеницы представлены в таблице 5.4.

Применение некорневой подкормки в фазы кущения и выхода в трубку $N_{10}+N_{30}$ на фоне без удобрений характеризовалось повышенным общим выносом элементов с 1 га.

Использование листовой подкормки в фазы кущения и выхода в трубку $N_{10}+N_{30}$ на контрольном фоне характеризовалось увеличенным суммарным выносом элементов с 1 га, где N – 177 кг, P_2O_5 – 42,8 кг, K_2O – 100 кг, а при N_{30} на фоне $N_{139}P_{101}$ вынос составил: N – 210 кг, P_2O_5 – 58,9 кг, K_2O – 141 кг.

Таблица 5.4 – Вынос элементов питания яровой пшеницей при применении удобрений (среднее 2018-2020 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна		
	зерно			солома			хозяйственный			с учетом соломы, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	97,9	18,7	31,7	60,1	17,2	69,42	158	35,8	101	44,9	10,2	28,7
N ₁₀ [*]	104	24,3	31,4	56,6	19,7	73,8	161	44,0	105	43,0	11,8	28,1
N ₃₀ ^{**}	108	25,3	32,6	64,6	21,3	73,1	173	46,5	106	45,2	12,2	27,6
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	113	25,7	33,5	64,0	17,0	66,4	177	42,8	100	45,3	11,0	25,6
N ₁₃₉ P ₁₀₁ - фон	127	29,9	43,6	76,5	23,1	90,8	204	53,1	134	46,3	12,1	30,5
N ₁₀ [*]	129	26,5	38,9	68,8	21,9	85,9	197	48,4	125	44,7	11,0	28,2
N ₃₀ ^{**}	136	33,7	39,2	73,6	25,2	102	210	58,9	141	46,0	12,9	30,9
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	138	33,2	39,1	62,4	23,7	111	200	56,9	150	44,0	12,5	32,9

Подкормка в фазу кушения* и выхода в трубку**

Эти величины существенно превышают вынос в контроле: соответственно 158; 35,8 и 101 кг/га.

Без удобрений затраты на создание 1 т основной продукции с учетом побочной составили: N – 44,9 кг, P₂O₅ – 10,2 кг, K₂O – 28,7 кг. Использование минеральных удобрений перед посевом и листовой подкормкой привело к росту выноса азота и фосфора урожаем. Для формирования 1 т зерна в лучшем варианте N₃₀ на фоне N₁₃₉P₁₀₁ яровой пшенице понадобилось: N – 46,0 кг, P₂O₅ – 12,9 кг, K₂O – 30,9 кг, а при N₁₀+N₃₀ на контрольном фоне: N – 45,3 кг, P₂O₅ – 11,0 кг, K₂O – 25,6 кг. Затраты азота и калия на создание 1 т зерна с соответствующим количеством соломы возрастают, фосфора уменьшаются.

Полученные данные, позволяют сделать вывод об эффективности использования разных технологий применения N-подкормок.

5.1.4 Качество зерна

Применение сбалансированных доз удобрений должно улучшать или, по крайней мере, не ухудшать биологическое качество культур при увеличении урожая (Аюба С.А., 1992; Бурлакова Л.М., Ниловская Н.Т., 2006; Филин В.И., Кузин А.Г., 2007; Н.В. Шувалова, Н.В. Гоман, М.В. Мотнева, 2011; Бобренко И.А., Гоман Н.В., Шувалова Н.В., 2012; Завалин А.А., Соколов О.А., 2018; Cadot S. и др., 2018; Шмидт А.Г. и др., 2019; Болдышева Е.П. и др., 2020).

Азотные удобрения в наших исследованиях оказали положительное действие на качество яровой пшеницы. Натура зерна составила на контрольном фоне от 754 до 761...779 г/л и на фоне 812...825 г/л. Азотные подкормки положительно влияли и на выполненность зерна.

При изучении стекловидности в нашем опыте установлено, что зерно соответствует среднестекловидному зерну, показатель варьировали на удобренном фоне от 43,7...51,3 и 52,3...57,0.

При рассмотрении действия азота на показатели сырой клейковины в зерне, можно отметить, что ее концентрация при некорневой подкормке были также максимальными в вариантах N_{30} и $N_{10} + N_{30}$ на фоне $N_{139}P_{101}$, и составили 33,9 и 34,1 % (фон – 32,4 %) (таблица 5.5, рисунок 5.1).

При этом на контрольном фоне эти дозы также обеспечили существенное увеличение содержания белка – с 32,1 до 33,4 %.

Таблица 5.5 – Качество зерна яровой пшеницы при применении удобрений
(среднее 2018-2020 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Клейковина, %	Стекловидность, %	Натура, г/л
1	2	3	4	5
Контроль	15,9	32,1	56,3	754
N_{10}^*	15,9	32,3	53,0	761
N_{30}^{**}	16,7	33,4	57,0	762
$N_{10}^* + N_{30}^{**}$	16,6	33,4	52,3	779
$N_{139}P_{101}$ - фон	16,4	32,4	49,3	778

1	2	3	4	5
N_{10}^*	16,7	32,8	51,3	782
N_{30}^{**}	17,1	33,9	43,7	793
$N_{10}^* + N_{30}^{**}$	17,2	34,1	49,0	811
HCP_{05}	0,55	1,1	2,4	23

Подкормка в фазу кушения* и выхода в трубку**

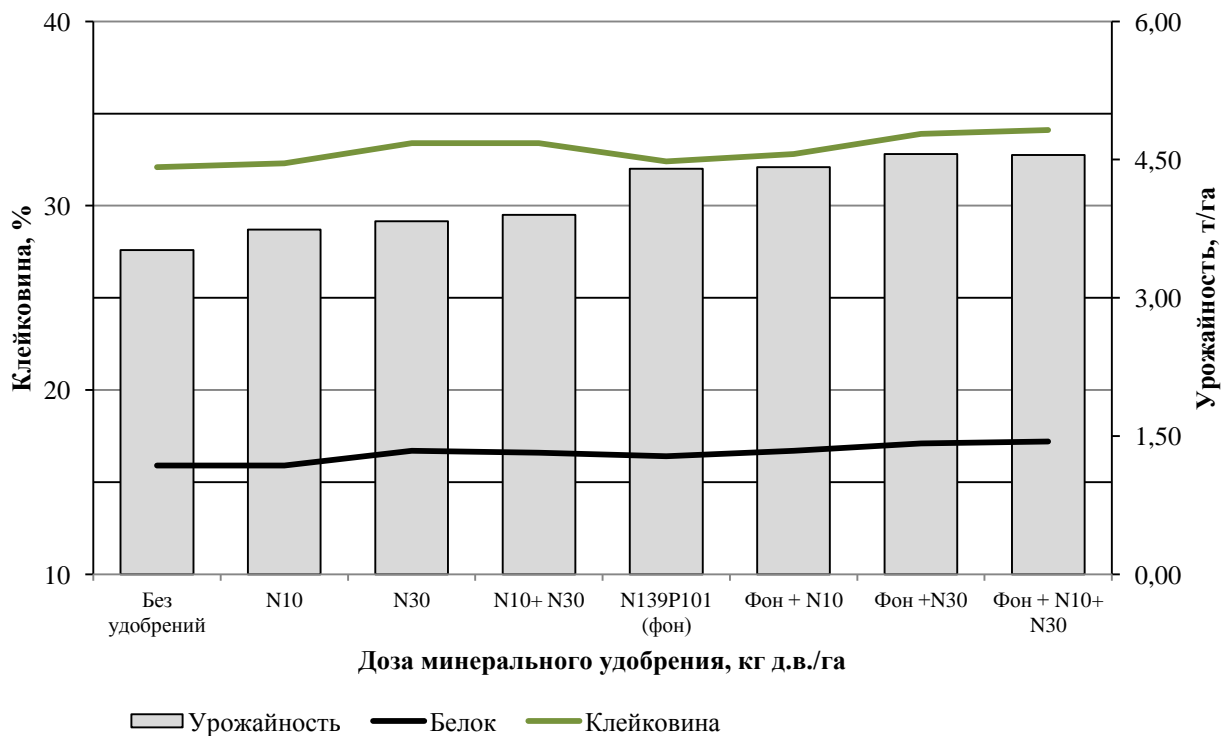


Рисунок 5.1 – Влияние дозы минеральных удобрений на содержание белка и клейковины в зерне яровой пшеницы (среднее 2018-2020 гг.)

В исследованиях условия питания оказывали значительное воздействие на содержание белка в зерне пшеницы и как следствие на его качество (таблица 5.6). Так в контрольном варианте содержание белка в зерне пшеницы изменялось от 2,78 до 2,80 %. Применение N-удобрений при разных способах также способствовали увеличению содержания белка от 2,79 до 2,97 %. Белковость зерна зависит от содержания азота в растениях, выведенные уравнения регрессии дают возможность прогноза качества зерна заблаговременно до наступления полной спелости.

Таблица 5.6 – Содержание белка в зерне (Y, мг/кг) в зависимости от содержания азота в растениях пшеницы (X, кг/га) в период вегетации

Фаза развития	Уравнение регрессии	r	
Кущения	$Y = 10,6 + 1,16X$	0,60	(51)
Выход в трубку	$Y = 13,8 + 1,10X$	0,79	(52)

В результате математической обработки соотношения между дозой N-удобрения (X, кг/га) и содержанием белка в зерне (Y, %) установлена корреляционная зависимость при некорневой подкормке в дозе 30 кг/га в контрольном варианте (уравнения 53) и на азотно-фосфорном фоне (уравнения 54):

$$Y = 15,8 + 0,017X \quad r = 0,82, \quad (53)$$

$$Y = 16,5 + 0,019X \quad r = 0,81, \quad (54)$$

Повышение биологической ценности белка, обусловлено аминокислотным составом. В опытах содержание аминокислот в зерне пшеницы изменялось как по сортам, так и вариантам с разными дозами и способами внесения удобрений. Применение максимальной суммарной дозы минеральных удобрений $N_{139}P_{101} + N_{10} + N_{30}$ обеспечило накопление анализируемых аминокислот от 7,99 до 9,97 г/100 г сухого вещества, в том числе незаменимых – от 3,40 до 4,32 г/100 г соответственно. Наибольшее количество аминокислот – 9,97 г/100 г – отмечалось на варианте с внесением N_{10} в фазу кущения (таблица 5.7).

Содержание лизина, в зависимости от дозы и технологии применения, изменялось от 0,27 до 0,36.

Таблица 5.7 – Аминокислотный состав белка зерновых культур в зависимости от форм удобрений (среднее)

Доза удобрения	Содержание		Σ незаменимых аминокислот	Σ критических аминокислот	Σ аминокислот	Доля незаменимых аминокислот, %
	белка, %	лизина				
Контроль	2,78	0,34	3,84	1,14	9,09	42,2
N ₁₀ [*]	2,79	0,27	3,40	1,02	7,99	42,6
N ₃₀ ^{**}	2,83	0,35	4,02	1,14	9,38	42,9
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	2,89	0,33	4,01	1,18	9,28	43,2
N ₁₃₉ P ₁₀₁ ⁻ фон	2,89	0,32	4,12	1,23	9,42	43,7
N ₁₀ [*]	2,91	0,33	4,32	1,24	9,97	43,3
N ₃₀ ^{**}	2,99	0,36	4,05	1,19	9,35	43,3
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}	3,03	0,34	4,06	1,16	9,33	43,5

Подкормка в фазу кущения* и выхода в трубку**

Исходя из результатов исследований следует, что зерно изучаемого сорта показатели качества соответствуют стандарту, ограничения отсутствуют при использовании зерна.

5.2 Способы применения и формы азотных удобрений под яровую пшеницу и ячмень

5.2.1 Урожайность яровой пшеницы и ячменя при применении листовых азотных подкормок

Потенциальные возможности зерновых культур часто ограничиваются недостатком доступных элементов питания в почве, необходимых для удовлетворения ее биологических потребностей. Ячмень – культура короткого вегетационного периода, формирующая урожай при быстром прохождении фаз развития. Вследст-

вие этого поглощение питательных веществ и создание фитомассы у него проходят напряженно, и для этого ему необходимо обеспечение высокого уровня питания. Важнейшим условием оптимального роста и развития растений является обеспечение его достаточным количеством питательных веществ в период вегетации, особенно в начале.

Азотным удобрениям принадлежит ведущая роль, т.к. объемы их производства выше, чем фосфорно-калийных. Классификация N-удобрений базируется на том, в какой форме (нитратной или аммонийной) находится азот в удобрениях. Наличие разных форм азота в удобрениях определяет их агрохимические свойства и условия эффективного применения. Соответственно различна и физиологическая реакция N-удобрений. В процессе роста растения избирательно поглощают ионы, и даже при внесении в почву химически нейтральных солей их физиологическая реакция может быть различной. Физиологическая кислотность удобрений – свойство их подкислять реакцию среды, связанной с преимущественным использованием растениями катионов из состава соответствующей соли. Физиологическая щелочность удобрений – свойство их подщелачивать реакцию среды, связанной с преимущественным использованием растениями анионов из состава соли. Влияет на эффективность и способ использования удобрений (Завалин А.А. и др., 2012; Гамзиков Г.П., 2013; Красницкий В.М. и др., 2020; Бобренко И.А. и др., 2020).

Нами исследовалось применение различных форм N-удобрений и способов (припосевное и послепосевное внесение): карбамида (мочевины), аммиачной селитры, карбамидно-аммиачной смеси (КАС) при возделывании яровой пшеницы и ячменя.

В полевых опытах на лугово-черноземной почве установлено, что все формы N-удобрений положительно повлияли на урожайность изучаемых зерновых культур при различных способах их применения. При урожайности в среднем в контроле 2,29 т/га зерна яровой пшеницы и 2,42 т/га ячменя внесение N-удобрений способствовало формированию урожайности зерна пшеницы от 2,41 до 2,64 т/га и ячменя – от 2,56 до 2,90 т/га (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от форм и способов применения N-удобрений (2020-2021 гг.)

Доза удобрения	Послепосевное внесение								
	Без удобрений			N ₃₀ (к)			N ₃₀ (КАС)		
	урожайность, т/га	± к кон- тролю		урожайность, т/га	± к кон- тролю		урожайность, т/га	± к кон- тролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
2020 г.									
Контроль	2,13	-	-	2,27	0,14	6,57	2,30	0,17	7,98
N ₃₀ (ас)	2,40	0,27	12,7	2,53	0,40	18,8	2,50	0,37	17,4
N ₃₀ (к)	2,43	0,30	14,1	2,57	0,44	20,7	2,53	0,40	18,8
N ₃₀ (КАС)	2,43	0,30	14,1	2,57	0,44	20,7	2,50	0,37	17,4
2021 г.									
Контроль	2,44	-	-	2,54	0,10	4,10	2,53	0,09	3,69
N ₃₀ (ас)	2,60	0,16	6,6	2,69	0,25	10,2	2,70	0,26	10,7
N ₃₀ (к)	2,63	0,19	7,8	2,71	0,27	11,1	2,71	0,27	11,1
N ₃₀ (КАС)	2,64	0,20	8,2	2,71	0,27	11,1	2,72	0,28	11,5
среднее									
Контроль	2,29	-	-	2,41	0,12	5,24	2,42	0,13	5,68
N ₃₀ (ас)	2,50	0,21	9,2	2,61	0,33	14,4	2,60	0,32	13,9
N ₃₀ (к)	2,53	0,24	10,5	2,64	0,36	15,7	2,62	0,34	14,8
N ₃₀ (КАС)	2,54	0,25	10,7	2,64	0,36	15,7	2,61	0,33	14,4
НСР ₀₅ : фактор А – припосевное внесение – 0,20; фактор В – послепосевное внесение – 0,07; АВ – 0,32.									

Существенное увеличение урожайности яровой пшеницы от N-удобрений наблюдалось от припосевного N₃₀, при этом их формы практически одинаковы по эффективности – прибавки урожайности составили 0,21...0,25 т/га (рисунок 5.2). Послепосевное внесение N₃₀ без припосевного также привело к достоверному увеличению урожайности пшеницы (0,12...0,13 т/га), как и применение на фоне

припосевного удобрения (0,08...0,12 т/га).

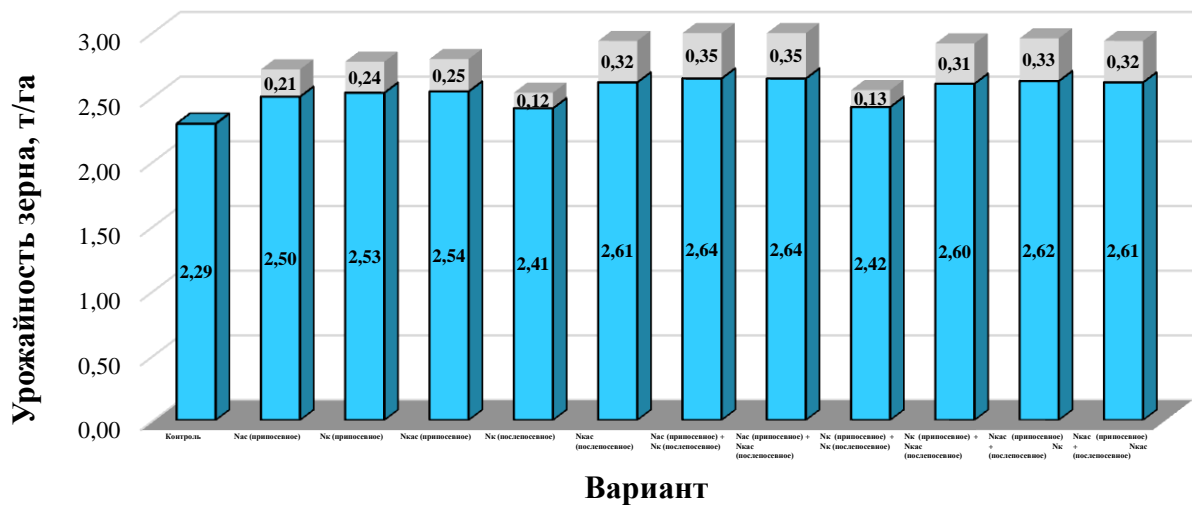


Рисунок 5.2 – Урожайность яровой пшеницы в зависимости от форм и способов N-удобрений (среднее 2020-2021 гг.)

Увеличение производства зерна должно достигаться не путем расширения посевных площадей, а в основном, за счет увеличения урожайности. Особое значение придается увеличению производства ячменя как основной фуражной, продовольственной и технической культуры. Разностороннее использование зерна ячменя определяет его важное значение в зерновом балансе России. Из зерна ячменя готовят перловую, ячневую крупу, а также муку, которую можно примешивать к ржаной или пшеничной муке. Зерно ячменя в среднем содержит белка 12 %, без азотистых экстрактивных веществ 64,6 %, клетчатки 5,5 %, жира 2,1 %, воды 13 %, золы 2,8 %. В белке ячменя содержится весь набор незаменимых аминокислот, включая особо дефицитные - лизин и триптофан (Полевые культуры ..., 2002; Аниськов Н.И., Поползухин П.В., 2010, 2015).

Повышение урожайности зерна ячменя (таблица 5.9, рисунок 5.3) от припосевного внесения азота также было существенным, прибавки составили 0,25...0,26 т/га. Использование послепосевного внесения отдельно и совместно по сравнению с припосевным удобрением достоверно увеличили урожайность (соответственно 0,14...0,15 т/га и 0,09...0,22 т/га).

Таблица 5.9 – Урожайность ячменя в зависимости от форм и способов применения N-удобрений (2020-2021 гг.)

Доза удобрения	Послепосевное внесение								
	Без удобрений			N ₃₀ (к)			N ₃₀ (КАС)		
	урожайность, т/га	± к контролю		урожайность, т/га	± к контролю		урожайность, т/га	± к контролю	
		т/га	%		т/га	%		т/га	%
2020 г.									
Контроль	2,27	-	-	2,43	0,16	7,05	2,47	0,20	8,81
N ₃₀ (ас)	2,60	0,33	14,5	2,93	0,66	29,1	2,83	0,56	24,6
N ₃₀ (к)	2,57	0,30	13,2	2,80	0,53	23,3	2,67	0,40	17,6
N ₃₀ (КАС)	2,60	0,33	14,5	2,70	0,43	18,9	2,67	0,40	17,6
2021 г.									
Контроль	2,57	-	-	2,69	0,12	4,67	2,67	0,10	3,89
N ₃₀ (ас)	2,75	0,18	7,0	2,87	0,30	11,7	2,86	0,29	11,3
N ₃₀ (к)	2,77	0,20	7,8	2,86	0,29	11,3	2,87	0,30	11,7
N ₃₀ (КАС)	2,75	0,18	7,0	2,86	0,29	11,3	2,86	0,29	11,3
среднее									
Контроль	2,42	-	-	2,56	0,14	5,79	2,57	0,15	6,20
N ₃₀ (ас)	2,68	0,26	10,7	2,90	0,48	19,8	2,85	0,43	17,8
N ₃₀ (к)	2,67	0,25	10,3	2,83	0,41	16,9	2,77	0,35	14,5
N ₃₀ (КАС)	2,68	0,26	10,7	2,78	0,36	14,9	2,77	0,35	14,5
НСР ₀₅ : фактор А – припосевное внесение – 0,22; фактор В – послепосевное внесение – 0,09; АВ – 0,28.									

Максимальная урожайность яровой пшеницы (2,60...2,64 т/га) и ячменя (2,77...2,90 т/га) сформировалась при применении N₆₀ припосевным и послепосевным способами (N₃₀ + N₃₀). Урожайность при этом не зависела от форм используемых N-удобрений, но более стабильна при применении для послепосевно-го внесения карбамида, а припосевного – аммиачной селитры.

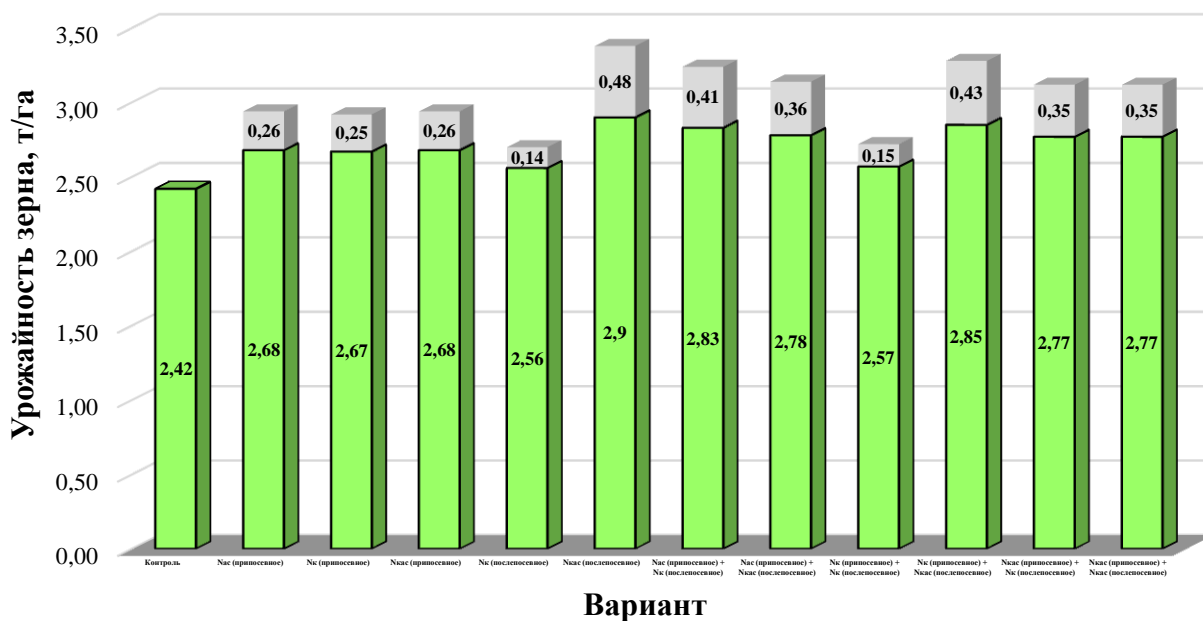


Рисунок 5.3 – Урожайность ячменя в зависимости от форм и способов применения N-удобрений (среднее 2020-2021 гг.)

Наивысшая окупаемость 1 кг д.в. удобрения (таблица 5.10) – 7,00...8,33 кг зерна от 1 кг азота удобрений (яровая пшеница) и 8,33-8,67 (ячменя) – получена от применения при посеве N_{30} различных форм N-удобрений, самая низкая – от послепосевного внесения – соответственно 4,00...4,33 и 4,67...5,00 кг.

Таблица 5.10– Агрономическая эффективность применения форм N-удобрений под зерновые культуры (среднее 2020-2021 гг.), кг/кг

Вариант	Доза, кг	Пшеница яровая	Ячмень
1	2	3	4
Nac (припосевное)	30	7,0	8,7
Nк (припосевное)	30	8,0	8,3
Nкас (припосевное)	30	8,3	8,7
Nc (послепосевное)	30	4,0	4,7
Nкас (послепосевное)	30	4,3	5,0

окончание таблицы 5.10

1	2	3	4
Нас (припосевное) + Nк (послепосевное)	60	5,5	8,0
Нас (припосевное) + Nкас (послепосевное)	60	5,3	7,7
Nк (припосевное) + Nк (послепосевное)	60	6,0	6,8
Nк (припосевное) + Nкас (послепосевное)	60	5,7	5,8
Nкас (припосевное) + Nк (послепосевное)	60	6,0	6,0
Nкас (припосевное) + Nкас (послепосевное)	60	5,5	5,8

При посеве при удобрении пшеницы более эффективна КАС, а ячменя – результат примерно одинаков независимо от формы азота. Послепосевное внесение карбамида несколько менее эффективно, чем КАС.

Использование N₆₀ (припосевное + послепосевное) позволило получить урожайность 1 кг д.в. в 5,5...6,0 кг пшеницы и 5,8...8,0 кг – ячменя.

Все формы N-удобрений (карбамид, селитра аммиачная, КАС) при внесении под пшеницу яровую в дозе 60 кг/га в сумме двумя способами по эффективности равнозначны, ячменя – несколько выше при применении при посеве аммиачной селитры, чем карбамида и КАС (соответственно 7,2...8,0 и 5,8...6,8 кг/кг).

5.2.2 Качество зерна

В технологии возделывания яровой пшеницы применение удобрений, особенно азотных, оказывает значительное влияние на содержание сырой клейковины в зерне. в нашем эксперименте при послепосевном внесении N-удобрений на фоне припосевного применения и без него массовая доля клейковины увеличивалась на 0,2...0,9 % при содержании в контроле 29,8 % (таблица 5.11, приложение 56). Содержание белка в зерне ячменя в контроле составило 12,4 % (таблица 5.12, приложение 57).

Анализ показал, что выращенное зерно пшеницы – средненатурное (705...793 г/л), а ячменя – низконатурное (585...650 г/л). При внесении N-

удобрений натура увеличивалось по вариантам у пшеницы на 13...88, у ячменя на 7...65 г/л.

Таблица 5.11 – Качество урожая зерна яровой пшеницы в зависимости от форм N-удобрений (среднее 2020-2021 гг.)

Припосевное внесение	Послепосевное внесение											
	белок, %			стекловидность, %			клейковина, %			натура, г/л		
	без подкормки	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)
Контроль	16,0	15,7	15,9	55	56	56	29,8	30,0	30,5	705	718	723
N ₃₀ (ас)	16,2	16,3	16,2	55	57	57	30,1	30,7	30,5	745	735	748
N ₃₀ (к)	15,8	16,0	15,9	58	60	61	29,5	30,4	30,2	758	752	740
N ₃₀ (КАС)	16,3	15,6	15,8	57	61	59	30,2	30,4	30,3	793	739	735

Таблица 5.12 – Качество зерна ячменя в зависимости от форм N-удобрений (среднее 2020-2021 гг.)

Припосевное внесение	Послепосевное внесение								
	стекловидность, %			белок, %			натура, г/л		
	Без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	Без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	Без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)
Контроль	44	44	45	12,4	12,7	12,7	585	592	630
N ₃₀ (ас)	45	47	46	12,6	13,0	13,0	616	619	633
N ₃₀ (к)	45	46	46	12,6	12,8	12,6	627	610	640
N ₃₀ (КАС)	45	46	46	12,7	12,8	12,8	650	649	614

Припосевное и послепосевное внесение N-удобрений обеспечило повышение белка в зерне до 12,6...13,0 %.

Наряду с общим определением содержания белка в зерне определяли его аминокислотный состав в зависимости от условий питания.

При исследовании действия N-удобрений на качественные характеристики белка пшеницы выявлено (таблица 5.13, приложение 55), что сумма аминокислот повышалась с 8,97 г/100 г сухого без удобрений до наибольшей 9,74 г/100 г (вариант Nк - припосевное + Nкас - послепосевное), сумма незаменимых аминокислот аналогично повышалась от 3,74 до 4,14 г/100 (вариант Nк –припосевное), сумма критических аминокислот максимальная отмечена в варианте Nк – послепосевное; в зерне ячменя – с 7,94 в контроле до 8,49 (вариант Nас - припосевное + Nкас - послепосевное), сумма незаменимых аминокислот аналогично повышалась от 3,36 до 4,28 г/100 (вариант Nкас – послепосевное), сумма критических аминокислот максимальная отмечена в варианте Nк – послепосевное – 1,19 г/100 г.

Таким образом, в полевых опытах на лугово-черноземной почве юга Западной Сибири установлено, что все формы N-удобрений положительно повлияли на урожайность изучаемых зерновых культур при различных способах их применения. При урожайности в среднем в контроле 2,29 т/га зерна яровой пшеницы и 2,42 т/га ячменя внесение N-удобрений способствовало формированию урожайности зерна пшеницы от 2,41 до 2,64 т/га и ячменя – от 2,56 до 2,90 т/га. Максимальная урожайность яровой пшеницы (2,60...2,64 т/га) и ячменя (2,77...2,90 т/га) сформировалась при применении N₆₀ припосевным и послепосевным способами (N₃₀ + N₃₀). Урожайность при этом не зависела от форм используемых N-удобрений, но более стабильна при применении для послепосевного внесения карбамида, а припосевного – аммиачной селитры.

Использование N₆₀ (припосевное + послепосевное) позволило получить окупаемость 1 кг д.в. в 5,50...6,00 кг пшеницы и 5,83...8,00 кг – ячменя.

Все формы N-удобрений (карбамид, селитра аммиачная, КАС) при внесении под пшеницу яровую в дозе 60 кг/га двумя способами по эффективности равнозначны, ячменя – несколько выше при применении при посеве аммиачной

Таблица 5.13 – Аминокислотный состав белка зерновых культур в зависимости от форм N-удобрений

Доза удобрения	Содержание		Σ незаменимых аминокислот	Σ критических аминокислот	Σ аминокислот	Доля незаменимых аминокислот
	белка	лизина				
	%	г/100 г сухого вещества				
Пшеница яровая						
Контроль	16,0	0,21	3,74	0,96	8,97	41,7
Нас (припосевное)	16,2	0,26	3,99	1,08	9,33	42,8
Нк (припосевное)	15,8	0,31	4,14	1,19	9,83	42,1
Нкас (припосевное)	14,9	0,34	4,09	1,16	9,71	42,1
Нк (послепосевное)	15,7	0,32	4,13	1,23	9,72	42,5
Нкас (послепосевное)	16,3	0,31	3,89	1,05	9,23	42,1
Нас (припосевное) + Нк (послепосевное)	16,0	0,23	3,84	1,01	9,20	41,7
Нас (припосевное) + Нкас (послепосевное)	15,6	0,29	3,84	1,08	9,08	42,3
Нк (припосевное) + Нк (послепосевное)	15,9	0,30	4,05	1,16	9,68	41,8
Нк (припосевное) + Нкас (послепосевное)	16,2	0,32	4,1	1,18	9,74	42,1
Нкас (припосевное) + Нк (послепосевное)	15,9	0,30	4,12	1,20	9,65	42,7
Нкас (припосевное) + Нкас (послепосевное)	15,8	0,32	3,91	1,06	9,21	42,5
Ячмень						
Контроль	12,4	0,36	3,36	0,99	7,94	42,3
Нас (припосевное)	12,6	0,41	3,58	1,08	8,41	42,6
Нк (припосевное)	12,6	0,37	3,63	1,11	8,38	43,3
Нкас (припосевное)	12,7	0,39	3,61	1,10	8,30	43,5
Нк (послепосевное)	12,7	0,45	3,82	1,19	8,71	43,9
Нкас (послепосевное)	13,0	0,44	4,28	1,18	9,41	45,5
Нас - припосевное + Нк (послепосевное)	12,8	0,38	3,53	1,09	8,29	42,6
Нас (припосевное) + Нкас послепосевное	12,8	0,39	3,61	1,03	8,49	42,5
Нк (припосевное) + Нк (послепосевное)	12,7	0,38	3,62	1,10	8,39	43,1
Нк (припосевное)+ Нкас (послепосевное)	13,0	0,37	3,53	1,01	8,20	43,0
Нкас (припосевное) + Нк (послепосевное)	12,6	0,40	3,7	1,11	8,47	43,7
Нкас (припосевное) + Нкас (послепосевное)	12,8	0,43	4,15	1,10	9,35	44,4

селитры, чем карбамида и КАС (соответственно 7,17...8,00 и 5,83...6,83 кг/кг).

Массовая доля клейковины в зерне пшеницы при послепосевном внесении N-удобрений на фоне припосевного применения и без него увеличивалась на 0,2...0,9 % при содержании в контроле 29,8 %. Внесение N-удобрений обеспечило повышение белковости зерна ячменя с 12,4 до 12,6...13,0 %. Выявлено, что сумма аминокислот повышалась с 8,97 % без удобрений до наибольшей 9,74 % (вариант Nк – припосевное + Nкас – послепосевное), в зерне ячменя – с 7,94 в контроле до 8,49 (Nас - припосевное + Nкас - послепосевное).

6 ПРИМЕНЕНИЕ РЕГУЛЯТОРА РОСТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯРОВЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Для управления продукционными процессам растений нашли свое применение регуляторы роста. Регуляторы роста растений - органические или синтетические вещества, которые обладают прямым воздействием на культуры, целенаправленно ускоряют или замедляют их процессы роста, обмена веществ и развития без изменения генотипа. Подобные препараты не являются питательными, а представляют собой средство управления биологическими процессами (Вильдфлуш И.Р. и др., 2011; Васин В.Г., Бурунов А. Н., Васин А. В., 2019; Исайчев В.А. и др., 2023).

Препараты способны производить сдвиги в синтезе определенных веществ, которые аналогичны тем, что возникают под воздействием определенных внешних факторов. Влияние на растения является кратковременным, поэтому посредством регуляторов роста мы можем только подтолкнуть культуру к зерну- или корнеобразованию и т.д. При применении регуляторов роста растений происходит мобилизация их ресурсов (Чайлахян М. Х., 1982; Ковалев В.М., Янина М.М., 1999; Будыкина Н. П., Алексеева Т.Ф., Хильков Н.И., 2007; Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Мударисов Ф.А., 2012; Goman N.V. и др., 2021; Бурунов А. Н., 2022). Одним из таких является регулятор роста Зеребра Агро, разработанный учеными Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова и международной компании Rand Harvest Research International Development Ltd. Механизм действия данного продукта основан на:

- ростостимулирующем эффекте – стимулировании восстановительных процессов и улучшении энергетического обмена в растительных тканях, а также включении естественных защитных функций самого растения;
- фунгицидном и бактерицидном эффекте – ингибировании и частичном уничтожении патогенной микрофлоры. Наночастицы серебра подвергаются медленному окислительному растворению в непосредственной близости от бактерий

и грибов, вызывая гибель патогенов путем нарушения проницаемости клеточной мембраны и метаболизма микробной клетки;

– синергетическом эффекте – усилении и пролонгации действия химических фунгицидов. Позволяет сокращать норму расхода химических фунгицидов до нижнего предела, рекомендованного регламентом, при этом сохраняя эффективность подавления вредных объектов, так же, как и при максимальной норме расхода препарата.

6.1 Яровая пшеница

6.1.1 Урожайность яровой пшеницы

Проведенные нами исследования показали, что на лугово-черноземной почве лесостепи Западной Сибири яровая пшеница положительно реагирует на применение регулятора роста Зеребра Агро. Содержание в почве перед посевом: по пару N-NO₃ – 19,0, P₂O₅ – 126,8, K₂O – 219,5 мг/кг; второй культурой после пара N-NO₃ – 7,47, P₂O₅ – 124,1, K₂O – 215,1 мг/кг. Следует отметить, что закономерность влияния регулятора роста на урожайность зерна яровой пшеницы в годы исследований была примерно одинаковой, однако, благодаря более благоприятным погодным условиям урожайность изучаемой культуры в 2016 г. была значительно выше по сравнению с 2014 и 2015 гг.

Так, в среднем увеличение дозы препарата повышало урожайность зерна с 2,94 т/га до 3,09 т/га по пару и с 1,91 до 2,03 т/га при возделывании по пшенице по пару (таблица 6.1).

Максимальная урожайность зерна была получена при возделывании пшеницы по пару в варианте применения листовой подкормки в фазу кущения в дозе 100 мл/га и составила 3,05 т/га, прибавка 0,23 т/га. Увеличение дозы препарата до 200 мл/га к повышению урожайности зерна яровой пшеницы не привело.

При изучении влияния регулятора роста Зеребра Агро на урожайность зерна яровой пшеницы, при урожайности зерна в контрольном варианте 1,72 т/га, прибавка составила 0,28 т/га (16,3 %).

Таблица 6.1 – Влияние регулятора роста Зеребра Агро на урожайность зерна яровой пшеницы (2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Предшественник					
	пар			пшеница по пару		
	урожайность, т/га	± к контролю		урожайность, т/га	± к контролю	
		т/га	%		т/га	%
2014 г.						
0	3,04	-	-	1,75	-	-
50	3,18	0,14	4,6	1,83	0,08	4,6
100	3,29	0,25	8,2	1,97	0,22	12,0
150	3,32	0,28	9,2	2,06	0,31	15,7
200	3,32	0,28	9,2	2,08	0,33	16,0
НСР ₀₅		0,08			0,05	
2015 г.						
0	2,64	-		1,58	-	
50	2,73	0,09	3,4	1,97	0,09	5,7
100	2,84	0,2	7,6	1,73	0,15	9,5
150	2,9	0,26	9,8	1,8	0,22	13,9
200	2,92	0,28	10,6	1,77	0,19	12,0
НСР ₀₅		0,08			0,04	
2016 г.						
0	2,78	-		1,84	-	
50	2,92	0,14	5,0	1,93	0,09	4,9
100	3,01	0,23	8,3	2,03	0,19	10,3
150	3,04	0,26	9,4	2,15	0,31	16,8
200	3,03	0,25	9,0	2,24	0,4	21,7
НСР ₀₅		0,06			0,08	
Среднее						
0	2,82	-		1,72	-	
50	2,94	0,12	4,3	1,91	0,09	5,2
100	3,05	0,23	8,2	1,91	0,19	11,0
150	3,09	0,27	9,6	2	0,28	16,3
200	3,09	0,27	9,6	2,03	0,31	18,0
НСР ₀₅		0,08			0,06	
НСР ₀₅ : фактор А – доза препарата, мл/га – 0,11; фактор В – предшественник – 0,13; АВ – 0,19.						

Интенсивность и направленность этих процессов, прежде всего, определяется особенностями растения. Важное значение имеют и условия обеспеченности растений элементами в течение вегетации.

Анализируя данные по содержанию валового азота в зерне пшеницы, отмечаем, что оно изменялось в зависимости от предшественника. Максимальное содержание было получено при возделывании пшеницы по пару и при обработке посевов в кушение в дозе 150 мл/га и составило 3,13 %, что на 0,12 % выше, чем в контрольном варианте. Несколько ниже было содержание азота при возделывании пшеницы второй по пару и составило 2,80 % в контрольном варианте. При применении Зеребра Агро повышение данного показателя, отмечено начиная с дозы 100 мл/га (таблица 6.2, приложение 31).

Таблица 6.2 – Влияние регулятора роста Зеребра Агро на химический состав урожая яровой пшеницы, % (среднее 2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Предшественник - пар						
0	3,01	0,85	0,53	0,59	0,30	0,98
150	3,13	0,86	0,54	0,61	0,28	0,99
Предшественник - пшеница по пару						
0	2,80	0,90	0,53	0,57	0,30	1,02
150	2,86	0,91	0,51	0,58	0,31	1,02

Изменение валового фосфора и калия в зерне пшеницы не имело определенной закономерности и находилось на одном уровне.

Наши исследования показали, что применение регулятора роста влияло на вынос элементов питания зерном и соломой (таблица 6.3).

В среднем за годы исследований вынос элементов питания изменялся в зависимости от предшественника. Так при возделывании пшеницы первой по пару вынос азота зерном изменялся от 78,3 кг/га в контрольном варианте до 91,5 кг/га

при обработке посевов регулятором роста Зеребра Агро в дозе 150...200 мл/га. Вынос фосфора соответственно изменялся от 23,5 до 26,0 кг/га и калия от 12,5 до 15,2 кг/га. Вынос элементов питания соломой изменялся: по азоту от 25,1 до 30,8 кг/га, по фосфору от 11,8 до 14,3 и по калию 40,1 до 49,1.

Таблица 6.3 – Влияние регулятора роста Зеребра Агро на вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы, кг/га (среднее 2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Зерно				Солома			
	урожайность сухого вещества, т/га	вынос, кг/га			урожайность сухого вещества, т/га	вынос, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Предшественник – пар								
0	2,61	78,3	23,5	12,5	4,18	25,1	12,1	40,1
50	2,67	82,8	24,0	12,8	4,27	26,9	12,4	49,1
100	2,83	87,7	25,8	13,6	4,55	27,6	11,8	46,2
150	2,86	91,5	25,5	15,2	4,57	30,6	11,9	41,1
200	2,86	91,5	26,0	14,3	4,60	30,8	14,3	42,8
Предшественник – пшеница по пару								
0	1,51	42,3	13,7	7,6	2,26	13,6	7,0	23,5
50	1,57	43,9	14,3	7,1	2,36	14,2	7,6	25,0
100	1,69	49,0	15,5	8,1	2,54	15,7	8,1	26,9
150	1,77	51,3	16,3	8,3	2,66	17,6	7,9	27,1
200	1,79	51,9	16,6	8,9	2,68	18,2	8,0	27,9

При возделывании пшеницы второй после пара уменьшилось урожайность сухого вещества по сравнению с возделыванием пшеницы первой по пару на 1,10 т/га в контрольном варианте. Соответственно уменьшился вынос основных элементов питания, как зерном, так и соломой. Вынос зерном составил в контрольном варианте по азоту 42,3 кг/га (меньше на 36,0 кг/га), соломой - 13,6 (меньше на 11,5 кг/га), по фосфору соответственно 13,7 и 7,0 кг/га, по калию - 7,6 и 23,5 кг/га.

В целом вынос основных элементов питания напрямую зависит от предшественника и уровня сформировавшейся урожайности зерна и соломы.

Хозяйственный вынос элементов питания, характеризующий общую величину потребности растений пшеницы в элементах питания и используемый при расчете баланса питательных элементов в агроценозе, существенно варьировал по вариантам опыта. Это обусловлено более широкими колебаниями урожайности и изменением структуры урожая под действием регулятора роста. Он зависит от предшественника, уровня сформировавшейся урожайности и химического состава растений (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Вынос основных элементов питания на создание 1 т зерна яровой пшеницы в зависимости от регулятора роста (среднее 2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Хозяйственный вынос, кг/га			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Предшественник – пар						
0	104	35,6	52,6	34,0	11,7	17,3
50	110	36,4	61,9	34,5	11,4	19,5
100	115	37,6	59,8	35,0	11,4	18,2
150	122	37,4	56,3	36,8	11,3	16,9
200	122	40,3	57,1	36,8	12,1	17,2
Предшественник – пшеница по пару						
0	55,9	20,7	31,1	32,5	12,0	18,1
50	58,1	21,8	32,1	32,6	12,2	18,0
100	64,7	23,6	35,0	33,7	12,3	18,2
150	68,9	24,3	35,4	34,3	12,1	17,6
200	70,1	24,6	36,9	34,5	12,1	18,2

Было вынесено при возделывании пшеницы первой по пару: 103...122 кг/га азота, 25,6...40,3 кг/га фосфора и 52,6...57,1 калия. При возделывании второй

культурой после пара по пшенице соответственно азота – 55,9...70,1 кг/га, фосфора – 20,7...24,6 и калия – 31,1...36,9. Отчетливо прослеживается влияние доз регулятора роста Зеребра Агро на хозяйственный вынос элементов питания.

При обработке посевов пшеницы регулятором роста Зеребра Агро потребление элементов питания изменялся по первому предшественнику – по азоту от 34,0 до 36,8 кг/га, фосфору от 11,3 до 12,1 и калию от 17,2 до 19,5; по второму предшественнику – по азоту от 32,5 до 34,5, фосфору от 12,0 до 12,3 и калию от 17,6 до 18,2 кг/га.

Потребление элементов питания на формирование единицы урожая является более стабильным показателем и используется для биологической и хозяйственной характеристики культуры.

6.1.2 Качество зерна

Анализ показателей качества зерна яровой пшеницы показал, что в среднем четких закономерностей в изменении показателей качества не выявлено (таблица 6.5, приложение 53).

Таблица 6.5 – Качество урожая зерна яровой пшеницы при применении регулятора роста (среднее 2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Белок, %	Клейковина, %	Стекловидность, %	Натура, г/л
1	2	3	4	5
Предшественник – пар				
0	18,8	33,7	62	779
50	19,2	34,9	65	779
100	19,3	34,9	69	795
150	19,5	34,8	68	777
200	19,5	34,8	68	774

окончание таблицы 6.5

1	2	3	4	5
Предшественник – пшеница по пару				
0	17,5	34,7	70	763
50	17,5	34,4	72	779
100	17,9	34,6	67	776
150	17,9	34,7	67	778
200	17,7	34,5	70	773
НСР ₀₅	0,31	2,2	5,2	18,2

Наименьшее содержание сырого протеина и клейковины (13,0 и 24,2 %) было отмечено в варианте с применением 100 мл/га препарата, наибольшее (13,8 и 25,7 %) – в варианте 50 мл/га.

Важным показателем качества зерна яровой пшеницы является содержание аминокислот. Недостаток незаменимых аминокислот ограничивает использование. Результатом этого является снижение продуктивности, несбалансированность незаменимых аминокислот в белках – одна из главных причин низкой эффективности использования урожая. Таким образом, ценность продукта, в частности зерна злаковых растений как источника белка, определяется количеством суммарного белка в зерне и содержанием незаменимых аминокислот, как связанных в этом белке, так и свободных.

В таблице 6.6 приведено содержание аминокислот в пробах яровой пшеницы. Для сравнения были взяты контроль и вариант с внесением дозы препарата 150 мл/га.

Применение препарата Зеребра Агро способствовало повышению содержания практически всех аминокислот по сравнению с контрольным вариантом.

Одинаковы по значениям были аминокислоты: аргинин, гистидин, серин. Значительно увеличилось содержание пролина и суммы лейцин + изолейцин. Применение Зеребра Агро способствовало увеличению суммы аминокислот на

1,16 г/100 г, суммы незаменимых аминокислот на 0,75 г/100 г, суммы критических аминокислот на 0,16 г/100 г.

Таблица 6.6 – Содержание аминокислот в белке зерна яровой пшеницы при применении регулятора роста

Аминокислота	г/100 г белка	
	Контроль	доза 150 мл/га
Аргинин	0,29	0,29
Лизин	0,22	0,27
Тирозин	0,16	0,22
Фенилаланин	0,35	0,49
Гистидин	0,16	0,16
Лейцин+изолейцин	0,79	1,13
Метионин	0,15	0,19
Валин	0,31	0,42
Пролин	0,84	1,03
Треонин	0,26	0,33
Серин	0,50	0,51
Аланин	0,31	0,39
Глицин	0,32	0,39
Σ аминокислот	4,66	5,82
Σ незаменимых аминокислот	2,08	2,83
Σ критических аминокислот	0,63	0,79
Доля незаменимых аминокислот	44,6	48,6

Таким образом, использование регулятора роста Зеребра Агро позволило оптимизировать минеральное питание для растений яровой пшеницы и, благодаря этому, существенно повысить урожайность. Наиболее высокая урожайность была получена при применении листовой подкормки в фазу кущения препаратом Зе-

ребра Агро в дозе 150 мл/га, также применение регулятора роста Зеребра Агро оказало влияние и на качественные показатели зерна яровой пшеницы.

6.2 Яровой ячмень

6.2.1 Урожайность ячменя

На лугово-черноземной почве лесостепи Западной Сибири яровой ячмень положительно реагирует на применение регулятора роста Зеребра Агро. Следует отметить, что закономерность влияния регулятора роста на урожайность зерна в годы исследований была примерно одинаковой, однако, благодаря более благоприятным погодным условиям урожайность изучаемой культуры в 2014 г. была значительно выше по сравнению с 2015 и 2016 гг. (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Влияние препарата Зеребра Агро на урожайность зерна ячменя (2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Предшественник					
	пар			пшеница по пару		
	урожайность, т/га	± к контролю		урожайность, т/га	± к контролю	
		т/га	%		т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
2014 г.						
0	2,98	-	-	1,85	-	-
50	3,12	0,14	4,7	1,93	0,08	4,3
100	3,19	0,21	7,0	2,07	0,22	11,9
150	3,24	0,26	8,7	2,18	0,33	17,8
200	3,22	0,24	8,1	2,19	0,34	18,4
НСР ₀₅		0,07			0,05	
2015 г.						
0	2,75	-	-	1,71	-	-
50	2,84	0,09	3,3	1,77	0,08	4,7
100	2,98	0,23	8,4	1,83	0,12	7,0
150	2,96	0,21	7,6	1,94	0,23	13,5
200	2,99	0,24	8,7	1,96	0,25	14,6
НСР ₀₅		0,08			0,04	

1	2	3	4	5	6	7
2016 г.						
0	2,9	-	-	1,74	-	-
50	2,98	0,08	2,8	1,88	0,14	8,0
100	3,11	0,21	7,2	1,99	0,25	14,4
150	3,14	0,24	8,3	2,08	0,34	19,5
200	3,13	0,23	7,9	2,14	0,4	23,0
НСР ₀₅		0,05			0,08	
Среднее						
0	2,88	-	-	1,77	-	-
50	2,98	0,10	3,6	1,86	0,09	5,3
100	3,09	0,22	7,5	1,96	0,20	11,1
150	3,11	0,24	8,2	2,07	0,30	17,0
200	3,11	0,24	8,2	2,10	0,33	18,7
НСР ₀₅		0,06			0,06	

Увеличение дозы препарата повышало урожайность зерна ячменя с 2,88 т/га до 3,11 т/га по пару и с 1,77 до 2,10 т/га при возделывании пшеницы по пару. Максимальная урожайность зерна была получена при возделывании ячменя по пару в дозе 150 мл/га и составила 3,11 т/га, прибавка 0,24 т/га (8,2 %). Увеличение дозы препарата до 200 мл/га к повышению урожайности зерна не привело.

Увеличение дозы в три раза (150 мл/га) позволило сформировать урожайность зерна 2,07 т/га, прибавка 0,30 т/га (17 %). При обработке посевов в дозе 200 мл/га получена максимальная урожайность 2,10 т/га, при урожайности зерна в контрольном варианте 1,77 т/га, прибавка составила 0,33 т/га (18,7 %).

Химический состав растений является следствием степени обеспеченности их теми или другими элементами питания и изменение условий поглощения культурой при применении препарата (таблица 6.8, приложение 32).

Согласно полученным данным общее содержание химических элементов в растениях ярового ячменя сорта Подарок Сибири изменяется в зависимости от предшественника.

Таблица 6.8 – Влияние стимулятора роста на химический состав урожая ячменя,
% (среднее 2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Предшественник – пар						
0	2,47	0,88	2,63	0,57	0,23	1,01
50	2,48	0,86	2,62	0,57	0,24	1,00
100	2,49	0,87	2,63	0,56	0,24	1,02
150	2,49	0,87	2,63	0,58	0,24	1,03
200	2,56	0,88	2,65	0,59	0,25	1,03
Предшественник – пшеница по пару						
0	2,36	0,91	2,63	0,55	0,25	1,01
50	2,36	0,92	2,65	0,56	0,25	1,03
100	2,37	0,92	2,62	0,56	0,23	1,04
150	2,36	0,93	2,64	0,56	0,24	1,03
200	2,37	0,93	2,64	0,57	0,23	1,04

Анализируя данные по содержанию валового азота, фосфора и калия в зерне, можно отметить, что оно изменялось как по годам исследований, так и в зависимости от предшественника: азот варьировал от 2,34 % до 2,77 %, фосфор от 0,80 до 1,01 %, калий от 2,54 до 2,78 %. Максимальное содержание было получено при возделывании ячменя по пару при обработке посевов в фазу кущения в дозе 200 мл/га и составило азота 2,56 %, фосфора 0,88 и калия 2,64 %. Изменение валового фосфора и калия в зерне пшеницы не имело определенной закономерности и находилось на одном уровне.

На содержание азота, фосфора и калия в соломе регулятор роста не оказал существенного влияния.

6.2.2 Качество зерна

Анализ показателей качества зерна ячменя показал, что в среднем четких закономерностей в изменении показателей качества зерна ячменя не выявлено (таблица 6.9, приложение 54).

Таблица 6.9 – Качество урожая зерна ярового ячменя при применении регулятора роста (среднее 2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Белок, %	Натура, г/л
Предшественник – пар				
0	49,7	46	15,5	616
50	49,7	46	15,5	617
100	49,3	47	15,5	616
150	49,0	48	15,6	618
200	49,9	47	16,0	616
Предшественник – пшеница по пару				
0	44,5	44	14,7	612
50	48,3	45	14,8	633
100	50,2	46	14,8	631
150	48,1	47	14,7	626
200	48,0	46	14,8	619
НСР ₀₅	2,1	3,8	1,31	15,3

Использование регулятора роста Зеребра Агро позволило оптимизировать минеральное питание для растений ячменя и, благодаря этому, существенно повысить урожайность. Наиболее высокая урожайность (3,11 т/га) была получена при применении листовой подкормки в фазу кущения препаратом Зеребра Агро в дозе 150 мл/га при возделывании ячменя первой культурой после пара.

При возделывании второй культурой после пара максимальная урожайность 2,10 т/га получена при обработке посевов в дозе 200 мл/га, прибавка составила 0,33 т/га (18,7 %).

Таким образом в условиях региона установлена эффективность применения регулятора роста при возделывании зерновых культур по различным предшественникам, установлены лучшие дозы. Результаты производственных испытаний показали высокую эффективность применения регулятора роста (приложение 77).

7 УПРАВЛЕНИЕ ПИТАНИЕМ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Для удовлетворения изменяющихся потребностей растений в элементах необходима система управления питанием зерновых культур, которая включает допосевное и послепосевное (подкормку) применение удобрений. Рациональное использование удобрений до посева невозможно без учета запаса в почве усвояемых растениями питательных веществ. Этот учет осуществляется на основе использования разнообразных агрохимических методов анализа почвы – почвенной диагностики. Растительная диагностика помогает оптимизировать применение удобрений в течение вегетации. Отдельное использование почвенной и растительной диагностик не может обеспечить эффективное применение удобрений перед посевом и в процессе роста культур. В связи с этим необходимо применение почвенной и растительной диагностики (комплексной диагностики) для управления питанием растений на основе совместного применения методов (Магницкий К.П., 1972; Болдырев Н.К., 1972; Ермохин Ю.И., 1983; Лихоманова Л.М., 1986; Трубина Н.К., 1993; Ермохин Ю.И. и др., 2002; Михальская Н.В., 2003; Смирнова Т.Б., 2003; Болдышева Е.П., 2018; Бобренко И.А., 2004; Попова В.И., Гоман Н.В., 2017, 2018 и др.).

7.1 Управление питанием зерновых культур на основе метода почвенной диагностики

С помощью метода почвенной диагностики можно корректировать дозы удобрений для допосевного внесения. Для этого следует располагать количественными характеристиками содержания доступных форм элементов в почве.

Так, содержание нитратного азота до посева яровой пшеницы (опыты 2018-2020 гг.) в лугово-черноземной почве было низкое – 8,4 мг/кг и высокое – 22,3 мг/кг – при дозе $N_{139}P_{101}$; подвижного фосфора соответственно – повышенное – 124 и высокое 145 мг/кг; калия – очень высокое – 285 и 290 мг/кг (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Содержание подвижных элементов в лугово-черноземной почве при допосевном внесении удобрений под яровую пшеницу, мг/кг (среднее 2018-2020 гг.)

Доза удобрения	До посева			Полная спелость		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	8,40	124	285	1,85	102	245
N ₁₀ [*]				1,81	104	255
N ₃₀ ^{**}				1,83	105	260
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}				1,85	106	270
N ₁₃₉ P ₁₀₁ - фон	22,3	145	290	3,01	156	250
N ₁₀ [*]				2,97	152	252
N ₃₀ ^{**}				3,02	153	265
N ₁₀ [*] + N ₃₀ ^{**}				3,04	153	265

Подкормка в фазу кущения* и выхода в трубку**

На взаимодействие почвы с удобрениями влияет много разных факторов. Тем не менее, наблюдается четкая зависимость между концентрацией подвижного элемента в почве и дозами минеральных удобрений в различных зонах. Изменяя условия питания, можно ускорять или тормозить эти процессы, в результате чего по-разному будут развиваться растения, изменяться величина и качество урожая (Antonovics J. и др., 1971; Voisin A., 1964; Beckett P., Davis R., 1977; Филин В.И., 1999; Олейников А.Ю., Есаулко А.Н., Устименко Е.А., 2011; Попова В.И., 2013).

Поэтому необходимо решить задачу оптимизации уровня питательных веществ в почве и растениях в конкретных условиях почвенно-климатической зоны и при определенной продуктивности сельскохозяйственной культуры. Это позволит управлять питанием растений, формированием плановой урожайности, почвенным плодородием.

На кафедре агрохимии Омского СХИ (в настоящее время Омский ГАУ) Н.К. Болдырев разработал стандарты содержания доступных питательных веществ как показатель нуждаемости в удобрениях применительно к зерновым культурам (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Стандарты содержания доступных питательных веществ как показатель нуждаемости зерновых культур в удобрениях (Болдырев Н.К., 1972)

Содержание, мг/кг почвы (слой 0-30 см)			Потребность в удобрениях
N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	
<13	<72	<120	сильная
13-19	72-125	120-210	средняя
> 20	> 140	> 210	отсутствует

Учитывая эти группы и используя результаты анализа почвы, можно установить потребность растений в азотных, фосфорных и калийных удобрениях. Данные градации позволяют объективно оценить производственные данные агрохимической характеристики почв, определять необходимость использования удобрений.

Для расчета необходимой дозы удобрений можно использовать формулу 55 (метод определения доз удобрений с учетом оптимальных уровней (ОУ) содержания элементов питания в почве):

$$Д = (С_о - С_ф) : К_д \quad (55)$$

где $С_о$ – содержание элемента в почве оптимальное, мг/кг;

$С_ф$ – содержание элемента в почве фактическое, мг/кг;

$К_д$ – коэффициенты интенсивности действия 1 кг элемента удобрения, внесенного в почву, на содержание N-NO₃ (0,11 мг/кг) и P₂O₅ (0,22...0,25 мг/кг).

Мониторинг содержания подвижных микроэлементов в почве показал наличие определенных закономерностей (таблица 7.3). Минимальное количество $Сu$ наблюдалось в слое 0-20 см, ниже оно увеличивается. Содержание Mn и Zn с глубиной сначала понижается, а в слое 80-100 см – наоборот.

Таблица 7.3 – Содержание подвижных микроэлементов в лугово-чернозёмной почве под озимыми культурами, мг/кг (среднее 2007-2011 гг.)

Фаза	Элемент	Слой почвы, см				
		0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
Перед посевом	цинк	0,93	0,32	0,41	0,27	0,90
	медь	0,10	0,13	0,12	0,18	0,68
	марганец	55,4	16,7	37,3	13,4	33,7
Всходы	цинк	0,61	0,38	0,39	0,52	0,86
	медь	0,12	0,13	0,11	0,51	0,69
	марганец	49,4	25,3	14,9	22,0	28,3
Выход в трубку	цинк	0,80	0,45	0,35	0,64	0,92
	медь	0,14	0,08	0,09	0,30	0,85
	марганец	68,7	49,8	28,4	29,9	34,5
Кущение весеннее	цинк	0,53	0,73	0,53	0,60	0,99
	медь	0,14	0,09	0,16	0,16	0,47
	марганец	41,7	42,6	26,6	25,4	28,4

На взаимодействие почвы и удобрений влияют многочисленные факторы. Но, несмотря на это, наблюдается четкая зависимость между концентрацией подвижного элемента в почве и дозами минеральных удобрений в различных зонах. Изменяя условия питания, можно усиливать или тормозить эти процессы, в результате чего по-разному будут развиваться растения, изменяться величина и качество урожая (Парибок Т.А., Алексеева-Попова А.В., 1965; Тихомиров Ф.А., Моисеев И.Т., 1975; Стефановский К.С., 1984; Мотузова Г.В., Попова А.А., 1989; Е.П. Болдышева, И.А. Бобренко, 2014; Е.П. Болдышева, В. И. Попова, 2017; Азаренко Ю.А., 2020).

Поэтому необходимо решить задачу управления уровнем питательных веществ в почве и растениях в конкретных условиях почвенно-климатической зоны и при определенной продуктивности сельскохозяйственной культуры. Это позво-

лит управлять питанием растений, формированием плановой урожайности, почвенным плодородием.

Для этого были установлены количественные взаимосвязи между содержанием подвижного Zn в почве (таблицы 7.4 и 7.5) и урожайностью зерновых культур, что позволяет объективно оценивать экспериментальные данные агрохимической характеристики почв, диагностировать необходимость применения удобрений, прогнозировать урожайность на ранних стадиях развития растений.

Таблица 7.4 – Содержание подвижных микроэлементов в почве при применении Zn-удобрений, мг/кг (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Кущение осеннее			Кущение весеннее			Выход в трубку			Полная спелость		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Озимая пшеница												
N ₃₀ - фон 1	0,75	0,10	48,9	0,61	0,09	49,6	0,79	0,10	52,3	0,69	0,12	55,1
Zn ₄	1,39	0,12	48,2	1,07	0,10	49,9	1,28	0,10	52,7	1,04	0,14	56,5
Zn ₈	2,06	0,09	50,0	1,92	0,09	51,5	1,87	0,13	51,2	1,49	0,16	59,9
Zn ₁₂	2,75	0,10	48,9	2,77	0,12	48,9	2,76	0,12	51,4	1,73	0,09	49,0
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	0,71	0,12	51,2	0,69	0,12	46,8	0,85	0,11	57,7	0,58	0,15	50,9
Zn ₄	1,39	0,14	52,2	1,57	0,15	50,3	1,25	0,14	53,5	1,49	0,21	46,7
Zn ₈	2,03	0,09	57,8	1,88	0,11	50,3	1,68	0,08	57,5	1,82	0,16	54,0
Zn ₁₂	2,70	0,11	56,5	2,85	0,12	55,2	3,09	0,08	52,8	2,78	0,12	53,6
Озимая рожь												
N ₃₀ - фон 1	0,80	0,12	56,4	0,80	0,08	45,1	0,54	0,09	49,7	0,74	0,11	59,1
Zn ₄	1,54	0,11	54,9	1,63	0,11	49,7	0,82	0,12	51,6	1,70	0,10	53,8
Zn ₈	2,26	0,13	55,4	2,07	0,12	48,4	1,35	0,09	51,5	2,33	0,12	42,8
Zn ₄	1,48	0,12	52,0	1,53	0,09	48,0	0,81	0,13	49,4	1,60	0,11	49,0
Zn ₈	2,02	0,11	55,0	2,05	0,16	50,3	1,01	0,12	48,8	2,35	0,15	48,0
Zn ₁₂	2,61	0,09	51,7	2,63	0,14	50,3	1,30	0,09	50,6	2,83	0,08	48,8

При сбалансированном азотно-фосфорном питании зерновых культур необходимо было установить закономерности действия удобрений на химический состав почвы. В таблице 7.5 представлены данные по содержанию подвижного Zn в почве при внесении доз Zn-удобрений.

Таблица 7.5 – Содержание подвижного Zn в слое почвы 0-20 см
в осеннее кушение озимых культур при допосевном внесении Zn-удобрений

Внесено Zn, кг/га	Содержание Zn в почве, мг/кг	Увеличение Zn в почве, мг/кг	Уравнение
Озимая пшеница			
N ₃₀ - фон 1	0,75	-	Y = 0,71+0,16X r = 0,79 (57)
Zn ₄	1,39	0,64	
Zn ₈	2,06	1,31	
Zn ₁₂	2,75	2,00	
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	0,71	-	Y = 0,73+0,17X r = 0,81 (58)
Zn ₄	1,39	0,68	
Zn ₈	2,03	1,32	
Zn ₁₂	2,70	1,99	
Озимая рожь			
N ₃₀ - фон 1	0,80	-	Y = 0,81+0,18X r = 0,89 (59)
Zn ₄	1,54	0,74	
Zn ₈	2,26	1,46	
Zn ₁₂	2,97	2,17	
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	0,79	-	Y = 0,83+0,15X r = 0,81 (60)
Zn ₄	1,48	0,69	
Zn ₈	2,02	1,23	
Zn ₁₂	2,61	1,82	

Полученные нормативные характеристики влияния удобрений на концентрацию Zn в почве Кд (0,15...0,18 мг/кг, в среднем 0,17) позволяют управлять ею в почве удобрением. Для решения практических задач используется формула (56) для прогнозирования содержания Zn в почве (С, мг/кг) при внесении Zn-удобрений:

$$C = C_1 + D \cdot K_d, \quad (56)$$

где C_1 – содержание элемента в почве до посева, мг/кг;

D – доза внесения элемента в почву, кг д.в./га;

K_d – коэффициент интенсивности действия 1 кг д.в. Zn-удобрений на содержание Zn в почве, мг/кг.

Расчеты показали, что для повышения содержания подвижного Zn в почве на 1 мг/кг нужно применять Zn_6 ($1 \text{ мг/кг} : 0,17 \text{ мг/кг} = 6$). Отсюда расчет доз применения Zn (кг д.в./га) под растения может проводиться по формуле (61), зная оптимальный уровень подвижного Zn в почве:

$$D = (C_o - C_\phi) \cdot 6, \quad (61)$$

где C_o – содержание подвижного элемента в почве оптимальное, мг/кг;

C_ϕ – содержание подвижного элемента в почве фактическое, мг/кг;

6 – доза Zn-удобрений для повышения содержания элемента на 1 мг/кг в слое почвы 0-20 см, кг д.в./га.

Выявленные зависимости в системе «удобрение – почва» позволяют успешно диагностировать цинковое питание зерновых культур и при необходимости рассчитывать дозы Zn-удобрений в допосевное внесение на фоне сбалансированного макроэлементного питания. Эксперименты показали, что между изменяющимся химическим составом почвы (x) и величиной урожая (y) имеется тесная корреляционная зависимость $r = 0,71$ и $0,69$ для фонов N_{30} и $N_{30}P_{60}$ соответственно (уравнения 62 и 63, рисунки 7.1 и 7.2).

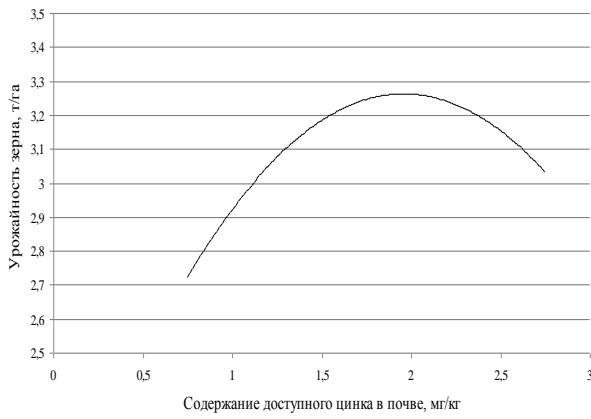
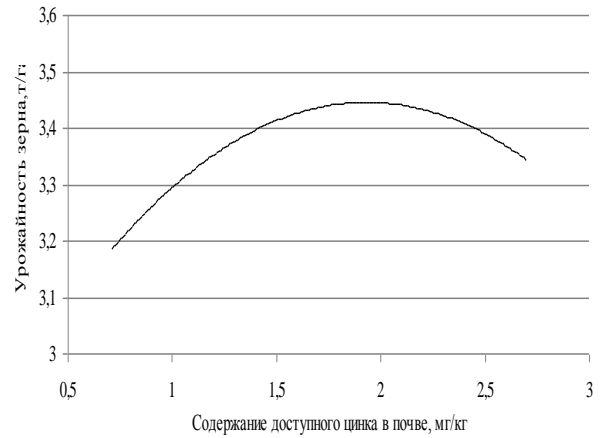
а) Zn на фоне N₃₀б) Zn на фоне N₃₀P₆₀

Рисунок 7.1 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от содержания подвижного цинка в почве

$$Y = 1,85 + 1,44X - 0,37X^2 \quad r = 0,71 \quad (62)$$

$$Y = 2,80 + 0,67X - 0,17X^2 \quad r = 0,69 \quad (63)$$

В области до оптимальных значений зависимость между химическим составом почвы (в данном случае содержанием подвижного Zn, X) и урожайностью культуры (Y) носит прямолинейный характер (уравнение 64, для оптимального макроэлементного фона):

$$Y = 3,03 + 0,24X \quad r = 0,69 \quad (64)$$

Для каждой культуры существует свой оптимальный уровень содержания в почве конкретного элемента. В данных исследованиях с помощью статистических методов установлены взаимосвязи между содержанием подвижного Zn в почве и урожайностью зерновых культур и определен оптимальный уровень его содержания в лугово-черноземной почве – 1,5...2,0 мг/кг.

Необходимо отметить, что данный показатель подтверждается исследованиями, ранее проведенными в Омском ГАУ с другими культурами, на основании которых разработаны градации (Бобренко И.А., 2004). Для черноземных почв За-

падной Сибири предложены следующие стандарты содержания микроэлементов (таблица 7.6).

Таблица 7.6 – Стандарты содержания микроэлементов в черноземных почвах как показатель нуждаемости культур в удобрениях, мг/кг почвы (ААБ с рН 4,8) (по Бобренко И.А., 2004)

Содержание, мг/кг почвы (слой 0-30 см)			Потребность в удобрениях
Zn	Cu	Mn	
<0,5	<0,1	<10	сильная
0,5-1,5	0,1-0,2	10-20	средняя
> 1,5	> 0,2	> 20	отсутствует

Коэффициенты регрессии, полученные в исследованиях, дают суммарную характеристику этой связи в диапазоне от низкой до оптимальной обеспеченности растений подвижным цинком. Знание этого показателя дает возможность прогнозировать урожайность, эффективность удобрений и определить оптимальный уровень Zn в почве. Например, наивысшая прибавка урожайности зерна озимой пшеницы была получена 0,31 т/га при внесении Zn₈ на фоне сбалансированного азотно-фосфорного питания. По формуле (65) можно сделать вывод об оптимальном уровне питания растений цинком (С, мг/кг):

$$C = C_1 + D \cdot K_d = 0,71 + 8 \cdot 0,17 = 2,07 \quad (65)$$

Таким образом, как установлено в процессе исследований, если внесение в почву 1 кг Zn-удобрений увеличивает его содержание на 0,17 мг/кг, и обеспечивает прибавку озимой пшеницы – 0,038 т/га, то для повышения содержания подвижного Zn в почве на 1 мг/кг почвы требуется внести дозу 6 кг д.в. /га, которая повысит урожайность на 0,23 т/га (6 кг/га · 0,038 т/га).

Располагая оптимальным (С_о) и фактическим (С_ф) содержанием подвижного Zn в почве, можно прогнозировать получение прибавки урожая (П, т/га) с учетом

того, что 1 мг/кг подвижного Zn почвы обеспечивает получение дополнительно 0,23 т/га урожая зерна по формуле (66):

$$\Pi = (C_o - C_{\phi}) \cdot 0,23, \quad (66)$$

где C_o – содержание подвижного Zn в почве оптимальное, мг/кг;

C_{ϕ} – содержание подвижного Zn в почве фактическое, мг/кг;

0,23 – коэффициент интенсивности действия 1 мг/кг подвижного Zn почвы для формирования урожая зерна, т/га.

В 2016 г. было проведено производственное испытание расчета доз удобрений по данным почвенной диагностики и получен положительный результат.

Внедрение в производство 1. При возделывании озимой ржи в лугово-черноземной почве содержание подвижного Zn составило 0,79 мг/кг (C_{ϕ}). Оптимальное содержание – 1,5 мг/кг (C_o). Коэффициент Кд по цинку – 0,17 мг/кг. Отсюда:

$$D_{Zn} = (C_o - C_{\phi}) : K_d = (1,5 \text{ мг/кг} - 0,79 \text{ мг/кг}) : 0,17 \text{ мг/кг} = 4,2 \text{ кг/га}.$$

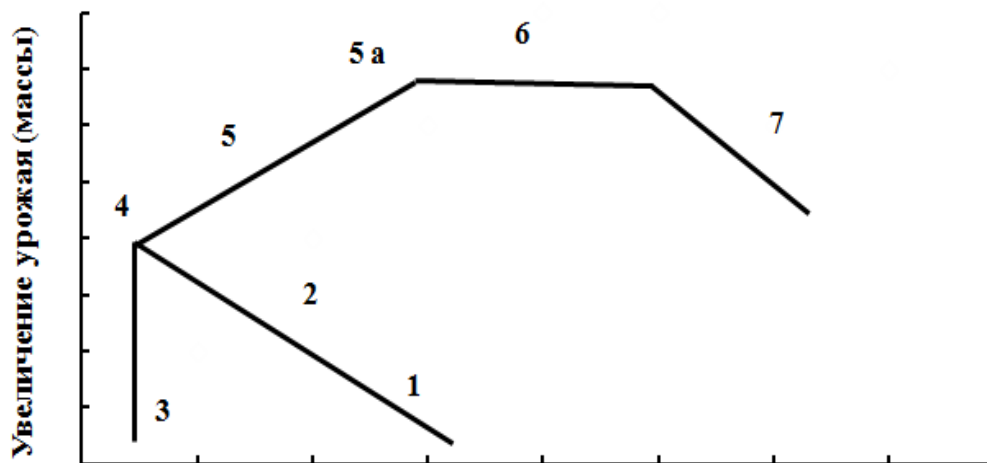
Применение расчётной дозы Zn_4 обеспечило получение урожайности зерна озимой ржи 3,44 т/га, без удобрений – 3,16 (приложение 70).

Таким образом, с помощью показателей оптимального состава почв можно объективно оценивать экспериментальные данные их агрохимической характеристики, диагностировать состояние питания культур и рассчитывать дозы удобрений.

7.2 Управление питанием зерновых культур на основе метода растительной диагностики

Растительная диагностика является логичным дополнением к методу почвенной диагностики питания. Почвенную и растительную диагностику рассматривают как единый комплексный метод управления минеральным питанием сельскохозяйственных культур (Конончук В.В. и др., 2022).

Химический состав растений отражает способность растений извлекать элементы питания из почвы и физиологически суммирует действие различных факторов в величине и качестве урожая. В.В. Церлинг (1990) зависимость между химическим составом растений и урожайностью отобразила графически (рисунок 7.2).



Увеличение содержания элементов питания в растениях

1 – питание достаточное, масса ограничена другими факторами; 2 – условия питания улучшены: масса растет, питание снижается; 3 – острое голодание: масса низкая, мало питательных веществ; 4 – скрытое голодание: масса несколько выше, питания не хватает; 5 – масса повышается с улучшением питания; 5а – оптимум питания и урожая; 6 – «роскошное питание»: масса не растет, концентрация веществ повышается; 7 – токсичное питание: масса уменьшается, концентрация веществ увеличивается.

Рисунок 7.2 – Зависимость между химическим составом растений и массой урожая (В.В. Церлинг, 1990)

Чтобы использовать химический анализ растений для диагностики минерального питания, нужно иметь информацию, как меняется концентрация элементов в растении в течении вегетации; определить какая именно соответствует недостатку, оптимуму и избытку элементов питания. Для каждой культуры характерны определённые соотношения элементов питания в разные периоды онтогенеза.

В связи с явлением антагонизма и синергизма ионов задача исследователей состоит в том, чтобы установить тот или иной характер взаимоотношений между элементами для правильного объяснения данных листового анализа. Хотя в полевых условиях не так легко учесть все факторы, влияющие на внутреннюю концентрацию элементов, однако анализ растения отражает биологическое объединение всех этих факторов, которые влияли на химический состав к моменту взятия проб.

На установлении взаимосвязи между внутренней концентрации питательного элемента в растении и его продуктивностью основана следующая физиологическая предпосылка для использования растительного анализа в качестве диагностического приема, которую Н. Lundegardh (1951) сформулировал так: «Для нормы роста и для окончательного размера или числа вегетативных органов, внутренняя концентрация элементов является определяющей: в особенности имеется ясная взаимосвязь между внутренней питательной концентрацией в листьях и ростом стебля и листьев». Р. Prevot и М. Ollagnier (1956) отмечают, что «отношения концентрации раствора данного элемента к поглощенному количеству, а также отношение концентрации элемента к росту в общем однотипны и сводятся к отношению роста к поглощенному количеству питательного начала. Урожайность в связи с этим представляется функцией содержания элементов в растениях.

Процентное отношение элемента в тканях к росту является более сложным, чем отношение поглощенного количества питательных веществ к росту. Сложность заключается в том, что когда клетки ткани вступают в процесс роста, то увеличение в этот период концентрации раствора того элемента, количество кото-

рого было недостаточно, вызывает одновременно увеличение поглощения и увеличение роста.

Анализ растений показывает, в каком элементе растения наиболее всего нуждаются; относительно же других питательных элементов необходимые выводы могут быть сделаны лишь после ликвидации недостатка в этом элементе. Последнее особенно важно, когда в резком минимуме находится фосфор (Lundegardh Н., 1951; В.В. Церлинг, 1962, 1990; Н.К. Болдырев, 1972).

По мнению И. Коларжика (1956), логарифмическая форма кривой роста урожайности наблюдается только на определенном отрезке кривой, когда возрастающие дозы питательного вещества находятся в гармоническом соотношении с другими факторами.

По мере увеличения доз питательного элемента и при наличии прочих равных условий происходит затухание прибавок урожая и процентного содержания элемента в растениях. В виду того, что величина урожая определяется совокупным действием всех факторов роста фактором, находящимся в минимуме, то для правильной оценки результатов растений анализа следует изучать рост и развитие культур, наблюдать за динамикой накопления сухого вещества, а также принимать во внимание погодные и агротехнические условия возделывания культуры и ее биологические особенности.

По мнению Н.К. Болдырева (1970) этим целям отвечает концепция «критического уровня» питания растений. Она в какой-то мере отражает тот уровень условий питания, которые могут сложиться в полевой обстановке под влиянием известных метеорологических факторов, а также экономически оправданных приемов агротехнического и биологического воздействия на почву и растения, которыми производство в данный момент располагает.

Критический уровень обычно представляют, как ряд близких концентрации элемента, которые характеризуют нормальный (оптимальный) состав растений и объединяются с высокими урожаями культуры. К.П. Магницкий (1972) считал необходимым установить при этом минимальную концентрацию питательных веществ, которая обеспечивает высокие урожаи растений.

Использование удобрений в подкормку даст наивысший эффект, если оно будет построено на учете степени нуждаемости растений в удобрениях по физиологическим показателям растений. Зависимость между химическим составом почвы, растений и величиной урожая делает возможным использование данной закономерности для управления минеральным питанием растений в производстве. Для этого должны быть определены оптимальные содержания элементов в растении для конкретных фаз развития.

Проанализировав связь между содержанием элементов в растениях и урожаем зерна (таблица 7.7, приложение 68), установлены их оптимальные уровни по фазам развития (таблица 7.8).

Таблица 7.7 – Зависимость урожайности яровой пшеницы (Y, т/га) от общего содержания азота в растениях (X, мг/кг сухого вещества) в течение вегетации

Фаза развития	Уравнение регрессии	r	
Кущения	$Y = 2,98 + 0,22X$	0,66	(67)
Выход в трубку	$Y = 2,53 + 0,65X$	0,58	(68)

Таблица 7.8 – Оптимальное содержание элементов в растениях в течение вегетации (сухое вещество)

Фаза развития	N	P	K	Zn	Cu	Mn
	%			мг/кг		
1	2	3	4	5	6	7
Яровая пшеница						
Кущение	4,0-5,0	0,35-0,45	3,0-4,0	44-60	4,2-4,8	90-110
Выход в трубку	3,5-4,0	0,34-0,42	2,6-3,2	20-30	3,2-4,0	30-40
Колошение	2,4-3,2	0,25-0,33	2,0-2,6	20-23	2,9-2,5	25-35
Полная спелость (солома)	0,60-0,90	0,24-0,30	0,70-0,90	10-14	0,9-1,9	23-35
Полная спелость (зерно)	2,4-3,0	0,30-0,45	0,50-0,70	28-32	2,8-3,6	22-29
Озимая пшеница						
Всходы	3,8-4,2	0,55-0,70	4,0-4,2	23-27	4,5-5,5	60-80

1	2	3	4	5	6	7
Кущение осеннее	3,2-3,6	0,45-0,55	3,7-4,3	26-30	3,5-4,5	61-75
весеннее	4,2-5,0	0,45-0,55	3,5-4,1	25-29	2,5-3,5	42-54
Выход в трубку	3,8-4,4	0,40-0,46	3,8-4,0	14-16	1,5-2,5	42-58
Колошение	3,1-3,9	0,30-0,40	2,2-2,6	13-15	1,5-2,5	53-57
Полная спелость (солома)	0,48-0,52	0,28-0,34	0,68-0,72	4-6	1,5-2,1	36-44
Полная спелость (зерно)	2,6-2,8	0,41-0,45	0,45-0,55	13-15	1,2-1,8	54-64
Озимая рожь						
Всходы	4,2-5,5	0,55-0,70	3,5-4,5	13-21	1,6-3,4	42-52
Кущение осеннее	3,8-5,1	0,55-0,70	4,2-4,8	11-14	1,2-3,2	47-61
весеннее	3,3-3,9	0,40-0,55	3,1-4,0	12-14	1,9-2,5	59-71
Выход в трубку	3,0-3,4	0,32-0,38	2,7-3,5	11-15	1,9-2,7	32-40
Колошение	1,8-2,6	0,22-0,34	1,9-2,5	11-15	1,0-2,0	30-36
Полная спелость (солома)	0,40-0,55	0,08-0,18	0,75-1,00	2,5-4,5	0,8-1,6	16-28
Полная спелость (зерно)	1,8-1,9	0,28-0,38	0,42-0,56	13-23	1,0-1,8	28-36
Озимое тритикале						
Всходы	4,2-6,0	0,90-0,95	3,3-4,7	15,7-18,2	2,3-3,3	88-170
Кущение осеннее	1,9-3,0	0,45-0,60	2,7-3,4	10,4-17	1,6-2,2	97-150
весеннее	3,4-4,8	0,45-0,55	2,6-3,3	11-14	1,7-2,0	60-90
Выход в трубку	2,3-2,7	0,35-0,55	4,1-5,8	9,6-12,8	0,30-1,3	54-75
Колошение	1,6-2,3	0,12-0,16	2,5-2,7	3,0-3,4	1,2-2,6	42-60
Полная спелость (солома)	0,65-0,75	0,38-0,42	0,95-1,0	2,4-2,9	0,40-1,3	18-27
Полная спелость (зерно)	2,2-2,4	0,85-0,95	0,55-0,60	12,5-16,7	0,60-1,4	19-27

Оптимальный состав изменяется в значительных пределах, и не всегда самому высокому урожаю соответствуют более высокий показатель содержания этих элементов. Вместе с показателями критического (оптимального) уровня питания растений отдельным элементам следует всегда учитывать содержание других элементов питания и их соотношение между собой. Еще в работах Н. Lundegardh (1951), Р. Prevot, М. Ollagnier (1956, 1964), Н. К. Болдырева (1961, 1972) было по-

казано, что одна и та же величина азота или фосфора в листьях может характеризовать разную обеспеченность растений этими элементами и различную отзывчивость растений на внесение их с удобрением в зависимости от содержания других элементов в листьях. По мнению А.В. Соколова (1950) «нельзя говорить о факторах, определяющих потребность в азотных удобрениях, не говоря об условиях фосфорного питания растений и наоборот». Это согласуется с выводами многих исследователей по растительной диагностике о том, что объективная оценка потребности в азоте и эффективности от азотного удобрения не может быть сделана без относительной оценки содержания фосфора в растениях.

В исследованиях были установлены оптимальные соотношения элементов в растениях по фазам развития (таблица 7.9).

Таблица 7.9 – Оптимальное соотношение элементов в растениях в течение вегетации (сухое вещество)

Фаза развития	Макроэлементы		Микроэлементы	
1	2		3	
Яровая пшеница				
Кущение	$N \approx 12,9 \cdot P \approx 1,3 \cdot K$	(69)	$Mn \approx 1,9 \cdot Zn \approx 22,2 \cdot Cu$	(74)
Выход в трубку	$N \approx 9,9 \cdot P \approx 1,3 \cdot K$	(70)	$Mn \approx 1,4 \cdot Zn \approx 9,7 \cdot Cu$	(75)
Колошение	$N \approx 9,7 \cdot P \approx 1,2 \cdot K$	(71)	$Mn \approx 1,3 \cdot Zn \approx 13,6 \cdot Cu$	(76)
Полная спелость (солома)	$N \approx 2,7 \cdot P \approx 1,1 \cdot K$	(72)	$Mn \approx 2,4 \cdot Zn \approx 20,7 \cdot Cu$	(77)
Полная спелость (зерно)	$N \approx 7,1 \cdot P \approx 1,5 \cdot K$	(73)	$Mn \approx 0,9 \cdot Zn \approx 8,0 \cdot Cu$	(78)
Озимая пшеница				
Всходы	$N \approx 6,5 \cdot P \approx 1,0 \cdot K$	(79)	$Mn \approx 2,8 \cdot Zn \approx 14 \cdot Cu$	(86)
Кущение осеннее	$N \approx 6,8 \cdot P \approx 0,85 \cdot K$	(80)	$Mn \approx 2,4 \cdot Zn \approx 17 \cdot Cu$	(87)
Кущение весеннее	$N = 9,2 \cdot P = 1,20 \cdot K$	(81)	$Mn \approx 1,7 \cdot Zn \approx 16 \cdot Cu$	(88)
Выход в трубку	$N \approx 9,5 \cdot P \approx 1,05 \cdot K$	(82)	$Mn \approx 3,3 \cdot Zn \approx 25 \cdot Cu$	(89)
Колошение	$N \approx 10 \cdot P \approx 1,50 \cdot K$	(83)	$Mn \approx 3,9 \cdot Zn \approx 27,5 \cdot Cu$	(90)
Полная спелость (солома)	$N \approx 1,6 \cdot P \approx 0,70 \cdot K$	(84)	$Mn \approx 8,0 \cdot Zn \approx 22,2 \cdot Cu$	(91)
Полная спелость (зерно)	$N \approx 3,7 \cdot P \approx 5,40 \cdot K$	(85)	$Mn \approx 4,2 \cdot Zn \approx 39,3 \cdot Cu$	(92)

1	2		3	
Озимая рожь				
Всходы	$N \approx 7,8 \cdot P \approx 1,20 \cdot K$	(93)	$Mn \approx 2,8 \cdot Zn \approx 18,8 \cdot Cu$	(100)
Кущение осеннее	$N \approx 7,1 \cdot P \approx 0,99 \cdot K$	(94)	$Mn \approx 4,3 \cdot Zn \approx 24,5 \cdot Cu$	(101)
Кущение весеннее	$N \approx 7,6 \cdot P \approx 1,01 \cdot K$	(95)	$Mn \approx 5,0 \cdot Zn \approx 29,5 \cdot Cu$	(102)
Выход в трубку	$N \approx 9,1 \cdot P \approx 1,03 \cdot K$	(96)	$Mn \approx 2,8 \cdot Zn \approx 15,7 \cdot Cu$	(103)
Колошение	$N \approx 7,9 \cdot P \approx 1,0 \cdot K$	(97)	$Mn \approx 2,5 \cdot Zn \approx 22,0 \cdot Cu$	(104)
Полная спелость (солома)	$N \approx 7,9 \cdot P \approx 1,0 \cdot K$	(98)	$Mn \approx 6,5 \cdot Zn \approx 18,3 \cdot Cu$	(105)
Полная спелость (зерно)	$N \approx 3,7 \cdot P \approx 0,54 \cdot K$	(99)	$Mn \approx 1,8 \cdot Zn \approx 22,9 \cdot Cu$	(106)
Озимое тритикале				
Всходы	$N \approx 5,5 \cdot P \approx 1,28 \cdot K$	(107)	$Mn \approx 7,6 \cdot Zn \approx 46,1 \cdot Cu$	(114)
Кущение осеннее	$N \approx 4,7 \cdot P \approx 0,80 \cdot K$	(108)	$Mn \approx 9,0 \cdot Zn \approx 65,0 \cdot Cu$	(115)
Кущение весеннее	$N \approx 8,2 \cdot P \approx 1,39 \cdot K$	(109)	$Mn \approx 6,0 \cdot Zn \approx 40,5 \cdot Cu$	(116)
Выход в трубку	$N \approx 5,6 \cdot P \approx 0,51 \cdot K$	(110)	$Mn \approx 5,8 \cdot Zn \approx 80,6 \cdot Cu$	(117)
Колошение	$N \approx 13,9 \cdot P \approx 0,75 \cdot K$	(111)	$Mn \approx 15,9 \cdot Zn \approx 26,8 \cdot Cu$	(118)
Полная спелость (солома)	$N \approx 1,8 \cdot P \approx 0,72 \cdot K$	(112)	$Mn \approx 8,5 \cdot Zn \approx 26,5 \cdot Cu$	(119)
Полная спелость (зерно)	$N \approx 2,6 \cdot P \approx 4,0 \cdot K$	(113)	$Mn \approx 1,6 \cdot Zn \approx 23,0 \cdot Cu$	(120)

Н.К. Болдырев (1970) предложил метод расчета доз удобрений по химическому составу растений, основанный на установлении степени нуждаемости (C_n) в элементе питания по формуле (121):

$$C_n = C_o : C_f \quad (121)$$

где C_o – содержание оптимальное элемента в растении, %,

C_f – содержание фактическое элемента в растении, %.

Зная значения C_n , можно рассчитать дозу удобрения. Если $C_n \leq 1$, то растения в данном элементе не нуждаются и расчет дозы не проводится. При значении C_n от 1,1 расчет ведется по формуле (122):

$$D = C_n \cdot M_n, \quad (122)$$

где D – доза минерального удобрения, кг д.в./га;

M_n – минимальная норма, кг д.в./га.

Степень нуждаемости уточняется по другому элементу, находящемуся в относительном избытке, или по оптимальному соотношению между элементами в растениях, согласно уравнению оптимального баланса, предложенному Н.К. Болдыревым (1961, 1972) (123):

$$\% N = a_1 \cdot \% P = a_2 \cdot \% K \quad (123)$$

Оптимальное соотношение зависит от фазы развития, элемента, органа, вида растений. При расчете норм удобрений под отдельные культуры и в различные фазы роста по химическому составу почвы, часто упускается влияние комплекса внешних условий, биологические особенности питания растений. Поэтому в процессе роста и развития растений в установленные диагностические фазы используется метод растительной диагностики для получения информации о растении и управления, коррекции в питании растений путем дополнительного внесения удобрений.

Для конкретной фазы развития фактический уровень обеспеченности элементами питания характеризует концентрацию физиологически доступных питательных веществ в почве. Оптимальный уровень и уравновешенный баланс в целом растении в период вегетации зерновых культур указывают на высокую обеспеченность их минеральным питанием (таблицы 7.8, 7.9) и при наличии других благоприятных факторов, позволяют сформировать высокий урожай хорошего качества.

Оценка уравновешенности питания проводится путем сопоставления фактически сложившегося соотношения в растениях с оптимальным. Для этого используется степень нуждаемости (C_n), который показывает, на сколько отклоняется

фактическое соотношение элемента в растении от оптимального (124):

$$C_{HN} = (N_o : N_f) \cdot (P_o : P_f); (N_o : N_f) \cdot (K_o : K_f) \text{ и т.д.} \quad (124)$$

где N_o и N_f , P_o и P_f , $K_o : K_f$ – оптимальное и фактическое содержание элемента в растении в конкретную фазу.

Эта поправка применяется при определении доз азота под культуры, которые имеют содержание в растениях фосфора или калия ниже оптимума.

На основании установленных оптимальных уровней и соотношений элементов питания в растении, минимальной их нормы (дозы, Мн) для конкретной фазы вегетации (таблица 7.10) появляется возможность управлять питанием культур в различных агрохимических ситуациях.

Таблица 7.10 – Минимальная норма потребления (Мн) элементов питания для листовой подкормки зерновых культур в ранние фазы развития
(микроэлементы – г/га)

Фаза	Пшеница яровая			Пшеница озимая			Рожь озимая			Тритикале озимое		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Кущение	9	2	20	24	3	50	35	5	170	30	4	160
Выход в трубку	20	4	40	50	7	160	60	8	220	55	7	205

Можно доводить сложившийся фактический уровень питания до оптимального, установив дозу элемента (по формуле 122) и внося её листовой подкормкой (карбамид, хелаты микроэлементов).

В 2016-2021 гг. были проведены производственные испытания разработанных нормативов для расчета доз удобрений в подкормку на лугово-чернозёмной почве и получен положительный результат (приложения 71-74).

Внедрение в производство 2. Установлено, что содержание N и P в фазу выхода в трубку в растениях яровой пшеницы ниже (соответственно 2,82 и 0,29 %), а K выше (2,72 %) оптимума. Рассчитываем степень нуждаемости C_n по формуле 121 (оптимум в фазу выхода в трубку N – 3,50, P – 0,34, K – 2,60 %):

$$C_n = C_o : C_f = 3,50 : 2,85 = 1,24,$$

Вывод: растения яровой пшеницы недостаточно обеспечены азотом ($C_n > 1$). Доза составит (формула 122):

$$D_N = C_n \cdot M_n = 1,23 \cdot 30 \text{ кг/га} = 36,9 \text{ кг/га}.$$

Но так как содержание фосфора в растениях также ниже оптимума рассчитываем поправку к дозе N-удобрений для подкормки в фазу выхода в трубку по формуле 124:

$$C_{nN} = (N_o : N_f) \cdot (P_f : P_o) = (3,50 : 2,85) \cdot (0,29 : 0,34) = 1,05.$$

Доза составит:

$$D_N = C_{nN} \cdot M_n = 1,05 \cdot 30 \text{ кг/га} = 31,5 \text{ кг/га}.$$

Поэтому доза азота составит с понижающей поправкой на недостаток фосфора 31,5 кг/га, а не 36,9 кг/га.

Использование с помощью листовой подкормки расчетной дозы N-удобрений 32 кг/га позволило получить урожайность зерна 3,55 т/га, прибавка составила 0,26 т/га.

Внедрение в производство 3. Установлено, что содержание N в фазу выхода в трубку в растениях яровой пшеницы ниже (2,22 %), P (0,38 %) и K (1,45 %) выше

оптимума. Рассчитываем степень нуждаемости C_n по формуле 121 (оптимум в фазу выхода в трубку N – 3,5, P – 0,34, K – 1,35 %):

$$C_n = C_o : C_f = 3,50 : 2,82 = 1,24,$$

Вывод: растения яровой пшеницы недостаточно обеспечены азотом ($C_n > 1$).
Доза удобрений составит:

$$D_N = C_n \cdot M_n = 1,24 \cdot 30 = 37,2 \text{ кг/га.}$$

Использование с помощью листовой подкормки расчетной дозы N-удобрений 37 кг/га позволило получить урожайность зерна 3,30 т/га, прибавка составила 0,22 т/га.

Внедрение в производство 4. Установлено, что содержание Zn в фазу кущения в растениях яровой пшеницы ниже оптимума (28 мг/кг), а Cu и Mn - оптимальное (соответственно 5,0 и 115 мг/кг). Рассчитываем степень нуждаемости C_n по формуле 121 (оптимум в фазу кущения Zn – 52, Cu – 4,5, Mn – 100):

$$C_{n_{Zn}} = C_o : C_f = 52 \text{ мг/кг} : 28 \text{ мг/кг} = 1,86.$$

Вывод: растения яровой пшеницы недостаточно обеспечены цинком ($C_n > 1$).
Рассчитываем дозу по формуле 122:

$$D_{Zn} = C_{n_{Zn}} \cdot M_n = 1,86 \cdot 9 \text{ г/га} = 16,7 \text{ г/га.}$$

Листовая подкормка расчетной дозой Zn в форме хелата 17 г/га (в растворе 250 л/га) позволила получить урожайность зерна 2,38 т/га.

Внедрение в производство 5. Установлено, что содержание Zn в фазу выхода в трубку в растениях яровой пшеницы выше оптимума (32 мг/кг), а Cu ниже (1,9 мг/кг) и Mn (48 мг/кг). Рассчитываем степень нуждаемости C_n (оптимум в фазу выхода в трубку Zn – 25, Cu – 3,6, Mn – 100 мг/кг):

$$C_{H_{Cu}} = C_o : C_{\phi} = 3,6 \text{ мг/кг} : 1,9 \text{ мг/кг} = 1,89.$$

Вывод: растения яровой пшеницы недостаточно обеспечены Cu ($C_H > 1$).
Рассчитываем дозу:

$$D_{Cu} = C_{H_{Cu}} \cdot M_n = 1,9 \cdot 4 \text{ г/га} = 7,6 \text{ г/га}.$$

Листовая подкормка расчетной дозой Cu 8 г/га в форме хелата (в растворе 250 л/га) позволила получить урожайность зерна 2,77 т/га.

Внедрение в производство б. Установлено, что содержание Zn в фазу весеннего кущения в растениях озимой пшеницы ниже (42 г/кг), а Cu и Mn выше (соответственно 10 и 230 г/кг) оптимума. Рассчитываем степень нуждаемости C_H (оптимум в фазу весеннего кущения Zn – 60, Cu – 8, Mn – 220 г/кг):

$$C_{H_{Zn}} = C_o : C_{\phi} = 60 \text{ мг/кг} : 42 \text{ мг/кг} = 1,43.$$

Вывод: озимая пшеница недостаточно обеспечена Zn ($C_H > 1$). Рассчитываем дозу:

$$D_{Zn} = C_{H_{Zn}} \cdot M_n = 1,43 \cdot 24 = 34,3 \text{ г/га}.$$

Листовая подкормка расчетной дозой Zn 34 г/га в форме хелата (в растворе 250 л/га) позволила получить урожайность зерна 3,08 т/га.

Для правильной оценки результатов анализов растений, необходимо при сопоставлении их с показателями оптимального питания учитывать рост и развитие растений, наблюдать за динамикой накопления сухого вещества целым растением или его листьями, а также принимать во внимание климатические и агротехнические условия возделывания культуры и её биологические особенности. В этом отношении листовая диагностика питания и прогнозирования величины и качества урожая большую помощь могут оказать методы биологического контроля за ростом и развитием растений. Недостаток влаги в почве сильно увеличивает содер-

жание азота в листьях злаков (Петинов Н.С., 1959; Буткевич В.В., 1959; Павлов А.Н., 1967 и др.), несколько снижает содержание фосфора, особенно если он в почве находится в недостатке по сравнению с другими элементами мало влияет на величину калия и кальция.

Содержание фосфора во влажное лето или при повышенной влажности почвы от нормальной до высокой было довольно постоянным (Lundegardh Н., 1951) или несколько увеличивается (Буткевич В.В., 1959), тогда как содержание калия остается постоянным или несколько уменьшается. Содержание азота обычно уменьшается. Н. Lundegardh (1951) пришел к выводу, что влияние засухи следует учитывать только для азота листьев: колебания содержания Р, К и Са в листьях в зависимости от климатических условий бывают сравнительно небольшими, и поэтому ошибка, связанная с этими колебаниями, не превышает ошибку листового анализа, равную 15 % от аналитической величины.

В полевых условиях слабый рост растений может наблюдаться не только из-за недостатка одного или нескольких элементов питания, но и от действия других неблагоприятных факторов (недостаток влаги, болезни, вредители и др.). Поэтому, если невысокая продуктивность культуры наблюдается при наличии оптимальных или близких к ним показателей химического состава растений, то последнее свидетельствует о том, что другие факторы, а не питание, ограничивают рост. Так, Диас (1955), исследуя пшеницу, установил, что повышение содержания азота в листе, начиная с 1,7 % до 4,0 % на каждый процент и при наличии всех других благоприятных условий для роста, сопровождается прибавкой урожая пшеницы в 1,75 т/га. Получение меньшего урожая, чем предусматривается, говорит о наличии других неблагоприятных условий для роста, которые следует устранить, для того чтобы наиболее полно проявилось действие азота. В данном случае растительный анализ на содержание азота и других элементов позволяет отделить влияние питания от действия других неблагоприятных факторов (цитата по Н.К. Болдыреву, 1972). Таким образом, основная задача в области использования растительной диагностики питания состоит в том, чтобы установить критические уровни, или стандарты химического состава растений, характеризующие оп-

тимальные условия питания культуры с количественной и качественной соотношения между элементами) стороны, применительно к определенной фазе её роста и развития и, возможно, к определенной почвенно-климатической зоне.

Проводя анализ растений по каждой культуре, можно оперативно определять основную недостаточность растений в том или ином элементе и обоснованно рекомендовать применение минерального удобрения для послепосевого внесения.

Показатели оптимального уровня питания и оптимального соотношения между элементами выражаются различными графическими построениями: вписанные в окружность треугольники и многоугольники, круги питания и баланса элементов в листьях, система треугольных диаграмм и т.п. (Prevot P., Ollagnier M.,

Химический состав растений – хороший показатель потребности их в удобрениях, но если не учитывать взаимодействия ионов, то он может дать неверную информацию.

Одни и те же ионы могут положительно или отрицательно действовать на поглощение других. При этом направленность действия может изменяться в зависимости от условий. Явление антагонизма и синергизма в поглощении макро- и микроэлементов может определяться реакцией среды, уровнем содержания в среде и в растении других элементов минерального питания, их соотношениями, видом растений, температурой внешней среды и другими факторами. Данные особенности поведения ионов нужно изучать и учитывать при диагностике агрохимических ситуаций (Schropp W., 1949; Jerald D.W. Rickels, John C.L., 1966; Бобренко И.А., 2004).

Например, на фоне $N_{30}P_{60}$ полевого опыта 2011-2012 гг. (таблица 7.11) наблюдался значительный недостаток подвижного Zn в почве (0,54 мг/кг при оптимуме 2,0), в результате - концентрация Zn в растениях без внесения Zn-удобрений было ниже оптимального во все фазы развития.

Таблица 7.11 – Содержание микроэлементов в растениях озимой пшеницы в зависимости от расчетных доз Zn-удобрений в допосевное внесение, мг/кг сухого вещества (среднее 2011-2012 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Выход в трубку			Полная спелость					
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	солома			зерно		
							Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ - фон	22,2	5,50	74,0	11,9	2,04	38,3	3,86	1,40	41,0	11,0	0,38	43,0
Zn _{3,4} (ОУ)	25,4	5,06	65,0	14,8	2,20	49,1	5,90	1,92	46,3	14,1	1,73	61,3
Zn _{6,6} (ОУ)	27,6	4,88	76,0	15,4	2,08	47,9	11,0	1,83	40,0	13,8	1,47	63,1
Zn _{11,3} (ПО)	39,8	3,01	95,0	18,0	1,64	38,3	17,3	0,68	49,8	16,2	0,58	71,1

При внесении повышающихся доз Zn-удобрений наблюдался различный характер питания растений с точки зрения сбалансированности микроэлементами (рисунок 7.3).

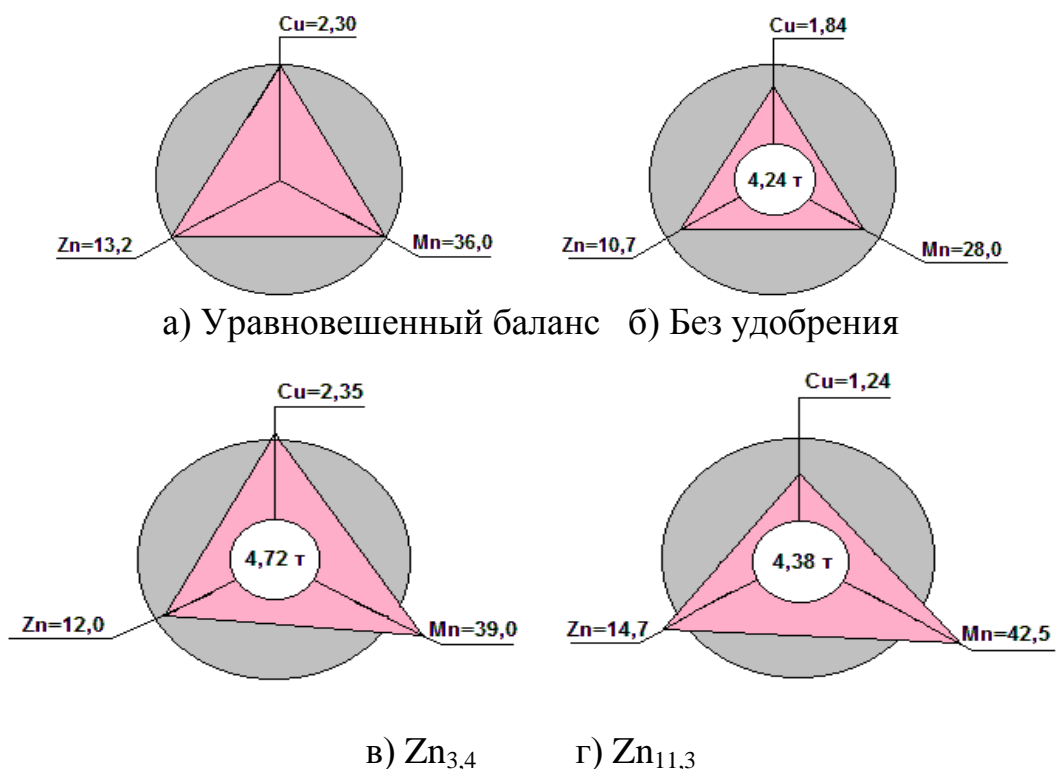


Рисунок 7.3 – Триангулярные диаграммы зависимости между содержанием микроэлементов в растениях озимой ржи в фазу выхода в трубку и урожайностью (фон N₃₀P₆₀)

При этом концентрация Cu и Mn - в пределах оптимума в растениях в фазы всходов, выхода в трубку и в соломе в уборку, в зерне же она было ниже оптимального уровня (таблица 7.12).

Таблица 7.12 – Схема действия расчетных доз Zn-удобрений в допосевное внесение на содержание микроэлементов в растениях озимой пшеницы

Доза удобрения	Всходы			Выход в трубку			Полная спелость					
							солома			зерно		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ - фон	↓	→	→	↓	→	→	↓	→	→	↓	↓	↓
Zn _{3,4}	→	→	→	→	→	→	→	→	↑	→	→	→
Zn _{6,6}	→	→	→	→	→	→	↑	→	→	→	→	→
Zn _{11,3}	↑	↓	↑	↑	↓	↓	↑	↓	↑	↑	↓	↑
* уровень : ↑ – выше оптимального, ↓ – ниже оптимального, → – оптимальный.												

Недостаток в цинковом питании привел к дисбалансу элементов и недостаточному усвоению Cu и Mn к периоду уборки.

При внесении расчетных доз Zn 3,4 кг/га и 6,6 кг/га (на основе оптимальных уровней) содержание микроэлементов было в пределах оптимума во все фазы развития, что позволило сформировать максимальную урожайность – соответственно 3,21 и 3,10 (на фоне – 2,61 т/га).

При применении расчетной дозы на основе полевого опыта Zn_{11,3} наблюдалось значительное повышение содержания Zn в растениях, уменьшение содержания Cu и разнонаправленное изменение концентрации Mn. В результате в данном варианте наблюдались несбалансированные условия микроэлементного питания и наименьшая урожайность (2,57 т/га).

Таким образом, в теоретическом и практическом аспекте большой интерес представляет определение параметров поступления элементов в растения и накопление в растениеводческой продукции под действием минеральных удобрений. Поступление ионов в корни зависит не только от наличия их в почвенном раство-

ре, но и от соотношения между ними. Одни условия среды усиливают, другие, наоборот, ослабляют питание растений некоторыми ионами (Бобренко И.А., 2004).

На значимость соотношений между ионами в питательном растворе для процесса поглощения питательных веществ указывали многие ученые. Еще Loeb (1902) настаивал на важности отношения между кальцием и магнием. Устанавливается отношение между кальцием и калием, между азотом и фосфором, кальцием и фосфором, кальцием и азотом, кальцием и водородом, стронцием и натрием, медью и алюминием, калием и радием и т.д. На основании своих наблюдений Maze P. (1912) устанавливает закон физиологических отношений, который, по мнению Е.В. Бобко (1963), должен был прийти на смену закону минимума. В настоящее время в агрохимии используются оба этих закона. В современной практике учет соотношений между элементами, как и учет минимума, являются необходимым условием успешного применения удобрений.

Понятие физиологически уравновешенного раствора тесно связано реакциями взаимодействия между элементами при поступлении в растения, сбалансированность химического состава которых – основное условие их нормального развития. Взаимодействие химических элементов может быть антагонистическим или синергетическим, и его несбалансированные реакции могут служить причиной химических стрессов растений (Кабата-Пендиас А., Х. Пендиас Х., 1989).

Когда в растворе присутствует несколько питательных элементов, скорость поглощения одного иона может зависеть от поглощения другого в результате непосредственной конкуренции за общие участки поглощения или воздействия второго иона на какие-то другие процессы в растении.

Установленные соотношения между содержанием элементов, а также их абсолютные значения позволяют более точно интерпретировать результаты почвенного анализа, и делать заключение о возможной отзывчивости растений на применение удобрений.

Следует особо подчеркнуть тот факт, что установление зависимости между химическим составом почвы и урожаем, между химическим составом растений и урожаем, позволяет отчетливо показать преимущество и более высокую точность

растительного анализа, нежели анализа почвы, при диагностике условий питания и эффективности применяемых удобрений.

Метод растительной диагностики минерального питания и качества зерна допускает широкие теоретические обобщения по вопросам применения и действия удобрений на урожай и качество продукции, что поднимает эмпирическое экспериментирование до уровня научного прогноза.

7.3 Управление питанием зерновых культур на основе показателей агрономической эффективности

Агрономическая эффективность удобрения – окупаемость единицы удобрений полученным дополнительным урожаем культуры в конкретных агроклиматических условиях. Данный показатель непосредственно можно использовать для установления доз удобрений.

Зерновые культуры хорошо реагируют на Zn-удобрения при допосевном применении. Об этом свидетельствуют высокая зависимость урожайности зерна (Y, т/га) от доз Zn-удобрений, внесенных в почву (X, кг/га) на оптимальном азотно-фосфорном фоне (уравнения 125-128):

$$\text{яровая пшеница: } Y = 2,81 + 0,038X; \quad r = 0,82; \quad (125)$$

$$\text{озимая пшеница: } Y = 3,20 + 0,038X; \quad r = 0,92; \quad (126)$$

$$\text{озимая рожь: } Y = 4,70 + 0,125X; \quad r = 0,85; \quad (127)$$

$$\text{озимое тритикале: } Y = 2,30 + 0,040X. \quad r = 0,84 \quad (128)$$

Из уравнений (125-128) следует, что коэффициент интенсивности действия (Кд) единицы поступившего Zn в почву (кг д.в./га) на формирование величины урожая зерна яровой пшеницы на оптимальном азотно-фосфорно-калийном фоне составляет 0,038 т/га; озимой пшеницы – 0,038 т/га; озимой ржи – 0,125 т/га, озимого тритикале 0,040 т/га.

Недостатком многих экспериментов по удобрению культурных растений является отсутствие параметров взаимосвязи между концентрацией элементов пи-

тания в почве, урожайностью и оптимальной дозой удобрения. Такое положение не позволяет переносить данные полевых опытов с удобрениями на такую же почву в той же зоне, но при другом уровне содержания питательных веществ в почве, т.к. дозы удобрений, прежде всего, являются функцией плодородия. Подтверждением этого служат результаты данных исследований по удобрению зерновых культур. В полевых опытах была рассмотрена эффективность различных доз фосфорных и Zn-удобрений (разделы 3.1 и 4.1, таблица 7.13).

Они определены для почв с очень высоким содержанием в слое 0-30 см нитратного азота; средним и повышенным содержанием подвижного фосфора; очень высоким – подвижного калия. Величина лучшей дозы цинка зависит от обеспеченности почвы основными элементами питания в почве.

Полученный норматив эффективности удобрений позволяет в конкретных условиях на лугово-черноземной почве проводить планирование прибавок урожая зерна. Так, зная, что для получения 1 т/га зерна озимого тритикала на оптимальном азотно-фосфорно-калийном фоне требуется 20 кг Zn ($1 \text{ т/га} : 0,040 \text{ т/га} = 25$), рассчитать прибавки урожая зерна можно по формуле (129):

$$П = Д : Аэ, \quad (129)$$

где П – плановая прибавка урожайности зерна, т/га;

Д – доза Zn, кг д.в./га;

Аэ – агрономическая эффективность (окупаемость 1 кг удобрений для получения 1 тонны зерна), кг д.в./га.

Для озимого тритикала данная формула будет иметь вид:

$$П = Д : 20,$$

Таблица 7.13 – Эффективные дозы удобрений под зерновые культуры на лугово-черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири

Содержание в почве			Фосфор			Цинк		
			доза удобрения, кг д.в./га	окупаемость удобрения зерном, кг/кг	Аэ	доза удобрения, кг д.в./га	окупаемость удобрения зерном, кг/кг	Аэ
азот	фосфор	калий						
яровая пшеница								
очень высокое	среднее	очень высокое	60	6,5	0,0065	8	14,7	0,068
очень высокое	повышенное	очень высокое	н	-	-	8	26,3	0,038
озимая пшеница								
очень высокое	среднее	очень высокое	60	9,8	0,010	4	6,7	0,152
очень высокое	повышенное	очень высокое	н	-	-	8	26,3	0,038
озимая рожь								
очень высокое	среднее	очень высокое	60	5,2	0,0052	8	18,9	0,053
очень высокое	среднее	очень высокое	н	-	-	4	5,85	0,125
озимое тритикале								
очень высокое	среднее	очень высокое	60	11,7	0,017	8	19,6	0,051
очень высокое	повышенное	очень высокое	н	-	-	8	25,0	0,040

* н – не требуется вносить

Соответственно для получения 1 т/га зерна озимой ржи требуется 8 кг (1 т/га:0,125 т/га = 8) действующего вещества Zn, яровой и озимой пшеницы – 26 кг.

Знание плановой прибавки урожая (П, т/га) и показателя агрономической эффективности Zn (Кд) позволяет установить дозы внесения Zn (кг/га) под зерновые культуры по формуле (129):

$$Д = П : Аэ,$$

Пример 1. При плановой прибавке урожайности зерна озимой пшеницы 0,4 т/га доза фосфора составит:

$$Д = 0,4 : 0,01 = 40 \text{ кг/га.}$$

Пример 2. При плановой прибавке урожайности зерна озимой ржи 0,4, т/га доза Zn составит:

$$Д = 0,4 : 0,125 = 3,2 \text{ кг/га.}$$

Согласно нашим исследованиям, максимальная прибавка при внесении Zn-удобрений не превышает на оптимальном макроэлементном фоне: у яровой пшеницы – 0,3 т/га, озимой – 0,5, озимой ржи – 0,4, тритикале – 0,3. При недостатке доступного азота и фосфора в почве соответственно 0,5; 0,6; 0,4; 0,7

Данный способ определения дозы удобрений на плановую прибавку урожая позволяет окупаемость удобрений урожаем увязывать с агрохимической характеристикой почвы, возделываемой культурой, экспериментальными данными, оценивать эффективность удобрений. Сравнивая прибавку урожая в производственных условиях от определенной дозы с прогнозируемой, можно оценить результативность приема.

Наиболее эффективные дозы под конкретные зерновые культуры менялись в зависимости от почвенных и погодных условий. Среднегодовая лучшая доза не отражает этих изменений и поэтому часто не наиболее эффективна.

В производстве, имея в распоряжении данные агрохимического мониторинга, можно определить дозу удобрения. Ее величина ($Д$) являются функцией содержания доступных элементов питания в почве: $Д = f(C_{П})$ (рисунок 7.4).

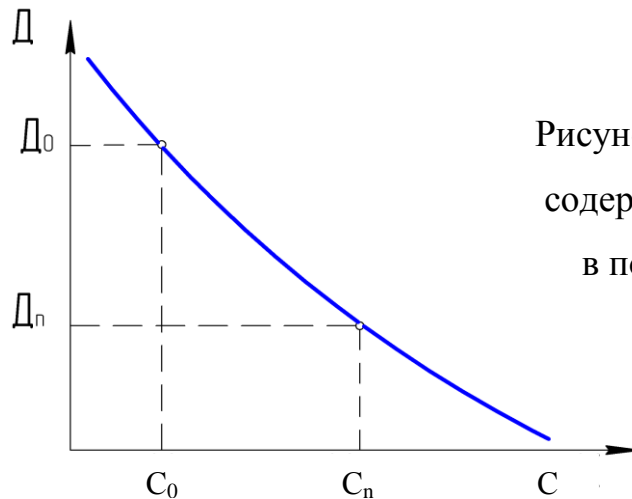


Рисунок 7.4 – Зависимость между содержанием элементов питания в почве и дозами удобрений

Зависимость между дозой удобрений и элементами питания в почве обратно пропорциональная: чем выше величина содержания доступного элемента в почве, тем ниже доза соответствующего удобрений, что выражается равенством 130:

$$D \cdot C_x = D_0 \cdot C_0, \quad (130)$$

где D – определяемая доза удобрений, кг д.в./га,

D_0 – оптимальная доза в опыте, кг д.в./га;

C_0 – содержание подвижных форм элементов в почве перед посевом в опыте, в котором определена оптимальная доза, мг/кг;

C_x – содержание подвижных форм элементов перед посевом в почве удобряемого поля, мг/кг.

Исходя из вышеизложенного С.Н. Иванов (1962, 1964, 1977) предложил формулу расчета доз на основе полевого опыта (131):

$$D = D_0 \cdot C_0 : C_x. \quad (131)$$

Например, фактически при возделывании озимой пшеницы наилучшей была доза Zn 8 кг на оптимальном азотно-фосфорном фоне. При содержании Zn 0,54

мг/кг в пахотном слое почвы перед посевом озимой пшеницы, расчетная доза Zn-удобрений (кг/га) может определяться по формуле 132:

$$D = 8 \cdot 0,54 : C_{Zn} \text{ или } D = 4,3 : C_{Zn} \text{ мг/кг.} \quad (132)$$

При содержании Zn в почве перед посевом 0,58 мг/кг, доза Zn-удобрений (кг/га) под озимую рожь рассчитывается по формуле 133:

$$D = 4 \cdot 0,58 : C_{Zn} \text{ или } D = 2,3 : C_{Zn} \text{ мг/кг.} \quad (133)$$

7.4 Нормативные показатели потребности растений в элементах минерального питания и расчет доз удобрений на их основе

Зерновые культуры за вегетацию потребляют различное количество элементов питания. Это количество зависит от многих факторов: биологических особенностей культуры, почвенных и метеорологических условий, содержания доступных элементов питания в почве, агротехники и др. Для разработки агрохимических параметров определения потребности растений в удобрениях, в том числе определяются: вынос элементов питания урожаем, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений, азот текущей нитрификации.

По отношению к элементам почвенного питания вегетационный цикл зерновых культур условно делят на три периода, существенно различающихся по потребности растений в элементах (Горынин Л.В., 1979; Ковырялов Ю.П., 1986; Губанов А.Я., Иванов Н.Н., 1988; Полевые культуры ..., 2002):

1. прорастание семян - образование ассимиляционной поверхности;
2. вегетативный период - до цветения;
3. репродуктивный - цветение - созревание.

В наличии два критических периода в жизнедеятельности культур по отношению к элементам минерального питания. Первый из них – от всходов до выхода в трубку. В этот период растения особенно чувствительны к концентрации почвенного раствора и содержанию в нем элементов; недостаток или значитель-

ный избыток, какого-либо элемента существенно влияет на рост и развитие растений.

В процессе развития растение поглощает элементы, как из почвы, так и из удобрений. Для установления интенсивности поглощения элементов минерального питания мы произвели расчет коэффициентов использования элементов из естественных запасов почвы и удобрений. Полученные данные говорят об изменении этих показателей в зависимости от уровня урожая, запасов подвижных форм основных питательных веществ, количества удобрений и т.д. (Кук Д.У., 1975; Михайлов Н.Н., Книпер В.П., 1971; Державин Л.М., Литвак Ш.И., Седова Е.В., 1988).

В связи с этим очень важным является более точное определение коэффициента использования питательных веществ из удобрений. Внесенные в почву минеральные удобрения далеко не в полной мере усваиваются растениями. Повышение коэффициента использования элементов питания из удобрений является одной из важнейших задач агрономии. Этот параметр широко применяется при расчете доз удобрений под планируемый урожай, разработке системы применения удобрений и определении баланса элементов (Афендулов К.П., Лантухова Л.И., 1973; Болдышева Е.П., 2013; Воронин А.Н., Котьяк П.А., 2018; Н.В. Гоман и др., 2021 и др.).

В течение вегетации растение поглощает подвижные формы макро- и микроэлементов из почвы. При этом микроудобрения способствуют лучшему использованию макроэлементов. Так, было установлено значительное повышение коэффициентов использования макроудобрений за ротацию севооборота от микроудобрений на светло-серых лесных почвах Татарстана. На фоне NPK коэффициенты использования азота достигали 36...43 %, фосфора 16...17 %, калия 27...44 %. В вариантах с применением В, Мо, Сu, Zn, Mn, Со коэффициенты использования N достигали 61-64 %, P – 22-29 %, К – 51-56 %. Между тем коэффициенты использования микроудобрений за ротацию севооборота, были невысокими: Сu – 0,5-1,5 %, Zn и Mn – 2,0-5,5 % (Гайсин И.А., Пахомова В.М., 2014).

Для установления интенсивности поглощения элементов минерального питания произведен расчет коэффициентов использования элементов из естественных запасов почвы. Полученные данные говорят об изменении этих показателей в зависимости от уровня урожая, запасов подвижных форм основных питательных веществ, количества удобрений.

Для определения уровня усвоения питательных веществ произведен расчет коэффициентов использования элементов из почвы и удобрений, которые свидетельствуют об изменении этих показателей в зависимости от урожайности, запасов доступных элементов питания, используемых удобрений и т.д.

Применение микроудобрений положительно повлияло на коэффициенты использования элементов из естественных запасов почвы. Проведение предпосевной обработки семян привело к увеличению P_2O_5 на 13 %, K_2O на 17 %. Некорневая подкормка в фазу кущения и выхода в трубку повысила коэффициенты на 37 и 33 % соответственно (таблица 7.14).

Таблица 7.14 – Коэффициенты использования элементов питания из почвы пшеницей яровой при применении хелатных микроудобрений (Zn, Cu) при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Азот	Фосфор	Калий
1	2	3	4
Контроль	0,87	0,08	0,06
Предпосевная обработка семян, г/100 кг семян			
Zn ₁₀ Cu ₁₀	0,87	0,08	0,06
Zn ₂₀ Cu ₁₀	0,89	0,08	0,06
Zn ₃₀ Cu ₁₀	0,90	0,10	0,07
Zn ₁₀ Cu ₂₀	0,90	0,10	0,07
Zn ₁₀ Cu ₃₀	0,89	0,09	0,06
Zn ₂₀ Cu ₂₀	0,91	0,10	0,07

1	2	3	4
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га			
Zn ₁₀ Cu ₁₀	0,89	0,09	0,07
Zn ₂₀ Cu ₁₀	0,89	0,10	0,07
Zn ₃₀ Cu ₁₀	0,91	0,12	0,09
Zn ₁₀ Cu ₂₀	0,92	0,10	0,08
Zn ₁₀ Cu ₃₀	0,91	0,10	0,07
Zn ₂₀ Cu ₂₀	0,92	0,13	0,10
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га			
Zn ₁₀ Cu ₁₀	0,88	0,10	0,07
Zn ₂₀ Cu ₁₀	0,88	0,10	0,06
Zn ₃₀ Cu ₁₀	0,88	0,10	0,06
Zn ₁₀ Cu ₂₀	0,90	0,12	0,08
Zn ₁₀ Cu ₃₀	0,91	0,11	0,08
Zn ₂₀ Cu ₂₀	0,92	0,13	0,10

В контроле коэффициенты использования азота достигали 0,87, фосфора – 0,08, калия – 0,06.

Полученные данные свидетельствуют об изменении этих показателей в зависимости от уровня урожая, его структуры (приложения 59, 61-64), приложения количества удобрений и их сочетаний (таблица 7.15).

В исследованиях определены нормативы потребления элементов для создания 1 т зерна без учета побочной продукции (соломы) и с ее учетом. Первый показатель необходимо использовать при расчете баланса элементов питания в севообороте при заделке соломы в почву при уборке зерна, второй – при установлении доз удобрения на плановую урожайность или прибавку.

Таблица 7.15 – Нормативные агрохимические показатели минерального питания зерновых культур

Показатель	Пшеница яровая	Пшеница озимая	Рожь озимая	Тритикале озимое
1	2	3	4	5
Азот				
КИП, %	87	68	69	57,1
КИУ, %	57	25	26	29
Потребление для создания 1 т зерна, кг	25	28	23	23,9
Потребление для создания 1 т зерна с учетом соломы, кг	35	35	33	41
Нт, кг/га	54	90	105	90,9
Фосфор				
КИП, %	8	18	21	19
КИУ, %	13	16	7	27
Потребление для создания 1 т зерна, кг	9	10	6	11,5
Потребление для создания 1 т зерна с учетом соломы, кг	20	19	13	18,6
Калий				
КИП, %	6	10	16	16
Потребление для создания 1 т зерна, кг	6	8	5	7,3
Потребление для создания 1 т зерна с учетом соломы, кг	24	20	20	29
Цинк				
КИП, %	7	3,0	4,2	3,9
КИУ, %	2	3,8	5,0	3,0
Потребление для создания 1 т зерна, г	30	16	14	17
Потребление для создания 1 т зерна с учетом соломы, г	50	24	20	20
Медь				
КИП, %	3,5	2,5	2,5	3,9
Потребление для создания 1 т зерна, г	2,2	1,2	1,0	0,8

окончание таблицы 7.15

1	2	3	4	5
Потребление для создания 1 т зерна с учетом соломы, г	4,0	3,3	2,5	3,0
Марганец				
КИП, %	0,12	0,15	0,17	0,14
Потребление для создания 1 т зерна, г	37,1	57	36	32,7
Потребление для создания 1 т зерна с учетом соломы, г	71	100	78	77

Определенные в исследованиях агрохимические параметры можно использовать для установления доз минеральных удобрений под зерновые культуры расчётными методами.

Расчет доз удобрений на плановую урожайность (ПУ) возможен по формуле (134):

$$D = (ПУ \cdot Н - З \cdot Кип) : Киу, \quad (134)$$

где З – запас элемента питания в слое почвы 0-20 см, кг/га;

Кип – коэффициент использования элементов питания из почвы;

Киу – коэффициент использования элемента питания из удобрений.

При определении дозы N-удобрений используется формула (135):

$$D = (ПУ \cdot Н - (З + N_T) \cdot Кип) : Киу, \quad (135)$$

где N_T – азот текущей нитрификации, кг/га.

На плановую прибавку урожайности расчет рекомендуется по формуле 136 ВНИИУА (Афендулов К.П., Лантухова Н.И., 1973):

$$D = Н \cdot П : Киу, \quad (136)$$

где D – доза удобрений, кг д.в./га;

Н – норма потребления 1 т зерна с учетом побочной продукции, кг;

Киу – коэффициент использования элемента питания из удобрений.

Для апробации расчетных методов определения доз удобрений нами в 2011-2012 гг. были проведены исследования по применению Zn-удобрений при возделывании озимых пшеницы и ржи на фоне достаточной обеспеченности растений ($N_{30}P_{60}$) основными элементами питания (таблица 7.16).

Таблица 7.16 – Влияние расчетных доз Zn-удобрений в допосевное внесение на урожайность зерновых культур (2011-2012 гг.)

Доза удобрения	Урожайность зерна, т/га			± к контролю	
	2011 г.	2012 г.	средняя	т/га	% к фону
Озимая пшеница					
$N_{30}P_{60}$ (фон)	2,85	2,38	2,61	-	-
$Zn_{3,4}$ (ОУ)	3,81	2,60	3,21	0,60	22,3
$Zn_{6,6}$ (ОУ)	3,61	2,60	3,10	0,49	18,7
$Zn_{11,3}$ (ПО)	3,62	2,57	2,57	0,40	15,3
$НСР_{05}$	0,24	0,20			
Озимая рожь					
$N_{30}P_{60}$ (фон)	4,27	4,20	4,24	-	-
$Zn_{3,4}$	4,97	4,47	4,72	0,48	11,5
$Zn_{6,6}$	4,65	4,48	4,57	0,33	7,78
$Zn_{11,3}$	4,44	4,32	4,38	0,14	3,30
$НСР_{05}$	0,36	0,31			

Метод определения доз удобрений на основе оптимальных уровней (ОУ) содержания элементов питания в почве основан на применении формулы 1, при этом коэффициент интенсивности действия единицы внесенного минерального

удобрения (1 кг д.в./га) на химический состав почвы (мг/кг) Кд для Zn равен 0,16. При этом изучались два предполагаемых уровня оптимального питания (содержание подвижного Zn 1,0 и 1,5 мг/кг почвы, дозы Zn 3,4 и 6,6 кг д.в./га соответственно). Дозу на основе полевого опыта рассчитывали по формуле 2.

Расчетные дозы удобрений положительно повлияли на продуктивность озимой пшеницы, прибавки урожая зерна во всех вариантах получены достоверные. Наилучшим методом из изучаемых оказался расчет доз удобрений на основе оптимальных уровней.

Определенные таким образом дозы Zn 3,4 и 3,6 кг д.в./га имели преимущество перед дозой Zn 11,3 кг д.в./га, полученной расчетом на основе полевых опытов. Увеличение урожайности составило 0,60, 0,49 и 0,40 т/га соответственно при урожайности на фоне $N_{30}P_{60}$ – 2,61 т/га.

При возделывании озимой ржи также наилучшим был расчёт доз удобрений на основе оптимальных уровней. Доза $Zn_{11,3}$ кг д.в./га, полученная расчётом на основе полевых опытов значительно, уступала по эффективности дозам $Zn_{6,6}$ и $Zn_{3,4}$. С увеличением доз Zn наблюдалось снижение урожайности, которая в среднем составила: 4,72 т/га ($Zn_{3,4}$), 4,57 т/га ($Zn_{6,6}$), 4,38 т/га ($Zn_{11,3}$).

Таким образом, на основе данных полевых опытов и статистического анализа представляется возможным диагностировать потребность растений зерновых культур в удобрениях для получения плановых урожаев и прибавок на черноземных почвах.

В наших исследованиях, результаты которых отражены в главах 3-6 разработаны схемы питания зерновых культур в условиях юга Западной Сибири (7.6-7.9). При этом для управления питанием внесением удобрений до посева используются нормативы почвенной диагностики и апробированные формулы для расчета доз в основное внесение; для оптимизации питания в течении вегетации при необходимости используются нормативные параметры растительной диагностики и формулы расчета доз удобрений для подкормки.

Используя нормативные агрохимические параметры, был произведен расчет доз удобрений в лесостепной зоне Омской области (производственные испытания

7-9).

Внедрение в производство 7. При возделывании яровой пшеницы Памяти Азиева расчет дозы Zn-удобрений проводился по формуле 129 на плановую прибавку 0,3 т/га:

$$Д = П : Аэ = 0,3 \text{ т/га} : 0,038 = 7,9 \text{ кг/га.}$$

Применение Zn_{7,9} обеспечило получение прибавки урожайности зерна 0,26 т/га, от плановой 87 % (приложение 75).

Внедрение в производство 8. При возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве расчет дозы проводился на плановую прибавку 0,6 т/га. В почве перед посевом содержание N-NO₃ – 8,3, P₂O₅ – 151, K₂O – 314 мг/кг. Оптимальное содержание (схема на рисунке 7.5): N-NO₃ – 20, P₂O₅ – 140, K₂O – 210 мг/кг.

N находится в первом минимуме, содержание фосфора и калия выше оптимального. По формуле 3 рассчитываем дозу удобрения:

$$Д = Н \cdot П : Киу = 35 \text{ кг/т} \cdot 0,6 \text{ т/га} : 0,25 = 84,0 \text{ кг/га.}$$

Применение N₈₄ обеспечило получение урожайности яровой пшеницы 3,05 т/га, что на 0,62 т/га больше, чем без применения удобрений (приложение 71).



До посева		Посев		Кущение			Выход в трубку				Полная зрелость		
Основное внесение				Подкормка в течении вегетации									
$D = (PU \cdot H \cdot Z \cdot K_{ип}) : K_{иу}$, $D = P : Aз$ $D = H \cdot P : K_{иу}$, $D = (Co - Cф) : Kд$						$D = Cн \cdot Mn$, $Cн = Co : Cф$, $C_{нн} = (Nо : Nф) \cdot (Pо : Pф)$; $(Nо : Nф) \cdot (Kо : Kф)$							
Оптимумы в черноземной почве, мг/кг (Со)						Оптимальное содержание в растениях (макро - %, микро - мг/кг) (Со)							
N_{NO_2}	P_2O_5	K_2O	Zn	Cu	Mn	N	P	K	Zn	Cu	Mn		
20	140	210	1,5	0,2	20	4,4	0,40	3,7	52	4,5	100	4,0 0,38 2,9 25 3,6 30-40	
КИП, %						Оптимальное соотношение							
87	8	6	7	3,5	0,12	$N \approx 11,3 \cdot P \approx 1,3 \cdot K$		$Mn \approx 1,9 \cdot Zn \approx 22,2 \cdot Cu$		$N \approx 10,5 \cdot P \approx 1,4 \cdot K$		$Mn \approx 1,4 \cdot Zn \approx 9,7 \cdot Cu$	
КИУ, %						Минимальная норма (Mn)							
57	13	-	2	-	-	N	Zn	Cu	Mn	N	Zn	Cu	Mn
Норма потребления (H), кг/т						10	9	2	20	30	20	4	40
Nт - 54, кг/га													



Рисунок 7.5 – Схема системы управления питанием яровой пшеницы



До посева		Посев		Кущение весеннее		Выход в трубку		Полная спелость			
Основное внесение				Подкормка в течении вегетации							
$D = (PU \cdot N \cdot Z \cdot K_{ип}) : K_{иу}, D = P : Aэ$ $D = N \cdot P : K_{иу}, D = (Co - Cф) : Kд$				$D = Cn - Mn, Cn = Co : Cф,$ $C_{нн} = (Nо : Nф) \cdot (Pо : Pф); (Nо : Nф) \cdot (Kо : Kф)$							
Оптимумы в черноземной почве, мг/кг (Co)				Оптимальное содержание в растениях (макро - %, микро - мг/кг) (Co)							
N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Cu	Mn	N	P	K	Zn	Cu	Mn
20	140	210	1,5	0,2	20	4,0	0,63	4,1	25	5	70
КИП, %				Оптимальное соотношение							
68	18	10	4,2	2,5	0,15	N ≈ 9,2 · P ≈ 1,20 · K		Mn ≈ 1,7 · Zn ≈ 16 · Cu		N ≈ 9,5 · P ≈ 1,05 · K	
КИУ, %				Минимальная норма (Mn)							
25	16	-	4	-	-	N	Zn	Cu	Mn	N	Zn
Норма потребления (Н), кг/т											
35	19	20	24	3,3		20	24	3	50	30	50
Nт - 90, кг/га											

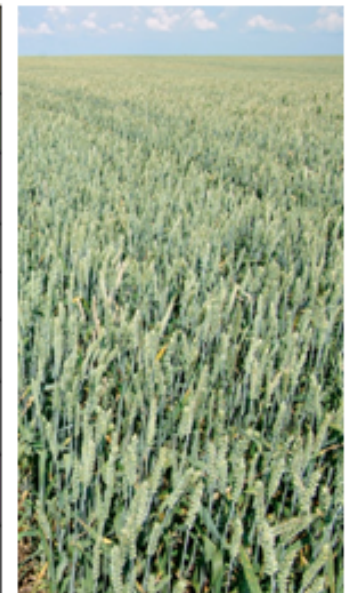


Рисунок 7.6 – Схема системы управления питанием озимой пшеницы



До посева		Посев		Кущение весеннее		Выход в трубку				Полная спелость	
Основное внесение				Подкормка в течении вегетации							
$D = (PU \cdot H - Z \cdot Kип) : Kиу$, $D = P : Aз$ $D = H \cdot P : Kиу$, $D = (Co - Cф) : Kд$						$D = Cн - Mн$, $Cн = Co : Cф$, $Cн = (No : Nф) \cdot (Po : Pф)$; $(No : Nф) \cdot (Ko : Kф)$					
Оптимумы в черноземной почве, мг/кг (Co)						Оптимальное содержание в растениях (макро - %, микро - мг/кг) (Co)					
N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	Zn	Cu	Mn	N	P	K	Zn	Cu	Mn
20	140	210	1,5	0,2	20	4,9	0,63	4	17	2,5	47
КИП, %						Оптимальное соотношение					
69	21	16	4,2	2,5	0,14	N ≈ 7,6 · P ≈ 1,01 · K		Mn ≈ 5,0 · Zn ≈ 29,5 · Cu		N ≈ 9,1 · P ≈ 1,03 · K	
КИУ, %						Минимальная норма (Mн)					
26	7	-	5	-	-	N	Zn	Cu	Mn	N	Zn
Норма потребления (H), кг/т						20	35	5	170	30	60
33	20	20	20	2,5	77	8	220				
Nт - 105, кг/га											



Рисунок 7.7 – Схема системы управления питанием озимой ржи

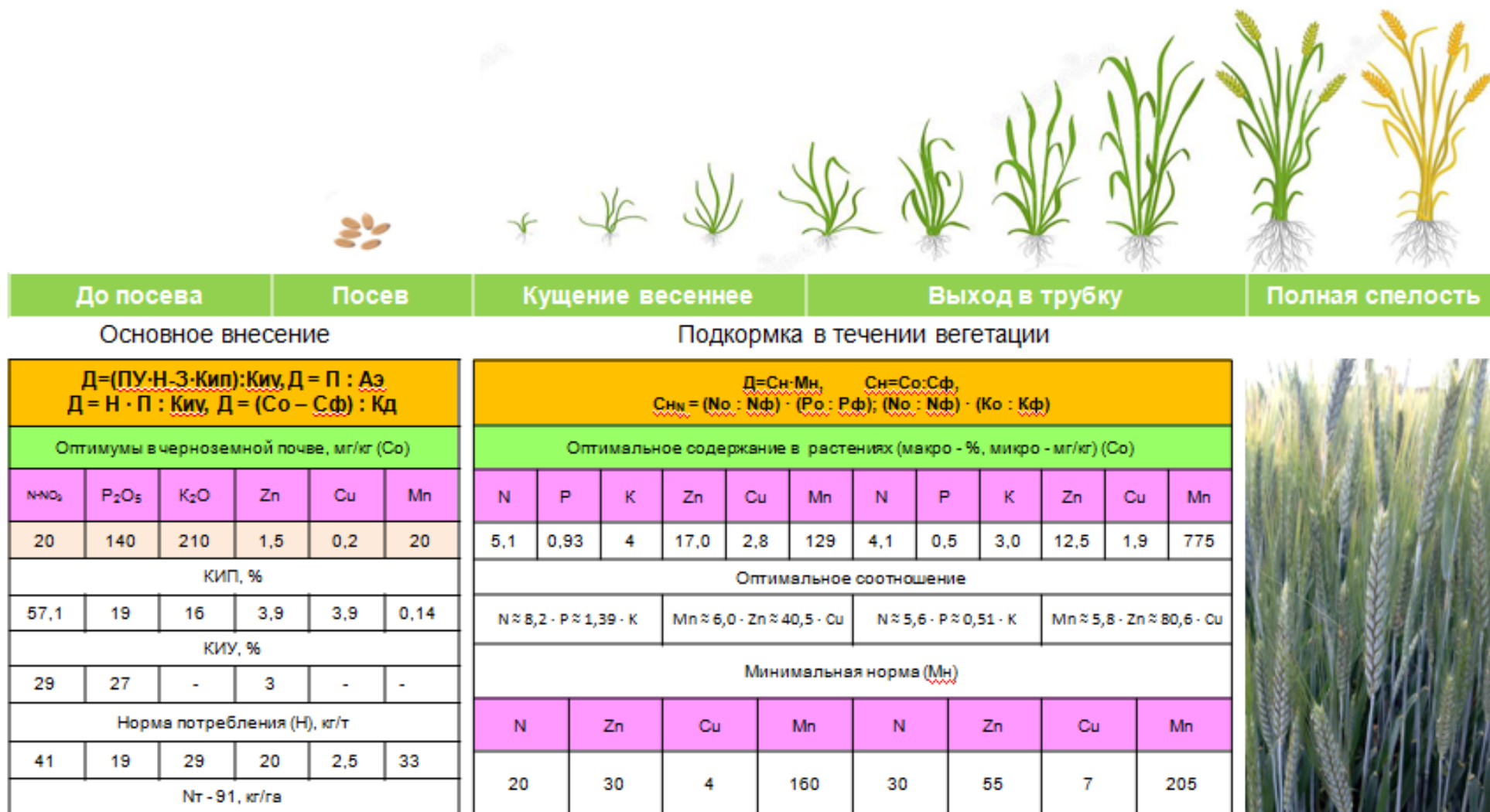


Рисунок 7.8 – Схема системы управления питанием озимого тритикале

Внедрение в производство 9. При возделывании озимой ржи расчет дозы минерального удобрения проводился на плановую урожайность 3,50 т/га (ПУ). При посеве в почве содержалось N-NO₃ – 9,6, P₂O₅ – 175, K₂O – 266 мг/кг. Оптимальное содержание (схема на рисунке 7.7): N-NO₃ – 20, P₂O₅ – 140, K₂O – 210 мг/кг. Расчёт ведем по N-NO₃, так как содержание подвижного фосфора и калия – выше оптимального, и регулировать нужно только содержание N-NO₃.

При определении дозы N используется формула 4:

$$Д = (ПУ \cdot Н - (З + N_T) \cdot K_{ип}) : K_{иу}.$$

По схеме рисунка 7.7: коэффициент использования N из почвы 0,69 (K_{ип}), азотных удобрений 0,26 (K_{иу}); N текущей нитрификации – 105 кг/га (N_T). Отсюда доза N:

$$Д = (ПУ \cdot Н - (З + N_T) \cdot K_{ип}) : K_{иу} = \\ ((3,5 \text{ т/га} \cdot 41 \text{ кг/т} - (9,6 \text{ мг/кг} \cdot 3,6 + 105 \text{ кг/га}) \cdot 0,69) : 0,26 = 125,3 \text{ кг/га}.$$

Применение расчётной дозы удобрений N₁₂₅ обеспечило получение урожайности озимой ржи 3,40 т/га или 97 % от плановой (приложение 76).

Таким образом, в аграрной практике применение удобрений с использованием агрохимических нормативных параметров и предложенных формул на основе метода комплексной (почвенно-растительной) диагностики являются основой оптимизации системы управления минерального питания зерновых культур при возделывании на черноземных почвах Юга лесостепи Западной Сибири.

8 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРА РОСТА

8.1 Экономическая эффективность

Экономическая эффективность - показатель, определяемый соотношением экономического результата и затрат, обеспечивающих этот результат. Чем меньше объем затрат и чем больше величина результата хозяйственной деятельности, тем выше эффективность (Nardin D.S. и др., 2016; Минеев В.Г. и др., 2017; Bobrenko I.A. и др., 2017; Попова В.И. и др., 2020; Goman N.V. и др. 2021).

Эффективность определяется сравнением урожая, полученного с применением и без применения удобрений на основе экономических показателей. При определении фактической экономической эффективности применения удобрений под зерновые культуры оценивали прибавку урожая по текущим ценам (в данном случае 2022 г.). Затраты, связанные с возделыванием сельскохозяйственных культур, применением удобрений рассчитывали по нормативам затрат, полученных в сельскохозяйственных организациях Омской области.

Для расчета экономической эффективности применения удобрений под зерновые культуры использовались наиболее эффективные варианты с наибольшей урожайностью (таблицы 8.1-8.5).

В наших исследованиях чистый доход от использования удобрений под яровую пшеницу, составил 2241...3188 руб./га при разных дозах.

Оценка рентабельности показала, что применение Zn-удобрений при возделывании яровой пшеницы выгодно. Уровень рентабельности лучших вариантов по урожайности составил 83,2...160,2 %.

Использование Zn-удобрений под озимую пшеницу позволило получить чистый доход на уровне 4222...7116 руб./га в зависимости от способа и дозы применения (таблица 8.1). Рентабельность оптимальных доз составила 133,6...353,3 %. При этом следует отметить, что внесение Zn до посева 4 кг/га было более рентабельным, чем 8 кг/га – этот показатель составил соответственно 133,6 и 169,7 %.

Таблица 8.1 – Экономическая эффективность применения Zn-удобрений при возделывании зерновых культур (среднее)

Культура	Доза удобрения	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Яровая пшеница	$N_{30}Zn_8$	3188	83,2
	$N_{30}P_{60}Zn_{0,5}$	2241	160,2
Озимая пшеница	$N_{30}Zn_4$	4222	169,7
	$N_{30}P_{60}Zn_8$	5474	133,6
	$N_{30}P_{60}Zn_{1,0}$	7116	353,3
Озимая рожь	$N_{30}Zn_8$	464	12,4
	$N_{30}P_{60}Zn_4$	5452	205,9
	$N_{30}P_{60}Zn_{1,0}$	6746	328,4
Озимое тритикале	$N_{30}Zn_8$	464	12,4
	$N_{30}P_{60}Zn_{1,0}$	490	32,5

Самый высокий уровень от применения Zn-удобрений был получен от обработки семян – 353,3 %.

Использование Zn-удобрений под озимую рожь также позволило получить достаточно высокие показатели по условному чистому доходу (таблица 8.1). Так, в зависимости от способа и дозы внесения Zn чистый доход при возделывании озимой ржи составил 464...6746 руб./га. При этом следует отметить, что наиболее высокий доход при возделывании озимой ржи был получен при обработке семян в дозе 1,0 кг/т. Рассчитанная рентабельность показала, что применение Zn-удобрений под озимую рожь экономически выгодно.

Уровень рентабельности лучших вариантов по урожайности составил 12,4...32,5 %. При этом допосевное внесение Zn_8 менее рентабельно, чем обработка семян $Zn_{1,0}$ на фоне $N_{30}P_{60}$ – этот показатель составил соответственно 12,4 и 32,5 %.

Оценка рентабельности показала, что применение Zn-, Cu- и Mn-удобрений при обработке семян зерновых культур выгодно (таблица 8.2). Уровень рентабельности лучших вариантов по урожайности составил 60,1...267,0 %.

Таблица 8.2 – Экономическая эффективность обработки семян микроудобрениями (кг/т семян) при возделывании зерновых культур (среднее)

Культура	Доза удобрения	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
Яровая пшеница	Zn _{1,5}	4004	202,1
	Cu _{1,0}	3888	218,2
	Mn _{1,0}	2724	161,6
	Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	5653	267,0
Озимая пшеница	Zn _{1,0}	2176	128,5
	Cu _{0,5}	2023	136,0
	Mn _{1,0}	3078	172,7
	Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	3723	182,8
Озимая рожь	Zn _{0,5}	2781	183,1
	Cu _{1,0}	2054	124,8
	Mn _{0,5}	3425	217,5
	Zn _{0,5} Mn _{0,5}	3802	211,5
Озимое тритикале	Zn _{1,0}	946	60,1
	Cu _{0,5}	957	69,2
	Mn _{1,0}	1110	69,8
	Zn _{0,5} Mn _{0,5}	1520	93,3

При обработке семян яровой пшеницы цинковыми удобрениями (Zn_{1,5}) чистый доход составил 4004 рублей, медными – 3888 руб., марганцевыми – 2724 руб., совместное применение Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5} – 5653 руб. Установленная рентабельность показала, что внесение микроудобрений под яровую пшеницу также

экономически эффективно. Рентабельность оптимальных доз по урожайности составила 161,6...267,0 %. При этом следует отметить, что совместное применение микроудобрений было более рентабельным (267,0 %), чем применение микроэлементов по отдельности.

При обработке семян озимой пшеницы цинковыми удобрениями ($Zn_{1,0}$) чистый доход составил 2176 руб., медными – 2023 руб., марганцевыми – 3078 руб., совместное применение $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$ – 3723 руб. Рентабельность оптимальных доз по урожайности составила 128,5...182,8 %. При этом следует отметить, что совместное применение микроудобрений было более рентабельным (182,8 %), чем применение микроэлементов по отдельности.

Применение удобрений (цинковых, медных и марганцевых) под озимую рожь также позволило получить достаточно высокие показатели по условному чистому доходу. При обработке цинковыми удобрениями чистый доход при возделывании озимой ржи составил 2054...3802 руб./га. Наиболее высокий доход при возделывании озимой ржи был получен при совместной обработке семян $Zn_{0,5}Mn_{0,5}$ – 3802 руб./га. Рассчитанная рентабельность (124,8...211,5 %) показала, что применение микроудобрений под озимую рожь экономически выгодно.

Уровень рентабельности лучших вариантов по урожайности озимого тритикале составил 60,1...93,3 %. Обработка семян цинковыми удобрениями менее рентабельна, чем обработка семян медными и марганцевыми, а также совместного применения.

Чистый доход, полученный от применения хелатных микроудобрений, составил 236,0...1730 руб./га в зависимости от варианта (таблица 8.3). Рассчитанная рентабельность показала, что применение микроудобрений под яровую пшеницу экономически выгодно. Уровень рентабельности лучших вариантов составил 39,0...194,4 %. При этом листовая подкормка в фазу выхода в трубку менее рентабельна, чем обработка семян и подкормка в кущение.

Таблица 8.3 – Экономическая эффективность применения хелатных микроудобрений при возделывании яровой пшеницы (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Предпосевная обработка семян, г/100 кг		Листовая подкормка в фазу кущения, г/га		Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га	
	чистый доход, руб./га	рентабельность, %	чистый доход, руб./га	рентабельность, %	чистый доход, руб./га	рентабельность, %
Zn ₂₀	1530	143,0	1480	132,1	736	67,9
Cu ₂₀	786	76,0	1108	100,5	984	89,8
Zn ₂₀ Cu ₂₀	3262	194,4	3088	179,3	856	53,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	2020	107,4	1474	77,3	730	39,0

В лучших вариантах по урожайности при применении хелата Zn обработкой семян и подкормкой в кущение – этот показатель составил соответственно 194,4 и 179,3 %, при использовании хелата Cu – 76,0 и 100,5 % соответственно.

Рассматривая экономическую эффективность азотных листовых подкормок при возделывании сорта Элемент 22, можно отметить отрицательные результаты при применении удобрений на фоне (таблица 8.4).

Это объясняется тем, что урожайность в данных вариантах изменялась незначительно относительно фона, что и не обеспечило высокий уровень рентабельности. Наиболее рентабельной была подкормка в вариантах N₁₀ и N₃₀ (71,3 и 67,3 % соответственно) в фазы кущения и выхода в трубку на естественном фоне. Максимальный чистый доход от использования минеральных удобрений под яровую пшеницу был в варианте N₁₀+ N₃₀ и составил 2316,5 руб./га, рентабельность – 62,1 %.

Таблица 8.4 – Экономическая эффективность азотных листовых подкормок яровой пшеницы (среднее)

Доза удобрения	Чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
N ₁₀	774,3	71,3
N ₃₀	1933,7	67,3
N ₁₀ + N ₃₀	2316,5	62,1
N ₁₃₉ P ₁₀₁ – фон	4185	42,2
N ₁₀	-302,1	-66,1
N ₃₀	-512,8	-35,5
N ₁₀ + N ₃₀	-619,3	-30,7

Таким образом, внесение дополнительно в течение вегетации N-удобрений под яровую пшеницу на лугово-черноземных почвах лесостепи Западной Сибири экономически целесообразно при подкормках без фона.

Для расчета экономической эффективности удобрения яровой пшеницы и ячменя различными формами N-удобрений использовались данные по урожайности в зависимости от форм и доз N-удобрений и регулятора роста (таблица 8.5).

В опыте с припосевным внесением удобрений, но без дополнительной подкормки яровой пшеницы показатели эффективности по вариантам почти не отличаются, что обусловлено незначительными отклонениями объемов дополнительной продукции, полученной за счет удобрений – 0,16...0,2 т/га.

Применение N-удобрений на посевах ячменя, как и на посевах яровой пшеницы, положительно сказалось на прибавке урожайности. Здесь объемы дополнительно полученной продукции даже выше, чем у яровой пшеницы.

Таблица 8.5 – Экономическая эффективность различных форм N-удобрений и регулятора роста при возделывании яровой пшеницы и ячменя

Доза удобрения	Яровая пшеница		Ячмень	
	чистый доход, руб./га	рентабельность, %	чистый доход, руб./га	рентабельность, %
N-удобрения				
Nac (припосевное)	878,8	47,5	1253,8	67,2
Nк (припосевное)	1087,1	53,5	964,1	47,4
Nкас (припосевное)	1370,0	72,9	1237,0	65,7
Nкас (послепосевное)	2259,0	118,8	3811,0	195,5
Nac (припосевное) + Nк (послепосевное)	595,9	15,1	947,9	23,9
Nac (припосевное) + Nкас (послепосевное)	751,8	19,8	518,8	13,6
Nк (припосевное) + Nкас (послепосевное)	71,1	1,8	1165,1	29,2
Nкас (припосевное) + Nк (послепосевное)	325,1	8,2	229,1	5,8
Nкас (припосевное) + Nкас (послепосевное)	354,0	9,3	385,0	10,1
Регулятор роста				
150 мл/га (по пару)	1391,0	65,6	761	35,9
150 мл/га (пшеница по пару)	1521,0	71,8	1481	69,9

Анализируя экономические показатели, можно сделать вывод, что использование N-удобрений, регулятора роста по предложенным технологиям при возделывании зерновых культур на лугово-черноземных почвах южной лесостепи Омского Прииртышья эффективно.

8.2 Агроэнергетическая эффективность

Расчеты энергетической эффективности дают более объективное и долгосрочное представление об эффективности удобрений, чем экономическая оценка эффективности удобрений. Это связано с тем, что стоимостные показатели ценности меняются в зависимости от рыночной конъюнктуры, поэтому их можно использовать только для краткосрочного планирования. Ее определение позволяет установить наиболее энергетически эффективные технологии удобрения. Затраты энергии на использование удобрений составляют до 50 % от общей в земледелии (Булаткин Г.А., 1985; Кирюшин В.И., 1996; Абрамов Н.В., Селюкова Г.П., 2000; Цимбалест Н.И. и др., 2007; Ф.А. Мударисов, 2022).

Расход энергии на использование удобрений существенно изменяется в зависимости от дозы и способа внесения. Установлено, что на единицу энергетических затрат получено 1,67...8,49 единиц энергии, содержащейся в прибавке урожая зерновых от минеральных удобрений (таблицы 8.6 и 8.7).

Таблица 8.6 – Агроэнергетическая эффективность допосевого внесения Zn-удобрений под зерновые культуры (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Количество энергии в зерне (Vf_0 , МДж/га)	Энергетические затраты на применение удобрений (A_0), МДж/га	Энергетические затраты на получение прибавки урожая зерна за счет удобрений, МДж/т	Агроэнергетический КПД
1	2	3	4	5
Яровая пшеница				
$N_{30}Zn_4$	5322	645	4677	8,3
$N_{30}Zn_8$	8980	1121	7859	8,0
$N_{30}P_{60}$	6486	2177	4309	3,0
$N_{30}P_{60}Zn_4$	2328	2206	123	1,1
$N_{30}P_{60}Zn_8$	4989	2925	2064	1,7

1	2	3	4	5
Озимая пшеница				
$N_{30}Zn_4$	9913	1168	1915	8,5
$N_{30}Zn_8$	7963	1106	2257	7,2
$N_{30}P_{60}$	9588	2517	4266	3,8
$N_{30}P_{60}Zn_4$	10888	3325	4962	3,3
$N_{30}P_{60}Zn_8$	14138	3602	4140	3,9
Озимая рожь				
$N_{30}Zn_4$	1844	325	2958	5,7
$N_{30}Zn_8$	7039	988	2352	7,1
$N_{30}P_{60}$	5196	2045	6597	2,5
$N_{30}P_{60}Zn_4$	13576	3325	4105	4,1
$N_{30}P_{60}Zn_8$	2011	2338	19487	0,9
Озимое тритикале				
$N_{30}Zn_4$	5322	645	4677	8,3
$N_{30}Zn_8$	6985	919	6065	7,6
$N_{30}P_{60}$	11641	2700	8941	4,3
$N_{30}P_{60}Zn_4$	13304	3318	281	4,0
$N_{30}P_{60}Zn_8$	16963	4138	3119	4,1

При допосевном внесении цинка удобрений наиболее энергетически эффективно его применение без фосфорного фона, так как энергетические затраты при этом относительно невелики при содержании значительной дополнительной энергии в прибавке урожая. Применение Zn-удобрений на фоне P_{60} способствовало увеличению энергетической эффективности – КПД составил в варианте $P_{60}Zn_8$ – 3,9, а без внесения Zn (вариант $N_{30}P_{60}P_{60}$) – 3,8.

Энергетические затраты на получение 1 т зерна за счет удобрений уменьшаются в более эффективных вариантах с точки зрения энергетической эффективности применения удобрений. Так при применении повышающихся доз Zn-

удобрений в допосевное внесение на азотно-фосфорном фоне ($N_{30}P_{60}$) энергетические затраты на получение 1 т зерна уменьшились с 4558 до 3806 МДж (рисунок 8.1) при увеличении КПД с 3,6 до 4,3.

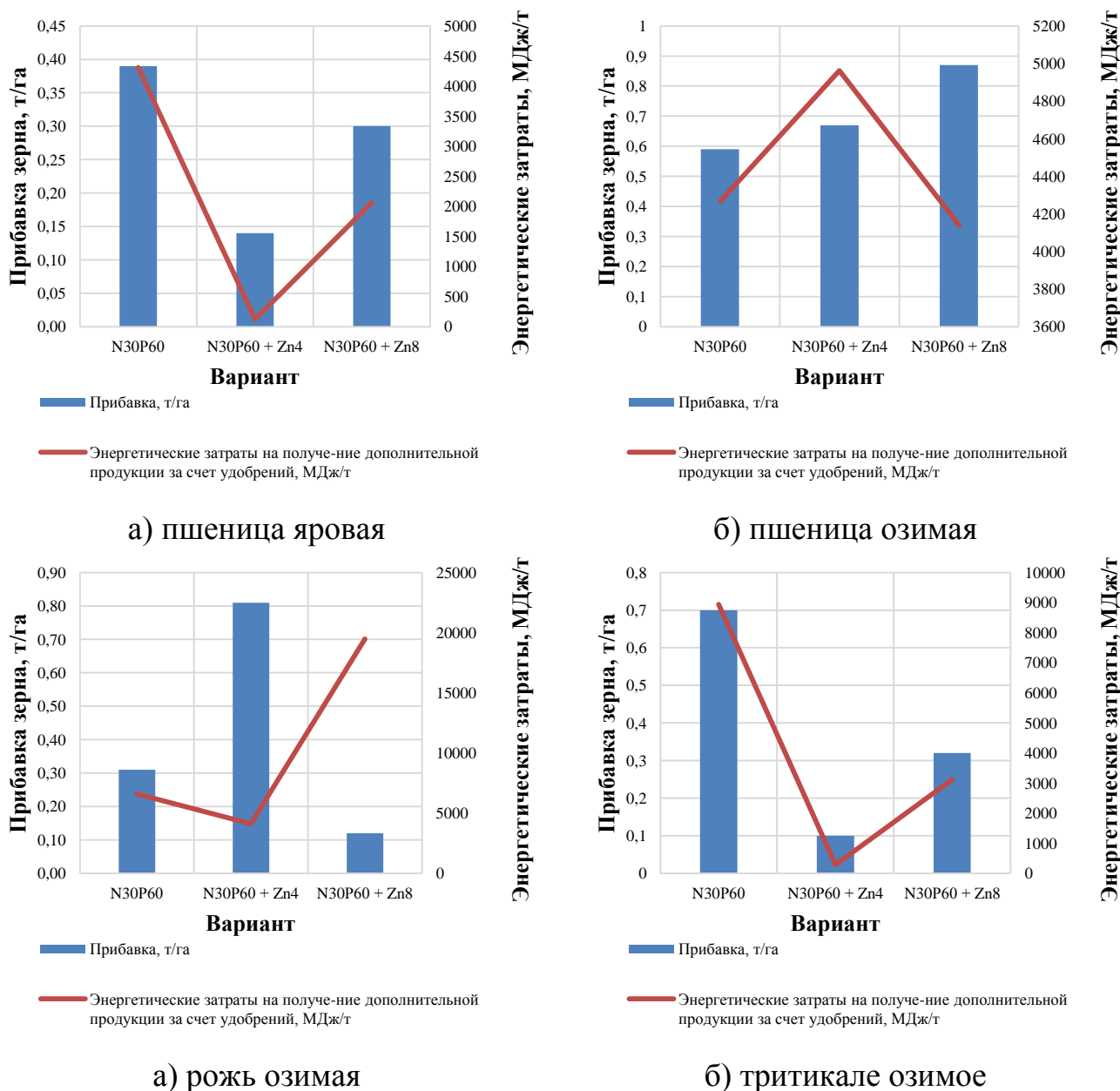


Рисунок 8.1 – Энергетическая эффективность допосевого внесения Zn-удобрений под зерновые культуры

Использование азотных подкормок было энергетически эффективным на всех вариантах опыта, на фоне без допосевого внесения удобрений КПД изменялся от 1,3 до 2,6. При этом, наибольшая энергоотдача наблюдалась при применении N_{10} (таблица 8.7).

Таблица 8.7 – Агроэнергетическая эффективность азотных некорневых подкормок яровой пшеницы

Доза удобрения	Прибавка к фону, т/га	Количество энергии, накопленной в прибавке урожая зерна, МДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га	Энергетические затраты на получение прибавки урожая зерна за счет удобрений, МДж/т	Агроэнергетический КПД
N ₁₀	0,22	36589	1391	6321	2,6
N ₃₀	0,31	5155	3278	10575	1,6
N ₁₀ + N ₃₀	0,38	6319	4719	12419	1,3
N ₁₃₉ P ₁₀₁ - фон	0,88	14634	17327	19690	0,8
N ₁₀	0,02	333	1054	52680	0,3
N ₃₀	0,16	2661	3328,6	20804	0,8
N ₁₀ + N ₃₀	0,15	2495	4332	28878	0,6

На фоне N₁₃₉P₁₀₁ максимально эффективно было применение подкормок только при применении N₃₀, где энергоотдача составила 0,8.

При этом энергозатраты ниже, а технология энергетически эффективней от азота на фоне без удобрений: при применении N₁₀ + N₃₀ на 1 т прибавки зерна тратится в этом случае 12419 МДж, а на фоне N₁₃₉P₁₀₁ – 28878 МДж.

При минимальной дозе N₁₀ на фоне без удобрений наименьшие энергозатраты на производство 1 т продукции составили 1391 до 17327 МДж (рисунок 8.2).

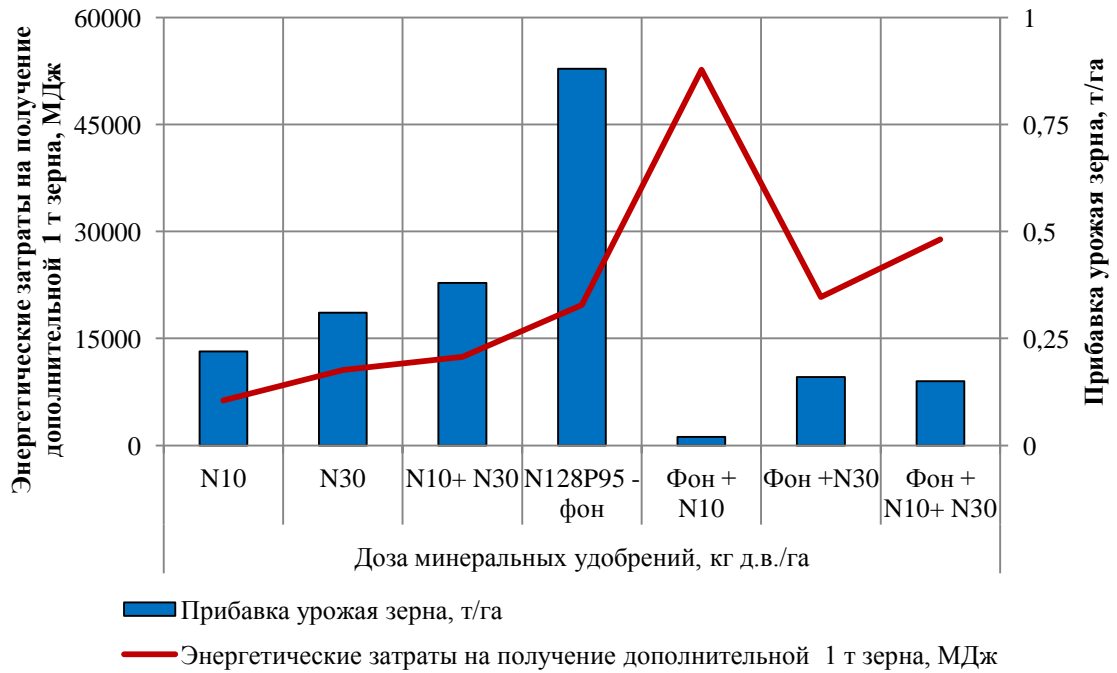


Рисунок 8.2 – Агроэнергетическая эффективность азотных некорневых подкормок яровой пшеницы

В результате, экономическая и энергетическая оценка использования удобрений позволяет более объективно и полно проанализировать их эффективность при возделывании зерновых культур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При возделывании зерновых культур на лугово-черноземной почве лесостепи Западной Сибири установлено, что допосевное внесение Zn-удобрений и обработка семян одинаково эффективны: максимальная урожайность яровой пшеницы получена при основном внесении Zn_8 и при предпосевной обработке $Zn_{0,5}$ – соответственно 3,11 и 3,09 т/га (урожайность зерна на фоне $N_{60}P_{60}$ – 2,81 т/га); озимой пшеницы соответственно Zn_8 и $Zn_{0,1}$ – 3,52 и 3,48 т/га (3,21 т/га); озимой ржи – Zn_4 и $Zn_{0,1}$ – 4,72 и 4,79 т/га (4,22 т/га); озимого тритикале – Zn_8 и $Zn_{0,1}$ – 3,28 и 3,16 т/га (2,96 т/га).

2. Установлены количественные характеристики (Кд) интенсивности действия 1 кг д.в. удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы (0,038 т/га), озимых пшеницы (0,038), ржи (0,125), тритикале (0,40) и на основе этого предложены формулы для прогнозирования прибавок урожая и доз допосевного внесения цинка ($D = П / Кд$) и расчета доз Zn-удобрений на основе полевого опыта с учетом содержания цинка в почве $D = D_0 \cdot C_0 : C_x$.

3. Наиболее эффективно:

3.1 при обработке семян:

– яровой пшеницы раздельном применении $Zn_{1,5}$ – прибавка урожая зерна 0,57 т/га (20,0 % к фону), $Cu_{1,0}$ – 0,54 т/га (19,1 %) и $Mn_{1,0}$ – 0,42 т/га (15,6 %);

– озимой пшеницы соответственно $Zn_{1,0}$ – 0,43 т/га (14,6 %), $Cu_{0,5}$ – 0,39 т/га (13,1 %), $Mn_{1,0}$ – 0,54 т/га (18,1 %);

– озимой ржи соответственно $Zn_{0,5}$ – 0,43 т/га (9,9 %), $Cu_{1,0}$ – 0,37 т/га (8,5 %), $Mn_{0,5}$ – 0,50 т/га (11,5 %);

– озимого тритикале соответственно $Zn_{1,0}$ – 0,28 т/га (9,6 %), $Cu_{0,5}$ – 0,26 т/га (8,8 %), $Mn_{1,0}$ – 0,30 т/га (10,2 %).

3.2 При совместном применении соответственно по культурам: яровая пшеница – $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$ – 0,74 т/га (24,5 %); озимая пшеница – $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$ – 0,64 т/га (21,3 %); озимая рожь – $Zn_{0,5}Mn_{0,5}$ – 0,56 т/га (12,8 %); озимое тритикале – $Zn_{0,5}Mn_{0,5}$ – 0,35 т/га (11,8 %).

4. Лучшей дозой хелатов Zn и Cu при предпосевной обработке семян является 20 г/100 кг (получена прибавка урожая зерна 0,20 или 9,1 % и 0,14 т/га или 6,4 %), при листовой подкормке в фазу кущения и выхода в трубку – 20 и 10 г/га соответственно (0,20 т/га или 9,1 % и 0,14 т/га или 6,4 %). При этом при применении хелата Zn обработка семян и листовая подкормка в фазу кущения имеет преимущество перед листовой подкормкой в фазу выхода в трубку, так как при том формируется большая прибавка урожая. При применении хелата Cu наибольшая продуктивность яровой пшеницы наблюдалась при листовой подкормке в фазу кущения.

5. Применение микроудобрений способами предпосевной обработки семян и листовой подкормки на фоне без основного удобрения улучшает качество посевного материала, существенно повышая массу 1000 семян (32,45 г против 29,92 г в контроле), лабораторную всхожесть (98,8 % в контроле 97,3 %) и энергию роста 98 % в контроле 93,3 %. Максимальная натура зерна 717 г/л получена при листовой подкормке хелатами меди в фазу кущения в контроле 693 г/л. Листовая подкормка в фазу кущения показала была более высокие результаты по всем показателям качества посевного материала.

6. Некорневые подкормки N_{30} и $N_{10} + N_{30}$ на фоне без основного удобрения увеличили урожайность зерна яровой пшеницы на 0,31 и 0,38 т/га (3,52 т/га); на фоне $N_{139}P_{101}$ на 0,16 и 0,15 (4,40 т/га). Применение азотных подкормок в минимальной дозе N_{10} в фазу кущения обеспечило увеличение урожайности на 0,12 (фон без удобрений) и на 0,01 т/га зерна (фон $N_{139}P_{101}$). Формы азотных удобрений (карбамид, аммиачная селитра, КАС) имеют одинаковую агрономическую эффективность при допосевном и послепосевном использовании под яровые пшеницу и ячмень.

7. Максимальная урожайность зерна при применении регулятора роста Зе-ребра Агро была получена от листовой подкормки в фазу кущения при возделывании яровой пшеницы первой культурой после пара в дозе 100 мл/га и составила 3,05 т/га (прибавка 0,23 т/га), второй культурой после пара – в дозе 150 мл/га – 2,00 т/га (0,28 т/га); при возделывании ячменя первой культурой после пара - в до-

зе 150 мл/га – 3,11 т/га (0,24 т/а), второй культурой после пара – в дозе 200 мл/га – 2,10 т/га (0,33 т/га).

8. Выявленные математические зависимости, связывающие урожайность зерна культур, его качество с содержанием элементов питания в почве и химическим составом растений позволяют прогнозировать показатели качества зерна.

9. Аминокислотный состав белка зерна яровой пшеницы изменялся от уровня питания зерновых культур, форм и способа внесения удобрений и сортовых особенностей культур:

– сумма аминокислот при обработке семян хелатами микроэлементов изменялась от 7,44 г/100 г сухого вещества без удобрений до наибольшей 7,60 от совместного применения цинка и меди (вариант $Zn_{0,2}Cu_{0,2}$); при листовой подкормке в фазу кущения сумма аминокислот соответственно изменялась от 7,44 г/100 г до 8,27 г/100 г (вариант $Cu_{0,2}$); при подкормке в фазу выхода в трубку от 7,44 до 7,92 г/100 г (вариант $Zn_{0,2}$).

– содержание аминокислот в зерне пшеницы изменялось по вариантам с разными дозами и способами внесения удобрений. Применение максимальной суммарной дозы минеральных удобрений $N_{139}P_{101} + N_{10} + N_{30}$ обеспечило накопление анализируемых аминокислот в зерне 9,33 г/ 100 г сухого вещества, в том числе незаменимых – 4,06 г/100 г. Наибольшее количество аминокислот – 9,97 г/100 г – отмечалось в варианте с внесением $N_{139}P_{101} + N_{10}$.

– при исследовании действия форм N-удобрений выявлено, что сумма аминокислот повышалась с 8,97 г/100 г сухого без удобрений до наибольшей 9,74 г/100 г (вариант N_k – припосевное + $N_{кас}$ – послепосевное), сумма незаменимых аминокислот аналогично повышалась от 3,74 до 4,14 г/100 (вариант N_k – припосевное), сумма критических аминокислот максимальная отмечена в варианте N_k – послепосевное; в зерне ячменя – с 7,94 в контроле до 8,49 (вариант $N_{ас}$ – припосевное + $N_{кас}$ – послепосевное), сумма незаменимых аминокислот аналогично повышалась от 3,36 до 4,28 г/100 (вариант $N_{кас}$ – послепосевное), сумма критических аминокислот максимальная отмечена в варианте N_k – послепосевное – 1,19 г/100 г.

10. Между микроэлементами в процессе поступления их в растения, проявление антагонистических и синергетических отношений определяется преимущественно биологическими особенностями развития растений и степенью отклонения от оптимума концентрации взаимодействующих элементов в почве и растениях.

11. Определены нормативные агрохимические характеристики зерновых культур для управления минеральным питанием на основе комплексной диагностики:

- коэффициенты использования питательных веществ из удобрений и почвы (КИУ и КИП);
- коэффициенты интенсивности действия минеральных удобрений на химический состав почвы (N – 0,11, P₂O₅ – 0,22, Zn – 0,17 мг/кг);
- оптимальное содержание подвижного цинка в почве в фазу кущения – 1,5...2,0 мг/кг для расчета доз удобрений с учетом оптимального и фактического содержания цинка в почве;
- потребность растений в макро- и микроэлементах для создания 1 т зерна;
- оптимальные уровни содержания и уравновешенный баланс валовых N, P, K, Zn, Cu, Mn в растениях по фазам развития;
- количество азота текущей нитрификации в почве;
- минимальное потребление N, Zn, Cu, Mn растением для расчета доз удобрений для некорневой подкормки по формуле $D = C_n \cdot H$.

12. Установлена высокая эффективность применения удобрений под зерновые культуры в дозах, определенных различными методами расчета, в основное внесение (формулы $D = H \cdot P : K_{иу}$; $D = (C_o - C_f) : K_d$; $D = D_o \cdot C_o : C_x$) и в подкормку (формула $D = C_n \cdot M$).

13. Применение в основное внесение Zn-удобрений под зерновые культуры обеспечивало экономический эффект при уровне рентабельности в лучших вариантах при возделывании яровой пшеницы 83,2 %, озимых: пшеницы – 133,6...169,7 %, ржи – 205,9 %, тритикале – 12,4 %; при обработке семян микро-

элементами (Zn, Cu, Mn) соответственно 161,6...267,0 %, 128,5...182,8 %, 124,8...217,5 %, 60,1...93,3 %. Применение хелатных микроудобрений Zn, Cu при возделывании яровой пшеницы обеспечивало рентабельность при обработке семян 194,4 %; при листовой подкормке в фазу кущения – 179,3 %, выхода в трубку – 53,0 %. При применении азотных листовых подкормок рентабельность при удобрении – 69,9 %. Использование различных форм N-удобрений и способов обеспечило максимальная рентабельность от карбамидно-аммиачной смеси в подкормку яровой пшеницы – 118,8 %, ячменя – 195,5 %; регулятора роста соответственно 65,6...71,8 % и 35,9...69,9 %.

14. Агроэнергетическая эффективность в лучших вариантах основного внесения Zn-удобрений под зерновые культуры обеспечивала энергоотдачу (КПД) при возделывании яровой пшеницы 1,1...8,3, озимых пшеницы – 3,3...8,5, ржи – 2,5...7,1, тритикале – 4,0...8,3. При применении азотных листовых подкормок КПД составил 1,3...2,6.

15. В результате комплексных многолетних исследований разработаны схемы управления питанием зерновых культур на основе установленных оптимальных уровней содержания и соотношения макро- и микроэлементов в растениях, нормативных агрохимических количественных показателей потребности растений в элементах питания, их использования из почвы и удобрений и интенсивности действия единицы удобрений на химический состав почвы и растений.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

На лугово-черноземных почвах юга лесостепи Западной Сибири рекомендовано применение минеральных удобрений на основе разработанной схемы управления питанием зерновых культур при использовании нормативных показателей комплексного метода диагностики:

- оптимального состава и соотношения элементов питания в почве до посева;
- коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений;
- нормативов затрат макро- и микроэлементов для получения 1 т зерна с соответствующим количеством побочной продукции;
- коэффициентов действия удобрений на химический состав почвы.
- оптимальных уровней содержания и соотношения элементов в растениях в основные фазы развития.

Для расчета доз и сочетания удобрений использовать формулы расчета доз удобрений в основное внесение на основе почвенной диагностики:

$$D = N \cdot P : K_{иу}; \quad D = (C_o - C_f) : K_d; \quad D = D_o \cdot C_o : C_x;$$

в подкормку на основе растительной диагностики:

$$D = C_n \cdot M,$$

где D – доза удобрения; N – норма потребления элементов на создание единицы урожая; $K_{иу}$ – коэффициент использования элементов питания из удобрений; C_o – содержание оптимальное; C_f – содержание фактическое; C_x – содержание в почве конкретного поля; K_d – коэффициент действия.

– дозы применения микроэлементов для обработки семян при недостатке микроэлемента в почве, кг на тонну семян: яровой пшеницы $Zn_{0,2}Cu_{0,2}Mn_{0,5}$, озимой пшеницы $Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$; озимой ржи $Zn_{0,5}Mn_{0,5}$; озимого тритикале $Zn_{0,5}Mn_{0,5}$;

– применять дозы хелатов микроэлементов:

при обработке семян: $Zn_{0,2}Cu_{0,2}$

при листовой подкормке в фазу кущения: $Zn_{0,2}Cu_{0,2}$; выхода в трубку: $Zn_{0,2}Cu_{0,3}$.

при листовой подкормке в фазу кущения: стимулятором роста Зеребра Агро: яровой пшеницы 100-150 мл/га, ячменя – 150-200 мл/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абазян С.П. Эффективность микроэлементов под озимую пшеницу в условиях Арташатского, Абовянского и Разданского районов Армянской ССР: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук / С.П. Абазян. – Ереван, 1972. – 28 с.
2. Абрамов Н.В. Производительность агроэкосистем: методические рекомендации, по биоэнергетической оценке, севооборотов / Н.В. Абрамов, Г.П. Селюкова. – Тюмень, 2000. – 48 с.
3. Авдонин Н.С. Научные основы применения удобрений / Н. С. Авдонин. – М.: Колос, 1972. – 320 с.
4. Авдонин Н.С. Подкормка сельскохозяйственных растений / Н. С. Авдонин. – Москва: Сельхозгиз, 1954. – 296 с.
5. Агеев В.А. Содержание меди и молибдена в дерново-подзолистых почвах Омского Прииртышья и отзывчивость яровой пшеницы на микроэлементы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В.А. Агеев. – Омск, 1980. – 16 с.
6. Агробиологическая характеристика двурядного сорта ярового кормового ячменя Подарок Сибири / Н.И. Аниськов, П.Н. Николаев, П.В. Поползухин, И.В. Сафонова // Вестник КрасГАУ. – 2017. – № 1 (124). – С. 19-25.
7. Агроклиматический справочник по Омской области: Гидрометеиздат, 1959. – 188 с.
8. Агротехническая диагностика потребности полевых культур в азотных удобрениях / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, О.А. Матвейчик // Плодородие. – 2020. – №6 (117). – С. 40-44.
9. Агрохимические нормативные показатели минерального питания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // Известия ТСХА. – 2021. – №1. – С. 5-17.
10. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев [и др.]. – М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.

11. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, О.А. Матвейчик // Плодородие. – 2016. – №3. – С. 33-36.

12. Азаренко Ю.А. Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири: монография / Ю.А. Азаренко. – Омск: Вариант–Омск, 2013. – 232 с.

13. Азаренко Ю.А. Микроэлементы (Mn, Cu, Zn, Co, Mo, B) в системе «почва–растения» и оптимизация их применения в агроценозах Омского Прииртышья: дис. ... доктора с.-х. наук / Ю. А. Азаренко. – Омск, 2020. – 424 с.

14. Азаренко Ю.А. Цинк в почвах агроценозов Омского Прииртышья и эффективность применения цинковых удобрений / Ю.А. Азаренко, Ю.И. Ермохин, Ю.В. Аксенова // Земледелие. – 2019. – № 2. – С.13-17.

15. Азаренко Ю.А. Эколого-агрохимическая оценка содержания микроэлементов в почвах и растениях лесостепной и степной зон Омской области / Ю.А. Азаренко, В.М. Красницкий, Ю.И. Ермохин // Плодородие. – 2010. – № 5(56). – С.49-51.

16. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия: учебник / В.А. Алексеенко. – М.: Логос, 2000. – 627 с.

17. Алмазов Б.Н. Внесение расчетных доз минеральных удобрений под овощные культуры и картофель в севообороте на слабовыщелоченном черноземе Алтайского края. Сообщение 1. Влияние расчетных доз минеральных удобрений на урожай и качество овощных культур и картофеля / Б.Н. Алмазов, Л.Т. Холуяко // Агрохимия. – 1986. – № 7. – С. 74-80.

18. Алмазов Б.Н. Внесение расчетных доз минеральных удобрений под овощные культуры и картофель в севообороте на слабовыщелоченном черноземе Алтайского края. Сообщение 3. Вынос азота, фосфора и калия различными сортами овощных культур и картофеля в севообороте в зависимости от расчетных доз минеральных удобрений / Б.Н. Алмазов, Л.Т. Холуяко // Агрохимия. – 1986. – № 11. – С. 61-67.

19. Амиров М.Ф. Влияние уровня минерального питания и микроэлементов на формирование урожая яровой пшеницы / М.Ф. Амиров, Д.И. Толокнов // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – № 5. – С. 18-20.
20. Амиров М.Ф. Предпосевная обработка семян микроэлементами и качество зерна яровой пшеницы / М.Ф. Амиров, А.М. Амиров // Агрохимический вестник. – 2007. – №4. – С. 16-17.
21. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в Западной Сибири: монография / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 407 с.
22. Андриенко Л.Н. Диагностика потребности корнеплодов в цинке, никеле, кадмии на лугово-черноземной почве Омского Прииртышья: дис. ... канд. с.-х. наук / Л.Н. Андриенко. – Омск, 2006. – 182 с.
23. Аниськов Н.И. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография / Н.И. Аниськов, П.В. Поползухин. – Омск: ООО «Вариант–Омск», 2010. – 388 с.
24. Анспок П.И. Микроудобрения: справочник / П.И. Анспок. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Агрохимиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 272 с.
25. Аристархов А.Н. Приоритеты применения различных видов, способов и доз микроудобрений под озимые и яровые сорта пшеницы в основных природно-сельскохозяйственных зонах России / А.Н. Аристархов, Н.Н. Бушуев, К.Г. Сафонова // Агрохимия. – 2012. – №9. – С. 26-40.
26. Аристархов А.Н. Рекомендации по применению микроудобрений под озимую и яровую пшеницу в различных природно-сельскохозяйственных зонах России / А.Н. Аристархов, К.Г. Сафонова, А.В. Волков. – Москва: ВНИИА, 2012. – 23 с.
27. Афендулов К.П. Удобрения под планируемый урожай / К.П. Афендулов, Л.И. Лантухова. – М.: Колос, 1973. – 253 с.
28. Аштаб И.В. Взаимодействие цинка с другими элементами как показатель его экологической активности / И.В. Аштаб // Агрохимия. – 1994. – № 11. – С.116-128.

29. Аюба С.А. Влияние микроэлементов на продуктивность и качество зерна яровой пшеницы при различной водообеспеченности: автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.А. Аюба. – Москва. – 1992. – 20 с.
30. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С.А. Барбер. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
31. Бахнов В.К. К биогеохимии меди и марганца в ландшафтах юга Западной Сибири / В.К. Бахнов, А.А. Трейман // Генетические особенности почв Обь–Иртышского междуречья и Горного Алтая. – Новосибирск: Наука, 1966. – С. 17–31.
32. Башинская О.С. Технология производства продукции растениеводства / О.С. Башинская. – Саратов. – 2017. – 235 с.
33. Башмаков Д.А. Анализ зерна пшеницы: методические указания лабораторной работе / Д.А. Башмаков, Д.И. Исрафилов. – Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2016 – 18 с.
34. Биогеохимические основы экологического нормирования / В.Н. Башкин [и др.]. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
35. Биоэнергетическая эффективность применения азотных подкормок яровой пшеницы / Н.В. Гоман, М.В. Иванова, И.А. Бобренко, В.П. Кормин // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – №11. – С. 22-28.
36. Битюцкий Н.П. Необходимые микроэлементы растений / Н.П. Битюцкий. – СПб.: Изд-во ДЕАН, 2005. – 256 с.
37. Битюцкий Н.П. Роль комплексонов в регуляции питания растений микроэлементами: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Н.П. Битюцкий. – Москва, 1993. – 32 с.
38. Бобко Е.В. Избранные сочинения / Е.В. Бобко. – М.: Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1963. – 360 с.
39. Бобренко И.А. Агрономическая, экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений: методические рекомендации / И.А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2022. – 24 с.

40. Бобренко И.А. Агрохимические исследования Омского государственного аграрного университета (к 95-летию создания кафедры агрохимии) / И.А. Бобренко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – №2 (42). – С. 10-26.

41. Бобренко И.А. Биоэнергетическая эффективность обработки семян микроэлементами (Zn, Cu, Mn) при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Е.А. Вакалова, Н.В. Гоман // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №1 (21). – С. 70-76.

42. Бобренко И.А. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу в Западной Сибири / И.А. Бобренко, В.И. Попова, Н.В. Гоман // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – №1(13). – С.3-9.

43. Бобренко И.А. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимое тритикале на лугово-черноземной почве Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Е.Ю. Павлова // Омский научный вестник. – 2013. – №1 (118). – С.170-173.

44. Бобренко И.А. Метод диагностики потребности озимой пшеницы в цинковых удобрениях на основе полевого опыта / И.А. Бобренко, В.И. Попова, Н.В. Гоман // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Перспективы производства продуктов питания нового поколения», посвященная памяти Сапрыгина Г. П. (13–14 апреля 2017 г.). – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2017. – С. 194-197.

45. Бобренко И.А. Метод диагностики потребности озимой ржи в цинковых удобрениях на основе полевого опыта / И.А. Бобренко, Е.П. Болдышева, Н.В. Гоман // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – №2 (9). – С. 5.

46. Бобренко И.А. Метод расчета доз цинковых удобрений на основе полевого опыта при возделывании озимой пшеницы / И.А. Бобренко, В.И. Попова, Н.В. Гоман // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2018. – №1 (12). – С. 2.

47. Бобренко И.А. Оптимизация минерального питания кормовых, овощных культур и картофеля на черноземах Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук / И.А. Бобренко. – Омск, 2004. – 446 с.

48. Бобренко И.А. Эффективность обработки семян микроэлементами (Cu, Mn, Zn) при возделывании озимой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.И. Попова // Омский научный вестник. – 2014. – №1(128). – С. 107-111.

49. Бобренко И.А. Эффективность опудривания семян микроэлементами (Zn, Cu, Mn) при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Е.А. Вакалова, Н.В. Гоман // Омский научный вестник. – 2013. – №1 (118). – С.166-170.

50. Бобренко И.А. Эффективность обработки семян микроэлементами (Zn, Cu, Mn) при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Е.А. Вакалова, Н.В. Гоман // Омский научный вестник. – 2013. – №1 (118). – С.170-173.

51. Бобренко И.А. Эффективность применения цинковых удобрений под озимую пшеницу в условиях лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, В.И. Попова, Н.В. Гоман // Международная научно-практическая конференция «Научные инновации – аграрному производству», посвященная 100-летию Омского ГАУ (21 февраля 2018 г.). – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – С. 58-61.

52. Бобренко И.А. Эффективность разных приемов применения цинковых удобрений под яровую пшеницу в условиях Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Н.В. Шувалова // Омский научный вестник. – 2012. – №1 (104). – С.142-145.

53. Богданов Н.Н. Некоторые принципиальные особенности чернозёмов Западной Сибири / Н.Н. Богданов // Науч. тр. Омского с.-х. ин-та. – Омск, 1969. – Т. 73. – С. 11-22.

54. Болдырев Н.К. Анализ листьев как метод определения потребности растений в удобрениях: учеб. пособие / Н.К. Болдырев. – Омск: ОмСХИ, 1970. – 125 с.
55. Болдырев Н.К. Диагностика условий питания яровой пшеницы в фазу кущения по валовому химическому анализу листьев / Н.К. Болдырев // Физиология растений. – 1963. – т. 10, вып. 5. – С. 561-570.
56. Болдырев Н.К. Комплексный метод листовой диагностики, условий питания, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук / Н.К. Болдырев. – Омск, 1972. – 416 с.
57. Болдырев Н.К. Комплексный метод почвенной диагностики условий питания, расчеты доз удобрений и величина урожая сельскохозяйственных культур // Доклады ВАСХНИЛ. – 1976. – №6 – С. 11-14.
58. Болдырев Н.К. Листовая диагностика питания и качества урожая сельскохозяйственных культур / Н.К. Болдырев // Успехи современной биологии. – 1962. – т. 53, вып. 2. – С. 246-264.
59. Болдырев Н.К. Листовая диагностика условий питания и величины урожая сельскохозяйственных культур / Н.К. Болдырев // Физиология растений. – 1968. – т. 15, вып. 2. – С. 368-379.
60. Болдырев Н.К. Листовая диагностика условий питания и качества зерна яровой пшеницы в связи с применением удобрений: дис. ... канд. с.-х. наук / Н.К. Болдырев. – Омск, 1961. – 411 с.
61. Болдырев Н.К. Методические указания по определению доз удобрений на запланированный урожай сельскохозяйственных культур в условиях орошения / Н.К. Болдырев, Е.А. Зверева. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1986. – 84 с.
62. Болдырев Н.К. Планирование урожая по данным полевых опытов / Н.К. Болдырев, Г.С. Липкина, Л.С. Могиндовид. – М, 1979. – 52 с.
63. Болдышева Е.П. Диагностика и оптимизация микроэлементного питания озимой ржи на лугово-чернозёмной почве Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / Е.П. Болдышева. – Омск, 2018. – 167 с.

64. Болдышева Е.П. Методологические аспекты исследования оптимизации применения микроудобрений под зерновые культуры / Е.П. Болдышева, В.И. Попова // Электронный научно–методический журнал Омского ГАУ. – 2017. – №2 (9). – С.2.

65. Болдышева Е.П. Оптимизация применения цинковых удобрений при возделывании озимой ржи в Западной Сибири / Е.П. Болдышева // Сборник научных трудов Ставропольского научно–исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – Ставрополь, 2013. – т. 3. – № 6. – С. 36-39.

66. Болдышева Е.П. Оптимизация применения цинковых удобрений при возделывании озимой ржи на лугово-чернозёмной почве / Е.П. Болдышева, И.А. Бобренко // Материалы III международной научно-практической конференции «Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия (Россия, г. Новосибирск, 15–16 августа, 2014 г.): ежемесячный научный журнал. – 2014. – №3 (часть 6). – С. 104-106.

67. Болдышева Е.П. Эффективность обработки семян медью, цинком и марганцем при возделывании озимой ржи на лугово–чернозёмной почве в условиях Западной Сибири / Е.П. Болдышева, И.А. Бобренко, Н.В. Гоман // Омский научный вестник. – 2015. – №1(138). – С. 142-144.

68. Боулд К. Анализ листьев как средство определения обеспеченности ягодных культур элементами минерального питания / К. Боулд // Анализ растений и проблемы удобрения. – М., 1964. – С. 25-39.

69. Будыкина Н.П. Оценка биопотенциала новых регуляторов роста растений / Н.П. Будыкина, Т.Ф. Алексеева, Н.И. Хильков // Агрехимический вестник, 2007. – №6. – С. 24-26.

70. Булаткин Г.А. Сравнительная энергетическая эффективность возделывания многолетних трав и кукурузы на силос на серых лесных почвах / Г.А. Булаткин // Доклады ВАСХНИЛ. – 1985. – №10. – С. 18--14.

71. Бурлакова Л.М. Биологические аспекты оптимизации минерального питания пшеницы / Л.М. Бурлакова, Н.Т. Ниловская. – М.: ВНИИА, 2006. – 224 с.

72. Бурунов А. Н. Совершенствование технологии возделывания полевых культур на основе применения стимулирующих препаратов и микроудобрительных смесей в лесостепи Среднего Поволжья: дис. ... д-ра с.-х. наук / А. Н. Бурунов. – Кинель, 2022. – 504 с.

73. Бурунов А.Н. Эффективность применения микроэлементного удобрения «Мегамикс» на яровой пшенице / А.Н. Бурунов // Нива Поволжья. – 2011. – №1. – С. 9-12.

74. Буткевич В.В. Изменчивость белковости и белковой продуктивности пшеницы под влиянием агротехнических и природных факторов / В.В. Буткевич // Труды ВИУА. – 1959. – вып. 33. – С. 18-24.

75. Буштевич В.Н. Влияние некорневых подкормок карбамидом на содержание белка в зерне при возделывании яровой пшеницы / В.Н. Буштевич. – Земледелие и селекция в Беларуси. – №56. – 2020. – С. 194-201.

76. Васин В. Г. Влияние удобрений и обработки посевов препаратами Мегамикс на показатели фотосинтетической деятельности посевов яровой пшеницы / В. Г. Васин, А. Н. Бурунов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014.– № 1 (25). – С. 6-10.

77. Васин В. Г. Применение микроудобрений и стимуляторов роста при возделывании полевых культур (яровая пшеница, горох, кукуруза) : монография / В. Г. Васин, А. Н. Бурунов, А. В. Васин. – Самара: СамГАУ, 2019. – 323 с.

78. Вильдфлуш И. Р. Агроэкономическая оценка применения новых форм удобрений и регуляторов роста при возделывании гороха / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, О. В. Малашевская // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. –№1. – С.74-78.

79. Вильдфлуш И. Р. Продуктивность, вынос элементов питания и агроэкономическая эффективность применения макро-, микроудобрений и регуляторов роста при возделывании яровой и озимой пшеницы / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура, С. Р. Чуйко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №1. – С.23-27.

80. Вильдфлуш И. Р. Эффективность применения микроудобрений в хелатной форме при возделывании яровой пшеницы // И.Р. Вильдфлуш, О.И. Мишура / Почвоведение и агрохимия. – 2010. – № 2 (45). – С. 172-180.

81. Вильдфлуш И.Р. Эффективность применения КАС с микроэлементами при возделывании озимой пшеницы / И.Р. Вильдфлуш, Э.М. Батыршаев // Агрохимический вестник. – 2008. – №1. – С. 13-14.

82. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. – М.: Гос. Изд-во с.-х. лит-ры, 1957. – 238 с.

83. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и средой / А.П. Виноградов // Микроэлементы в жизни растений и животных. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – С. 7-20.

84. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений: Монография / П.А. Власюк. – Киев: Наукова думка, 1969. – 516 с.

85. Власюк П.А. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений / П.А. Власюк, З.М. Климовицкая. – М.: Колос, 1969. – 162 с.

86. Влияние азотных некорневых подкормок на урожайность яровой мягкой пшеницы / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, М.В. Иванова В.П. Кормин // Вестник Курганской ГСХА. – 2022. – №3. – С. 3-8.

87. Влияние регулятора роста Зереба-Агро на урожайность и качество зерна яровой пшеницы в условиях юга Западной Сибири / В.П. Кормин, Н.В. Гоман // Сахарная свекла. 2023. № 8. С. 27-31.

88. Влияние биологических удобрений и стимуляторов роста на аминокислотный состав белка сортов яровой пшеницы / И.А. Бобренко [и др.] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. – 2021. – №4 (27). – С. 1.

89. Влияние комплексных микроудобрений на содержание почве и растениях меди и цинка, урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А.Н. Есаулко, В.А. Клец, А.Ю. Ожередова, Е.В. Голосной, Ю.Н. Кузьмина // Агрохимический вестник. – 2022. – № 4. – С. 9-14.

90. Влияние некорневой подкормки хелатами микроэлементов на урожайность яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве / В.В.

Попова, Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, А.А. Гайдар // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – №8 (160). – С. 2-12.

91. Влияние предпосевной обработки микроэлементами на прорастание семян яровой пшеницы / Н. А. Воронкова, В. А. Волкова, Н. Ф. Балабанова, В. Д. Дороненко, Н. А. Цыганова // Безопасность городской среды: Материалы VI Международной научно–практической конференции (21–23 ноября 2018 г.). – Омск: Изд–во ОмГТУ, 2019. – С. 9-14.

92. Влияние предпосевной обработки семян хелатами микроэлементов на продуктивность яровой пшеницы / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.М. Красницкий, В.В. Попова // Плодородие. – 2020. – №6 (117). – С.24-26.

93. Влияние различных способов и форм применения азотных удобрений на урожайность зерновых культур / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.И. Попова, Е.П. Болдышева, В.П. Кормин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – №3 (47). – С. 15-23.

94. Влияние разных способов внесения цинка под озимую тритикале на урожайность зерна в условиях южной лесостепи Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, Е.Ю. Павлова, В.М. Красницкий // Плодородие. – 2012. – №3. – С. 7-9.

95. Волков А.В. Эффективность применения различных способов, форм и доз цинковых удобрений под яровую пшеницу на дерново-подзолистых почвах: дис. ... канд. биол. наук / А.В. Волков. – Москва, 2015. – 122 с.

96. Волков Е.Д. Листовая диагностика условий минерального питания и качества урожая яровой пшеницы и кукурузы в условиях Северо-Казахстанской и Омской областей: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. / Е.Д. Волков. – Пермь, 1969. – 24 с.

97. Волкова В.А. К вопросу о применении соединений меди в технологии возделывания яровой мягкой пшеницы / В.А. Волкова // Агрехимический вестник. – 2020. – № 2. – С. 68-72.

98. Волкова В.А. Эффективность предпосевной обработки комплексонатами меди и цинка при возделывании яровой мягкой пшеницы на лугово–черноземных почвах Омского Прииртышья: дис. ... канд. с.-х. наук. – Омск, 2021. – 173 с.

99. Волынкина О.В. Влияние разных сроков и способов внесения азотного удобрения под яровую пшеницу / О.В. Волынкина // Нивы России. – 2019. – №4 (170).

100. Воронин А. Н. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учеб. – метод. пособие / А. Н. Воронин, П. А. Котьяк. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО ЯГСХА. – 2018. – 48 с.

101. Воронкова Н.А. Оптимизация минерального питания сои на черноземных почвах Южной Лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.А. Воронкова. – Омск, 1999. – 16 с.

102. Воуз П.Б. Оценка и использование отзывчивости сортов сельскохозяйственных растений на условия минерального питания / П.Б. Воуз // Сорт и удобрение. – Иркутск, 1974. – С. 61-71.

103. Вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.П. Кормин, М.В. Иванова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – №1 (45). – С. 30-35.

104. Гайсин И.А. Хелатные микроудобрения препараты (ЖУСС) на посевах яровой пшеницы / И.А. Гайсин, М.Г. Муртазин // Агрехимический вестник. – 2006. – № 5. – С. 16-17.

105. Гайсин И.А. Микроудобрения в современной земледелии / И.А. Гайсин, Р.Н. Сагитова, Р.Р. Хабибуллин // Агрехимический вестник. – 2010. – №4. – С. 13-15.

106. Гайсин И.А. Научные основы регулирования круговорота микро-, макроэлементов в интенсивном земледелии лесостепной зоны Поволжья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / И.А. Гайсин. – Москва, 1989. – 44 с.

107. Гайсин И.А. Хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия: монография / И.А. Гайсин, В.М. Пахомова. – Казанский ГАУ. – Йошкар–Ола, 2014. – 344 с.

108. Гайсин И.А. Эффективность некорневой подкормки хелатным микроудобрением в сочетании с азотом в технологии возделывания яровой пшеницы на серых лесных почвах республики Татарстан / И.А. Гайсин, М.Г. Муртазин, С.Г. Муртазина // *Зерновое хозяйство России*. – 2014. – № 2. – С. 1-7.

109. Галияхметов, И.В. Физиолого–биохимические механизмы положительного последствия некорневой обработки яровой пшеницы жидким микроудобрением ЖУСС-2: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И.В. Галияхметов. – Казань: КазГАУ. – 2007. – 19 с.

110. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах: монография / Г.П. Гамзиков. – Новосибирск: РАСХН, Сиб. Отд-ние, 2013. – 790 с.

111. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири / Г.П. Гамзиков. – М.: Наука, 1981. – 267 с.

112. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии: производственно-практ. Изд-е. / Г.П. Гамзиков. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 48 с.

113. Гамзиков Г.П. Содержание микроэлементов (Mn, Cu, Zn, Co) в почвах Омской области и отзывчивость бобовых на микроудобрения: автореф. дис. ... канд. с.–х. наук / Г.П. Гамзиков. – Омск: ОмСХИ. – 1967. – 20 с.

114. Гамзикова О.И. Генетика признаков пшеницы на фонах питания / О.И. Гамзикова, Н.А. Калашник. – Новосибирск: Наука, 1988. – 128 с.

115. Гамзикова О.И. Сортовая реакция яровой пшеницы на удобрения / О.И. Гамзикова, Г.П. Гамзиков, Л.А. Шамрай // *Сибирский вестник с.–х. науки*. – 1974. – № 1. – С. 19-26.

116. Гамзикова О.И. Состояние исследований в области генетики минерального питания / О.И. Гамзикова // *Агрохимия*. – 1992. – № 4. – С. 139-150.

117. Глуховцев В. В. Применение листовых подкормок как элементов технологии возделывания ярового ячменя в условиях лесостепи Самарского Заволжья / В. В. Глуховцев, Н.В. Санина, А.А. Апаликов // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2015. – №6. – С.20-23.

118. Гоман Н. В. Влияние микроудобрений на структуру урожая озимой пшеницы / Н.В. Гоман, В.И. Попова, И.А. Бобренко // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2016. – №1. – С. 114-117.

119. Гоман Н.В. Влияние предпосевной обработки семян хелатами микро-элементов на урожайность яровой пшеницы / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова // Агрехимический вестник. – 2020. – №6. – С. 38-42.

120. Гоман Н.В. Влияние микроудобрений на выживаемость растений и структуру урожая яровой пшеницы / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова // Агрехимический вестник. – 2021. – №5. – С. 60-65.

121. Гоман Н.В. Нормативные показатели для определения потребности озимой ржи в элементах минерального питания при возделывании на лугово-чернозёмной почве лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, Е.П. Болдышева, И.А. Бобренко // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2018. – №2 (30). – С. 17-24.

122. Гоман Н.В. Химический состав растений пшеницы яровой при применении регулятора роста Зереба-Агро / Н.В. Гоман, В.П. Кормин, М.А. Складорова // Сахарная свекла. 2023. № 2. С. 29-32.

123. Гоман Н.В. Эффективность предпосевной обработки семян хелатами цинка и меди при возделывании яровой пшеницы в условиях лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, В.В. Попова, И.А. Бобренко, А.А. Гайдар // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2019. – №4 (36). – С. 6-12.

124. Горынин Л.В. Озимая пшеница / Л.В. Горынин. – Москва, 1979. – 160 с.

125. Гречишкина О.С. Формирование урожая и качество зерна озимой пшеницы при разработке элементов адаптивной технологии ее возделывания: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / О.С. Гречишкина. – Оренбург: Изд-во ОГАУ, 2008. – 16 с.

126. Губанов А.Я. Озимая пшеница / А.Я. Губанов, Н.Н. Иванов. – Москва, 1988. – 303 с.

127. Губарева В.Т. Эффективность применения микроудобрений Лигнас и Лаварин на озимой пшенице / В.Т. Губарева, В.Н. Зайцев // Научный журнал Куб-

ГАУ: политематический сетевой электронный науч. журн.– 2010. – № 59(5). – С. 1-11.

128. Гутин Н.Г. Реакция сортов картофеля на удобрение / Н.Г. Гутин // Сорт и удобрение. – М: Изд-во ВАСХНИЛ, 1936. – Вып.1. – С. 140-150.

129. Дашэндэв Д. Влияние удобрений и полива на урожайность и качество некоторых сортов ячменя в условиях Северной Монголии / Д. Дашэндэв // Сортовая отзывчивость сельскохозяйственных культур на удобрения: Сб. науч. тр. – Горки, 1971. – Т. 85. – С. 43-54.

130. Действие азотных листовых подкормок на урожайность яровой мягкой пшеницы / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.П. Кормин, М.В. Иванова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – №4 (48). – С. 29–34.

131. Действие микроудобрений на урожайность, сбор белка, качество продукции зерновых и зернобобовых культур / Аристархов А.Н. [и др.] // Агрохимия. – 2010. – №9. – С. 36-42.

132. Державин Л.М. Современные методы определения доз минеральных удобрений / Л.М. Державин, Ш.И. Литвак, Е.В. Седова. – М., 1988. – 44 с.

133. Дурманов Д.Н. Диагностика потребности зерновых культур в макро- и микроэлементах в условиях интенсивных технологий / Д.Н.Дурманов, М.А.Горшкова // Комплексная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях: Сб. науч. тр.ОмСХИ. – Омск. –1989.– С.28-36

134. Диагностика и классификация почв Омской области и их сельскохозяйственное использование / Я.Р. Рейнгард [и др.]. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2000. – 67 с.

135. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

136. Дулин В.К. Изучение и хозяйственное использование сортового разнообразия рода *Parhanus*: Автореф. дис... канд. с.-х. наук / В.К. Дулин. – Краснодар, 1969. – 26 с.

137. Евтушенко М.В. Сорт и удобрение в овощеводстве / М.В. Евтушенко // Сорт и удобрение. – М: Изд-во ВАСХНИЛ, 1936. – Вып.1. – С. 7-32.

138. Егоров В.С. Поступление Cu, Zn и Mn в растениях ячменя и пшеницы на дерново-подзолистой почве с разным содержанием фосфора / В.С. Егоров // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М., 1994. – С. 124-129.

139. Ельников И.И. Диагностика качества зерна озимой пшеницы на черноземе карбонатном / И.И. Ельников, О.А. Бирюкова // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – №4. – С. 20-24.

140. Ермолаев О.Т. Оптимизация фосфатного режима при возделывании зерновых в засушливых условиях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / О.Т. Ермолаев. – Минск, 1990. – 38 с.

141. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания и качества урожая картофеля и овощных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук. – Омск, 1983. – 437 с.

142. Ермохин Ю.И. Оптимизация минерального питания сельскохозяйственных культур (на основе «ПРОД»): монография / Ю.И. Ермохин, И.А. Бобренко. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2005. – 284 с.

143. Ермохин Ю.И. Почвенно-растительная оперативная диагностика «ПРОД-ОмСХИ» минерального питания, эффективности удобрений, величины и качества урожая сельскохозяйственных культур: монография / Ю.И. Ермохин. – Омск: ОмГАУ. – 1995. – 208 с.

144. Есаулко А.Н. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина, А.Ю. Олейников // Агрохимический вестник. – 2011. – № 4. – С. 10-12.

145. Есаулко А.Н. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от способов применения микроудобрений на черноземе выщелоченном / А.Н. Есаулко, Ю.И. Гречишкина, А.Ю. Олейников // Значение и перспективы агрохимических исследований в повышении продуктивности земледелия: материалы научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Г. Л. Мокриевича. 27–28 сентября. – пос. Персиановский: Изд-во Донского ГАУ, 2011. – С. 77-82.

146. Еськин В.Н. Влияние некорневой подкормки регуляторами роста и микроудобрениями на продуктивность тритикале / В.Н. Еськин, А.Н. Кшникаткина, А.В. Самойленко // *Зерновое хозяйство*. – 2007. – №7. – С. 11-12.
147. Журбицкий З.И. Потребность растений в питании как основа применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 60 с.
148. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: АН СССР, 1963. – 294 с.
149. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений / З.И. Журбицкий. – М.: АН СССР, 1963. – 294 с.
150. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство / А.А. Жученко. – Кишинев, 1990. – 432 с.
151. Завалин А.А. Азот и качество зерна пшеницы / А.А. Завалин, О.А. Соколов // *Плодородие*. – 2018. – №1. – С. 14-17.
152. Завалин А.А. Поток азота в агроэкосистеме: от идей Д.Н. Прянишникова до наших дней / А.А. Завалин, О.А. Соколов. – М.: ВНИИА, 2016. – 596 с.
153. Зеребра Агро: о препарате [электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scs.technology> 05. 07. 2021.
154. Зырин Н.Г. Формы соединений цинка в почвах и поступление его в растения / Н.Г. Зырин, В.И. Рерих, Ф.А. Тихомиров. – *Агрохимия*. – 1976. – №5. – С. 124-132.
155. Иванов С.Н. К вопросу о новом методе определения доз фосфорных удобрений для растений на дерново-подзолистых почвах // *Доклады Академии наук БССР*. – 1962. – Т.6. – № 5. – С. 334-336.
156. Иванов С.Н. Новый принцип установления потребности растений в фосфорно-калийных удобрениях на дерново-подзолистых почвах / С.Н. Иванов // *Доклады АН СССР*. – 1964. – Т. 8. – № 11. – С.105-116.
157. Иванов С.Н. Применение ^{32}P для определения запасов усвояемых фосфатов в дерново-подзолистых почвах Белоруссии / С.Н. Иванов, Т.Ф. Столярова // *Почвоведение*. – 1977. – № 4. – С. 78-84.

158. Изменчивость содержания макро- и микроэлементов в зерне твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири / И.В. Потоцкая, М.Н. Кошкин, А.Л. Шпигель, В.П. Шаманин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (50). – С. 58-67.

159. Ильин В.Б. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области: монография / В. Б. Ильин, А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.

160. Ильин В.Б. Содержание и соотношение химических элементов в растениях / В.Б. Ильин // Изв. Сиб. отд. АН СССР, Сер. биол. наук. – Новосибирск, 1981. – Вып. 3. – №15. – С.54-56.

161. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 129 с.

162. Интенсификация продукционного процесса растений микроэлементами. Приемы управления / Сычев В.Г. [и др.]. – М., 2009. – 520 с.

163. Исайчев В.А. Влияние регуляторов роста и хелатных микроудобрений на урожайность и показатели качества гороха и озимой пшеницы / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, Ф.А. Мударисов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – №1 (17). – С. 12.

164. Кабата–Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата–Пендиас, Х. Пендиас. – М.: Мир, 1989. – 440 с.

165. Каликинский А.А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от сорта и удобрений / А.А. Каликинский, Т.Е. Комарова // Сортовая отзывчивость сельскохозяйственных культур на удобрения: Сб. науч. тр. – Горки, 1971. – Т. 85.– С. 3-17.

166. Карчевский Л.Ф. Влияние условий питания на величину урожая, химический состав ячменя и яровой пшеницы и их растительная диагностика: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Л.Ф. Карчевский. – Омск, 1969. – 21 с.

167. Каталымов М.В. Микроэлементы и микроудобрения / М.В. Каталымов. – М.-Л.: Химия, 1965. – 329 с.

168. Качество кормовых культур региона (на примере Омской области): учебно–справочное издание / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, Е.Г. Пыхтарева, В.И. Попова. – Омск: ЛИТЕРА, 2017. – 72 с.

169. Кашин В.К. Особенности накопления микроэлементов в зерне пшеницы в Западном Забайкалье / В.К. Кашин, Л.Л. Убугунов // Агрехимия. – 2012. – № 4. – С. 68-76.

170. Кереев К.Н. Биологические основы растениеводства: учеб. пособие / К.Н. Кереев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. Высш. шк., 1982. – 408 с.

171. Кидин В.В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур: учеб. пособие / В.В. Кидин. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. Тимирязева, 2009. – 412 с.

172. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия / В.И. Кирюшин. – М.: Колос, 1996. – 367 с.

173. Климат Омска. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 246 с.

174. Ковалев В.М. Методологические принципы и способы применения роготрегулирующих препаратов нового поколения в растениеводстве / В.М. Ковалев, М.М. Янина // Аграрная Россия. – 1999. – № 1. – С. 9-12.

175. Ковальский В.В. Геохимическая экология / В.В. Ковальский. – М.: Наука, 1974. – 300 с.

176. Ковальский В.В. Микроэлементы в растениях и кормах / В.В. Ковальский, Ю.И. Раецкая, Т.И. Грачева. – М.: Колос, 1971. – 235 с.

177. Ковырялов Ю.П. Интенсивные технологии производства пшеницы / Ю.П. Ковырялов. – Москва, 1986. – 126 с.

178. Коларжик И. Анализ растений как метод изучения правильного питания растений / И. Коларжик // За социалистическую науку. – 1959. – №6. – С. 615-641.

179. Кореньков Д.А. Продуктивное использование минеральных удобрений / Д.А. Кореньков. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 221 с.

180. Костин В.И. Влияние микроэлементов – синергистов на фотосинтетические показатели и урожайность озимой пшеницы / В.И. Костин, Ф.А. Мударисов, А.И. Семашкина // Вестник УГСХА. – 2017. – № 4 (40). – С. 30-35.

181. Кочегарова Н.Ф. Формы азота и азотный режим черноземов Омской области: автореф. дисс.... канд. биол. наук / Н. Ф. Кочегарова. – Новосибирск, 1976. – 18 с.

182. Кочергин А.Е. Диагностика потребности сельскохозяйственных культур в азотных удобрениях на чернозёмах Западной Сибири // Химия в сельском хозяйстве. – 1974. – № 2. – С. 9-11.

183. Кочергин А.Е. Озимая пшеница в Западной Сибири / А.Е. Кочергин, Е.Г. Мухордов // Сибирский вестник с.-х. науки. – 1985. – № 3. – С. 17-21.

184. Кочергин А.Е. Условия питания зерновых культур азотом, фосфором и калием и применение удобрений на черноземах Западной Сибири: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / А.Е. Кочергин. – Омск: ОмСХИ, 1965. – 37 с.

185. Красницкий В.М. Агрохимическая и экологическая характеристики почв Западной Сибири: монография / В.М. Красницкий. – Омск: ОмГАУ, 2002. – 144 с.

186. Красницкий В.М. Содержание микроэлементов в системе почва–растение в агроценозах Омского Прииртышья / В.М. Красницкий, Ю.А. Азаренко // Плодородие. – 2017. – № 5(98). – С. 28-31.

187. Красницкий В.М. Содержание цинка в почвах Омской области / В.М. Красницкий, А.Г. Шмидт, А.А. Цырк // Плодородие. – 2014. – №4(79). – С. 36-37.

188. Красницкий В.М. Эколого-агрохимическая оценка плодородия почв и эффективности применения удобрений в Западной Сибири: дис. ... д-ра с.-х. наук / В.М. Красницкий. – Омск, 2002. – 52 с.

189. Кривобочек В. Г. Реакция сорта яровой мягкой пшеницы Архат на применение комплексных удобрений / В. Г. Кривобочек, С. А. Семина, Н. И. Остроборова // Нива Поволжья. – 2017. – №2 (43). – С.24-27.

190. Кудашкин М.И. Влияние азотных и микроудобрений на урожайность озимой пшеницы различных сроков сева в севооборотах агроландшафтов юга Нечерноземья / М.И. Кудашкин // Агрохимия. – 2011. – №7. – С. 26-36.

191. Кудашкин М.И. Эффективность минеральных удобрений, хелатов микроэлементов и средств защиты растений при выращивании озимой пшеницы / М.И. Кудашкин // Агрохимия. – 2011. – №5. – С. 26-34.

192. Кудашкин М.И. Эффективность подкормок медью и марганцем и динамика содержания этих элементов в почвах / М.И. Кудашкин, М.М. Гераськин, И.И. Игонов // Земледелие. – 2008. – №3. – С. 18-20.

193. Кузнецова Н.А. Продукционные и физиолого-биохимические процессы яровой пшеницы в связи с качеством урожая при некорневой обработке микроудобрением ЖУСС–2: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.А. Кузнецова. –Казань: КГАУ. – 2010. – 19 с.

194. Кук Д.У. Система удобрения для получения максимальных урожаев / Д.У. Кук. – М.: Колос, 1975. – 415 с.

195. Кушниренко Ю.Д. Оценка методов определения доз удобрений для разнотипных сортов пшеницы / Ю.Д. Кушниренко, С.Ф. Слепец // Вопросы химизации земледелия Зауралья. – Челябинск, 1975. – Вып. 2. – С. 53.

196. Кшникаткина А.Н. Комплексные водорастворимые удобрения, регуляторы роста и бактериальные препараты в технологии возделывания яровой тритикале / А.Н. Кшникаткина // Земледелие. – 2017. – №1. – С.40-43.

197. Лабораторно–практические занятия по почвоведению: учебное пособие / М.В. Новицкий, И.Н. Донских, Д.В. Чернов [и др.]. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.

198. Ламбин А.З. Влияние меди, цинка и стронция на рост, урожай и состав яровой пшеницы / А.З. Ламбин // Труды ОмСХИ. – Т.21. – Омск, 1949. – С. 39-89.

199. Ламбин А.З. Действие микроэлементов, внесенных разными способами, на урожай яровой пшеницы, проса, суданской травы и кукурузы / А.З. Ламбин // Труды ОмСХИ. – Т.37. – Омск, 1959. – С. 31-39.

200. Ламбин А.З. Допосевная обработка семян растворами микроэлементов и их влияние на урожай сельскохозяйственных растений / А.З. Ламбин // Микроэлементы в жизни растений и животных. - Изд. АН СССР, 1952. - С. 381-399.

201. Лихоманова Л.М. Диагностика минерального питания, эффективности применения удобрений и качества корнеплодов столовой свеклы: дис. ... канд. с.-х. наук / Л.М. Лихоманова. – Омск, 1986. – 214 с.

202. Логановский Я.М. Применение марганца, цинка и меди для удобрений в условиях Латвийской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Я.М. Логановский. – Рига, 1952. – 24 с.
203. Лукашев А.А. Реакция сортов и гибридов подсолнечника на минеральные удобрения и приемы повышения их эффективности на выщелоченном черноземе Кубани: автореф. дис...канд. биол. наук / А.А. Лукашев. – М., 1986. – 23 с.
204. Лукин С.В. Закономерности накопления цинка в сельскохозяйственных растениях / С.В. Лукин, И.Е. Солдат, Е.А. Пендюрин // Агрохимия. – 1999. – № 2. – С.79-82.
205. Лукин С.В. Цинк в агроландшафтах Белгородской области / С.В. Лукин, П.М. Авраменко // Агрохимический вестник. – 2005. – №5. – С. 4-5.
206. Маврицкий Н.В. Сорт и удобрение / Н.В. Маврицкий // Сорт и удобрение. – М: Изд-во ВАСХНИЛ, 1936. – Вып. 1. – С. 7-32.
207. Магницкий К.П. Взаимосвязи в питании растений / К.П. Магницкий // Агрохимия. – 1967. – №10. – С. 32-46.
208. Магницкий К.П. Диагностика потребности растений в удобрениях / К.П. Магницкий. – М.: Московский рабочий, 1972. – 271 с.
209. Магницкий К.П. Упрощенные методы определения потребности растений в удобрениях по химическому анализу их сока / К.П. Магницкий // Агрохимические методы исследования почв. – М., 1954. – С.341-353.
210. Максимов Н.А. Краткий курс физиологии растений / Н.А. Максимов. – М.: Сельхозиздат, 1958. – 559 с.
211. Мамилов Ш.З. Цинк в почвах и питание растений цинком / Ш.З. Мамилов, А.К. Саданов, А.Н. Илялетдинов // Агрохимия. – 1987. – №4. – С. 107-116.
212. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.
213. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках. – М: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. – 76 с.

214. Микроэлементы в растениеводстве Сибири и Дальнего Востока / В.Е. Шевчук [и др.]. – Иркутск: Восточно-Сибирское кн. изд-во, 1974. – 212 с.
215. Микроэлементы в сельском хозяйстве / С.Ю. Булыгин [и др.]. – Днепропетровск: «Січ», 2007. – 100 с.
216. Минеев В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
217. Минеев В.Г. Цинк в окружающей среде / В.Г. Минеев, А.А. Алексеев, Т.А. Тришина // Агрoхимия. – 1984. – №3. – С.94-103.
218. Михайлов Н.Н. Определение потребности растений в удобрениях / Н.Н. Михайлов, В.П. Книпер. – М.: Колос, 1971. – 256 с.
219. Михальская Н.В. Диагностика минерального питания, величины и качества урожая сена костреца безостого на лугово-черноземной почве Западной Сибири: дис. канд. с.-х. наук / Н.В. Михальская. – Омск, 2003. – 156 с.
220. Мишин П.Я. Динамика содержания меди и цинка в яровой пшенице по фазам развития / П.Я. Мишин // Агрoхимия. – 1967. – №2. – С.62-66.
221. Мищенко Л.Н. Почвы Западной Сибири: учеб. пособие / Л.Н. Мищенко, А.Л. Мельников, Ю.В. Аксенова. – 2-е изд., доп. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – 284 с.
222. Мокриевич Г.Л. Цинковые удобрения / Г.Л. Мокриевич, З.И. Шлавицкая. – Алма-Ата: Кайнар, 1972. – 140 с.
223. Мосолов И.Ф. Физиологические основы применения удобрений / И.Ф. Мосолов. – М.: Наука, 1979. – 225 с.
224. Мотузова Г.В. Зависимость подвижности цинка от химических свойств почв / Г.В. Мотузова, А.А. Попова // Агрoхимия. – 1989. – №8. – С. 81-83.
225. Мощенко Ю.Б. Возделывание озимой пшеницы в Омской области / Ю.Б. Мощенко. – Омск, 1993. – 8 с.
226. Мударисов Ф.А. Оценка экономической и энергетической эффективности применения не утилизирующихся микроэлементов – синергистов в посевах озимой пшеницы / Ф.А. Мударисов // Сахарная свекла. – 2022. – №10. – С. 32-35.

227. Муртазин М.Г. Эффективность способов применения медь-, молибден-содержащих хелатных микроудобрений (ЖУСС) при возделывании яровой пшеницы: дис. ... канд. с.-х. наук / М.Г. Муртазин. – Казань, 2002. – 195 с.

228. Некрасова Е.В. Технология растениеводства: учебное пособие / Е.В. Некрасова, Т.В. Горбачева. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2013. – 156 с.

229. Неклюдов А.Ф. Биоэнергетическая оценка севооборотов: метод. рекомендации / А.Ф. Неклюдов, В.Д. Киньшакова, О. В. Копейкин. – Новосибирск, 1993. – 36 с.

230. Ненайденко Г.Н. Эффект применения азотных удобрений в летнюю подкормку на урожайность и качество яровой пшеницы / Г.Н. Ненайденко, Т.В. Сибирякова. – Владимирский земледелец. – 2010. – №1–2. – С. 21-52.

231. Ожередова А. Ю. Определение доз минеральных удобрений для достижения планируемой урожайности сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности: дис. ... канд. с.-х. наук / А. Ю. Ожередова. – Ставрополь, 2020. – 308 с.

232. Ожередова А. Ю. Формирование планируемой урожайности озимой пшеницы на основе оптимизации минерального питания / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Земледелие. – 2019. – № 7. – С. 21-23.

233. Ожередова А.Ю. Влияние минеральных удобрений на содержание элементов питания в растениях и урожайность зерна озимой пшеницы / А. Ю. Ожередова, А. Н. Есаулко // Плодородие. – 2019. – № 4 (109). – С. 6-8.

234. Олейников А. Ю. Влияние микроудобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А.Ю. Олейников, А.Н. Есаулко, Е.А. Устименко // Современные ресурсосберегающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо-Кавказском федеральном округе: материалы 75-й научно-практической конференции (г. Ставрополь, 22–30 марта 2011 года). – Ставрополь: Параграф, 2011. – С. 69-72.

235. Олейников А. Ю. Эффективность микроудобрений в посевах озимой пшеницы в зоне неустойчивого увлажнения в зависимости от погодных условий / А.Ю. Олейников, А.Н. Есаулко, Е.А. Устименко // Современные ресурсосбере-

гающие инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Северо–Кавказском федеральном округе: материалы 75–й научно–практической конференции (г. Ставрополь, 22–30 марта 2011 г.). – Ставрополь: Параграф, 2011. – С. 66-69.

236. Олейников А.Ю. Влияние способов применения макро– и микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном: автореф. дис. ... канд. с.–х. наук / А.Ю. Олейников. – Ставрополь, 2012. – 23 с.

237. Оптимизация азотного питания озимой пшеницы в Центре Нечерноземной зоны Российской Федерации с использованием почвенной и растительной диагностики / В.В. Конончук, С.М. Тимошенко, В.Д. Штырхунов, Т.О. Назарова // Агрохимический вестник. – 2022. – №3. – С. 3–9.

238. Орлова Э.Д. Влияние микроудобрений на химический состав и урожай яровой пшеницы на почвах Омской области: автореф. дис. ... канд. с.–х. наук / Э.Д. Орлова. – Омск. – 1968. – 27 с.

239. Орлова Э.Д. Влияние разных доз меди и марганца на поступление их в растения и урожай томатов / Э.Д. Орлова // Агрохимия. – 1975. – № 5. – С. 93-99.

240. Орлова Э.Д. Микроэлементы в почвах и растениях Омской области и применение микроудобрений: учеб. пособие / Э.Д. Орлова, Е.Г. Пыхтарева. – Омск: Изд–во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. – 70 с.

241. Орлова Э.Д. Содержание меди и молибдена в растениях яровой пшеницы и влияние на урожай / Э.Д. Орлова // Агрохимия. – 1971. – № 11. – С. 114-121.

242. Оценка энергетической эффективности технологий возделывания озимой пшеницы в шести ротациях севооборота многолетнего стационара // Н.И. Цимбалист [и др.] / Агрохимия. – 2007. – №7. – С.49-63.

243. Павлов А.Н. Накопление белка в зерн пшеницы и кукурузы / А.Н. Павлов. – М.: Наука, 1967. – 340 с.

244. Панасин В.И. Изучение новых микроудобрений для подкормки озимой пшеницы / В.И. Панасин, Д.А. Рымаренко // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 4-6.

245. Панин М.С. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского Прииртышья / М.С. Панин. – Семипалатинск: ГУ «Семей». – 1999. – 309 с.

246. Панин М.С. Содержание цинка в растениях Семипалатинской области Казахской ССР / М.С. Панин, Р.И. Панина // Агрохимия. – 1971.– №11. – С. 122-127.

247. Парибок Т.А. Взаимодействие цинка и фосфора в минеральном питании растений / Т.А. Парибок // Агрохимия. – 1970. – №2. – С. 153-166.

248. Парибок Т.А. Влияние цинка на поглощение и использование фосфора растениями / Т.А. Парибок, А.В. Алексеева–Попова // Физиология растений. – 1965. – Т.12. – вып. 4. – С.591-596.

249. Пейве Я.В. Агрохимия и биохимия микроэлементов / Я.В. Пейве. – М.: Наука, 1960. – 480 с.

250. Петин Н.С. Физиология орошаемой пшеницы / Н.С. Петин. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 554 с.

251. Петербургский А.В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А.В. Петербургский. – М.: Наука, 1979. – 168 с.

252. Петербургский А.В. Исторические аспекты развития учения об азотном питании растений // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М.: Наука, 1985. – С. 66-75.

253. Петров А.Ф. Влияние различных форм азотных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя / А.Ф. Петров // Теория и практика современной аграрной науки: II Национальная конференция. – 2019. – С. 79-82.

254. Петров А.Ф. Влияние различных форм азотных удобрений на урожайность яровой пшеницы / А.Ф. Петров, А.Н. Мармулев, А.Г. Митракова // Теория и практика современной аграрной науки: II Национальная конференция. – 2019. – С. 83-86.

255. Пискунов А.С. Методы агрохимических исследований: учеб. пособие / А.С. Пискунов. – М.: Изд-во КолосС, 2004. – 312 с.

256. Полевые культуры Западной Сибири: учеб. пособие. – Омск, 2002. – 459 с.

257. Попова В.В. Оптимизация применения хелатных цинковых и медных удобрений при возделывании пшеницы яровой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / В.В. Попова. – Омск, 2021. – 170 с.

258. Попова В.И. Биоэнергетическая эффективность применения удобрений под озимые зерновые культуры в Западной Сибири / В.И. Попова, Е.П. Болдышева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – т. 84. – №10. – С. 10-15.

259. Попова В.И. Влияние микроудобрений на продуктивность озимой пшеницы при возделывании на лугово–черноземной почве в условиях Западной Сибири / В.И. Попова, Н.В. Гоман // Проблемы научно–технологической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика сборник трудов Международной науч.–практ. конф. обучающихся в магистратуре. Институт экономики и финансов ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А. Столыпина. – Омск, 2014. – С. 80-84.

260. Попова В.И. Нормативные показатели для определения потребности озимой пшеницы в элементах минерального питания / В.И. Попова, Н.В. Гоман // I региональная (заочная) научно–практическая конференция молодых ученых и обучающихся «Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов», посвященная 100–летию Омского государственного аграрного университета (6 декабря 2017 г.). – Омск: Изд–во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – С. 357-362.

261. Попова В.И. Оптимизация применения микроудобрений под озимую пшеницу / В.И. Попова // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность. – 2013. – №3 – С. 48-50.

262. Попова В.И. Оптимизация применения микроудобрений при возделывании озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / В.И. Попова. – Омск, 2018. – 173 с.

263. Попова В.И. Применение цинковых удобрений при возделывании озимой пшеницы на лугово-черноземной почве Западной Сибири / В. И. Попова //

Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – №1 (21). – С. 57-64.

264. Попова В.И. Эффективность применения цинковых удобрений под озимую пшеницу на лугово-черноземной почве / В.И. Попова, Н.В. Гоман // Международная научно–практическая конференция «Всемирный день охраны окружающей среды (Экологические чтения – 2017)». – Омск: ЛИТЕРА, 2017. – С. 229-232.

265. Поползухин П.В. Новый среднеспелый сорт ярового кормового ячменя Подарок Сибири / П.В. Поползухин, Н.И. Аниськов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2015. – № 10 (132). – 12-17 с.

266. Практикум по агрохимии / В.В. Кидин [и др.]. – М.: Изд-во КолосС, 2008. – 599 с.

267. Прево П. Закон минимума и сбалансированное минеральное питание / П. Прево, М. Оланье // Анализ растений и проблемы удобрения. – М.: Колос, 1964. – С. 247-270.

268. Применение жидких азотных удобрений при возделывании зерновых культур в Омской области: рекомендации производству / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.П. Кормин, Е.П. Болдышева, В.И. Попова. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2020. – 44 с.

269. Применение макро– и микроудобрений в современных технологиях возделывания зерновых культур / Н.В. Войтович [и др.]. – М.: ЦИНАО, 2003. – 92 с.

270. Применение макро– и микроудобрений при возделывании зерновых культур в Омской области: рекомендации производству / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.П. Кормин, В.И. Попова, Е.П. Болдышева. – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2021. – 44 с.

271. Применение минеральных удобрений на обыкновенном черноземе в плодосменном звене полевого зернопарового севооборота / Е.П. Болдышева, В.А. Чудинов, В.И. Попова, А.И. Бекмагамбетов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (39). – С. 20-28.

272. Применение минеральных удобрений под яровую пшеницу при ресурсосберегающей технологии возделывания на обыкновенном черноземе / Е.П. Болдышева, В.А. Чудинов, В.И. Попова, А.И. Бекмагамбетов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2 (38). – С. 41-51.

273. Применение янтарной кислоты и хелата меди в агротехнологии яровой мягкой пшеницы / Н. А. Воронкова [и др.] // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: Материалы Международной научной экологической конференции (24–26 марта 2020 г.). – Краснодар: Изд-во Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 411-414.

274. Проблема повышения качества пшеницы в стране требует комплексного решения / А.И. Алтухов, А.А. Завалин, Н.З. Милащенко, С.В. Трушкин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2. – С. 32-39.

275. Прокина Л. Н. Отзывчивость яровой пшеницы на внесение макро– и микроудобрений в условиях юга Нечерноземной зоны / Л. Н. Прокина // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №7. – С.31-33.

276. Прянишников Д.Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР/ Д.Н. Прянишников. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 197 с.

277. Прянишников Д.Н. Избранные сочинения / Д.Н. Прянишников. – М.: Сельхозиздат, 1963. – Т. 3. – 647 с.

278. Растениеводство / Г.С. Посыпанов [и др.]. – М.: КолосС, 2006. – 612 с.

279. Рафальский С.В. Эффективность использования минеральных удобрений сортами пшеницы / С.В. Рафальский, В.Т. Синеговская., С.Н. Мамонов // Международный научно-исследовательский журнал. –2013. – №2(9).– С. 65-66.

280. Рейли К. Металлические загрязнения пищевых продуктов / К. Рейли. – М.: Агропромиздат, 1985. – 184 с.

281. Ринькис Г.Я. Оптимизация минерального питания растений / Г.Я. Ринькис. – Рига: Зинанте, 1972. – 355 с.

282. Ринькис Г.Я. Сбалансированное питание растений макро– и микроэлементами / Г.Я. Ринькис, Ф.В. Ноллендорф. – Рига, 1982. – 202 с.

283. Рошка В.Г. Продуктивность районированных сортов редиса в зависимости от густоты стояния растений и доз удобрений / В.Г. Рошка / Сб. науч. тр. – Кишинев, 1987. – С. 21-26.

284. Рудакова Э.В. Связь цинка и марганца с белками в листьях сахарной свеклы // Микроэлементы в жизни растений, животных и человека. – Киев, 1964. – С. 53-61.

285. Рутц Р.И. Научные основы и практические результаты селекции яровой пшеницы и озимых мятликовых культур в Западной Сибири / Р.И. Рутц. – РАСХН. Сиб. Отд-ние. СибНИИСХ. – Новосибирск, 2005. – 624 с.

286. Рутц Р.И. Расширение озимого клина – важный резерв увеличения производства зерна в Омской области / Р.И. Рутц // Материалы науч.–практ. конф. – Омск, 1989. – С. 189-200.

287. Сабинин Д.А. Избранные труды по минеральному питанию растений / Д.А. Сабинин. – М.: Наука, 1971. – 512 с.

288. Самофалова И.А. Почвоведение: лабораторный практикум / И.А. Самофалова, Е.С. Лобанова. – Пермь: ИПЦ «Прокрость», 2021. – 139 с.

289. Самсонова Н.Е. Комплексная диагностика питания растений: справочное издание / Н.Е. Самсонова. – ФГБОУ ВПО «Смоленская ГСХА». – Смоленск, 2014. – 40 с.

290. Саранин К.И. Озимая пшеница / К.И. Саранин. – М.: Московский рабочий, 1973. – 150 с.

291. Семина С. А. Формирование продуктивности яровой мягкой пшеницы при применении регуляторов роста и микроудобрений / С. А. Семина // Нива Поволжья. – 2010. – №3 (16). – С.37-41.

292. Серегина И.И. Влияние азотного питания и цинка на рост, развитие и продуктивность яровой пшеницы / И.И. Серегина, Л.В. Осипова, Н.Т. Ниловская // Агрехимия. – 2004. – №3. – С. 21-24

293. Синдирева А.В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе почва–растение–животное: автореф. дис. ... д–ра биол. наук / А.В. Синдирева. – Тюмень, 2012. – 32 с.

294. Синягин И.И. Применение удобрений в Сибири / И.И. Синягин, Н.Я. Кузнецов. – М.: Колос, 1979. – 373 с.
295. Сисо А.В. Биоэнергетическая оценка различных агроприемов возделывания озимой пшеницы, сахарной свеклы и сои в орошаемом травяно-зернопропашном севообороте / А.В. Сисо, А.В. Югов, В.Н. Герасименко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – №4(28). – С. 43-51.
296. Система адаптивного земледелия Омской области. ФГБУ «Омский АНЦ». – Омск: ИП Макшеева Е. А., 2020. – 522 с.
297. Сказалова Н.Н. Микроэлементы (Co, Cu, Mo, Ni, Mn) в почвах поймы реки Иртыша: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.Н. Сказалова. – Омск: ОмСХИ. – 1973.– 17 с.
298. Склярова М.А. Диагностика и оптимизация цинкового питания кукурузы на зерно на лугово-черноземной почве Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / М.А. Склярова. – Омск, 2008. – 175 с.
299. Склярова М.А. Диагностика и оптимизация цинкового питания кукурузы на лугово-черноземной почве Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М.А. Склярова. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2008. – 16 с.
300. Склярова М.А. Эффективность различных приемов применения цинка под кукурузу на лугово-черноземной почве Омской области / М.А. Склярова // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2014. – №1 (13). – С. 28-31.
301. Смирнова Т.Б. Влияние бора и цинка на урожайность и качество семян капусты белокочанной на лугово-черноземной почве Омского Прииртышья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т.Б. Смирнова. – Омск: ОмГАУ. – 2003. – 16 с.
302. Созинов А.А. Энергетическая цена индустриализации агросферы / А.А. Созинов, Ю.Ф. Новиков // Природа. – 1985. – № 5. – С. 11-19.
303. Соколов А.В. Химический анализ почвы и применения удобрений / А.В. Соколов // Журн. Всесоюз. хим. о-ва, 1965. – Т. 10. – № 4. – С. 375-381.

304. Соколов О.А. Минеральное питание растений в почвенных условиях на примере гречихи / А.В. Соколов. – М.: Наука, 1980. – 192 с.
305. Сорты сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ «Омский АНЦ»: каталог / ФГБНУ «Омский АНЦ»; под общ. ред. канд. техн. наук М.С. Чекусова. – Омск: Изд-во ИП Макшеевой Е.А., 2022. – 148 с.
306. Сорты сельскохозяйственных культур селекции ФГБНУ СибНИИСХ / Отв. ред. И.Ф. Храмцов. – Омск: ЛИТЕРА, 2016. – 169 с.
307. Степанюк В.В. Влияние высоких доз цинка на элементный состав растений / В.В. Степанюк, С.П. Голенецкий // Агрехимия. – 1991. – № 7. – С. 60-66.
308. Степанюк В.В. Влияние различных соединений цинка на урожай культур и его поступление в растения / В.В. Степанюк, С.П. Голенецкий // Агрехимия. – 1990. – № 3. – С. 85-91.
309. Стефановский К.С. Влияние различных соединений цинка на рост растений / К.С. Стефановский // Агрехимия. – 1984. – №11. – С. 112-118.
310. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири: монография / А.И. Сысо. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 227 с.
311. Сычев В.Г. Диагностика минерального питания полевых культур и определение потребности в удобрениях / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, Т. М. Духанина. – М.: ВНИИА, 2017. – 220 с.
312. Сычев В.Г. Итоги и перспективы развития агрохимии / В.Г. Сычев, Е.Н. Ефремов, В.А. Романенков // Проблемы агрохимии и экологии. – 2013. – № 4. – С.11-16.
313. Сычев В.Г. Приемы управления продукционным процессом для достижения потенциальной продуктивности пшеницы / В.Г. Сычев, Н.Т. Ниловская, Л.В. Осипова. – М., 2008. – 192 с.
314. Сычев В.Г. Цинк в агроэкосистемах России: мониторинг и эффективность применения / В.Г. Сычев, А.Н. Аристархов, Т.Я. Яковлева. – М.: ВНИИА, 2015. – 203 с.

315. Технология производства продукции растениеводства: учеб. для вузов / В.А. Федотов [и др.]. – М.: Колос, 2013. – 487 с.
316. Тихомиров Ф.А. Формы природного и внесенного цинка в почвах и его поступление в растения / Ф.А. Тихомиров, И.Т. Моисеев // *Агрохимия*. – 1975. – №12. – С. 90-96.
317. Толоконников А.М. Влияние некорневых подкормок микроэлементами на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А.М. Толоконников, Н.Г. Мязин // *Агрохимический вестник*. – 2012. – № 4. – С. 13-14.
318. Трисвятский Л.А. Хранение и технология переработки сельскохозяйственной продукции / Л.А. Трисвятский. – Колос, 1991. – 536 с.
319. Трубина Н.К. Диагностика условий минерального питания лука репчатого: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Н.К. Трубина. – Омск: ОмСХИ. – 1993. – 16 с.
320. Удовенко Г.В. Реакция различных сортов ячменя на изменение уровней минерального питания и влажность почвы / Г.В. Удовенко, С.П. Гусакова // *Агрохимия*. – 1986. – № 10. – С. 54-60.
321. Удольская Н.Л. Отзывчивость сортов яровой мягкой пшеницы на минеральные удобрения. Омск, 1932, 47 с.
322. Ульрих А. Роль анализа растений в характеристике питания сахарной свеклы / А. Ульрих // *Анализ растений и проблемы удобрений*. – М., 1964. – С. 174-198.
323. Управление азотным питанием растений в почве / А.А. Завалин, Г.Г. Благовещенская, Л.С. Чернова, Н.Я. Шмырева // *Агрохимический вестник*. – 2012. – № 4. – С. 38-40.
324. Управление питанием яровой пшеницы на основе растительной диагностики / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // *Земледелие*. – 2021. – №6. – С. 36-40.

325. Урожайность и потребление элементов питания яровой пшеницей при применении микроудобрений / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // *Агрохимический вестник*. – 2022. – №5. – С. 5-17.

326. Усовершенствованная агротехнология яровой пшеницы на основе применения некорневых подкормок микроэлементами в хелатной форме и стимуляторами роста в условиях южной лесостепи Западной Сибири: рекомендации / Н.А. Воронкова и др. – ФГБНУ «Омский АНЦ». – Омск. – 2020. – 24 с.

327. Федоров Р.А. Биохимические особенности продуктов переработки зерна муки / Р.А. Федоров. – Санкт–Петербург, 2017. – 103 с.

328. Фидлер В. Листовой анализ в плодоводстве: Пер. с нем. / В. Фидлер. – М.: Колос, 1970. – 95 с.

329. Филин В.И. Агрохимические основы управления качеством зерна озимой пшеницы / В.И. Филин // *Научный вестник*. – 1999. – № 1.– С. 197-204.

330. Филин В.И. Влияние удобрений и нормы посева на урожайность и качество зерна озимой пшеницы в степной зоне Волгоградской области / В.И. Филин, А.Г. Кузин // *Научный журнал КубГАУ*. – 2007. – № 29 (5). – С. 1-9.

331. Формирование продуктивности зерновых культур при применении минеральных удобрений и регуляторов роста в условиях Среднего Поволжья): монография / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, Е.В. Провалова, В.Г. Половинкин. – Ульяновск: Изд-во Ульяновский ГСХА, 2023. – 258 с.

332. Характеристика пахотных почв Ульяновской области по содержанию микроэлементов и эффективность применения микроэлементсодержащих препаратов / Е.А. Черкасов, В. А. Исайчев, Б.К. Саматов, С.Н. Никитин // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии* – 2012. – №4(20). – С.30-34.

333. Храмцов И.Ф. Система применения удобрений и воспроизводства плодородия почв в полевых севооборотах лесостепи Западной Сибири: Автореф. дис. ... д–ра с.–х. наук: 06.01.04. – Омск, 1997. – 32 с.

334. Хузина Э.Р. Оптимизация применения бактериальных удобрений на яровой пшенице / Э.Р. Хузина, И.Х. Габдрахманов // *Агрохимический вестник*. – 2009. – № 5. – С. 16-17.

335. Церлинг В.В. Диагностика питания растений по их химическому анализу / В.В. Церлинг // *Агрохимические методы исследования почв*. – М., 1965. – С. 387-422.

336. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник / В.В. Церлинг. – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.

337. Церлинг В.В. Обмен веществ, формирование урожая и диагностика потребности растений в удобрениях: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Церлинг. – М., 1962. – 36 с.

338. Чайлахян М. Х. Роль регуляторов роста в жизни растений и практике сельского хозяйства / М. Х. Чайлахян // *Известия АН СССР. Серия Биология*. – 1982. – №1. – С. 20-25.

339. Чернавина И.А. Физиология и биохимия микроэлементов / И.А. Чернавина. – М.: Высшая школа, 1970. – 310 с.

340. Черненко В.Г. Теоретические основы оптимизации и диагностики минерального питания зерновых культур в сухостепной зоне Северного Казахстана / В.Г. Черненко. – Омск, 1993. – 56 с.

341. Чернявская Н.А. О роли цинка в питании растений / Н.А. Чернявская, Г.Г. Фареник, Д.Ф. Гончаренко // *Агрохимия*. – 1975. – №9. – С. 81-90.

342. Шаманин В.П. Иммунологическая оценка сортов яровой мягкой пшеницы селекционного питомника КАСИБ / В.П. Шаманин, И.В. Потоцкая // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. – 2016. – № 2 (22). – С. 5–10.

343. Шаманин В.П. Скрининг сортов яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ к бурой и стеблевой ржавчине в условиях Западной Сибири / В.П. Шаманин, И.В. Потоцкая, О.Г. Кузьмин // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. – 2017. – Т. 12. – № 2 – (44). – С. 58-63.

344. Шафран С. А. Азотное питание / С. А. Шафран, В. Г. Сычев, А. Л. Кондрашов. – М.: ОАО «ЕвроХим», 2013. – 80 с.

345. Шафран С.А. Диагностика питания зерновых культур и определение потребности в азотных удобрениях / С.А. Шафран. – М.: РАСХН, 2000. – 66 с.
346. Шафран С.А. Эффективность азотной подкормки различных сортов озимой пшеницы на чернозёме выщелоченном / С.А. Шафран, А.И. Васильев, С.С. Андреев // Агрохимия. – М. – 2008. – №2. – С. 18–25.
347. Шафронов О.Д. Эффективность применения микроудобрений в Нижегородской области / О.Д. Шафронов, Н.П. Егоров, Р.С. Куликов // Агрохимический вестник. – 2009. – №4. – С. 24-26.
348. Шевчук В.Е. Микроэлементы в растениеводстве Сибири и Дальнего Востока / В.Е. Шевчук, А.Ф. Скрипченко, Я.Г. Баркан. – Иркутск: ВосточноСибирское книжное изд-во, 1974. – 210 с.
349. Шеуджен А.Х. Методы расчета доз удобрений: учеб. пособие / А.Х. Шеуджен, Л.И. Громова, Л.М. Онищенко. – Краснодар, 2010. – 61 с.
350. Шеуджен А.Х. Микроэлементы в питании и продуктивности риса в условиях Краснодарского края: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.Х. Шеуджен. – М., 1992. – 38 с.
351. Шibaева О.В. Формирование урожая зерна яровой твердой пшеницы в зависимости от технологических приемов возделывания: дис. ... канд. с.-х. наук / О.В. Шibaева. – Казань, 2002. – 143 с.
352. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М.Я. Школьник. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.
353. Шубин О.А. Оптимизация минерального питания и моделирование продуктивности озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: дис. ... канд. с.-х. наук / О.А. Шубин. – Омск, 2008. – 222 с.
354. Шувалова Н. В. Влияние цинковых удобрений на урожайность и качество яровой пшеницы в условиях Западной Сибири / Н.В. Шувалова, Н.В. Гоман, М.В. Мотнева // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы Международной научно-практической конференции. – Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2011.– С. 302-306.

355. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений в полевом зернопаровом восьмипольном севообороте на обыкновенном черноземе при традиционной и ресурсосберегающей системах земледелия / В.И. Попова, В.А. Чудинов, Е.П. Болдышева, А.И. Бекмагамбетов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2020. – №7. – С. 16-25.

356. Эммануэль Н.М. Химия и пища / Н.М. Эммануэль, Г.Е. Заиков. – М.: Наука, 1986. – 173 с.

357. Эммерт Ф. Влияние взаимодействия ионов на состав растительных тканей / Ф. Эммерт // Анализ растений и проблемы удобрения. – М., 1964. – С. 218-233.

358. Эффективность допосевного внесения цинковых удобрений под озимые зерновые культуры на лугово-черноземной почве Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.И. Попова, Е.П. Болдышева // Омский научный вестник. – 2011. – №1. – С. 246-250.

359. Эффективность микроудобрений Микромак и Микроэл в посевах озимой пшеницы на черноземе, выщелоченном / А.Н. Есаулко [и др.] // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 24–26.

360. Эффективность некорневой подкормки хелатами микроэлементов при возделывании яровой пшеницы на лугово-черноземной почве / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, Ю.В. Аксенова // Земледелие. – 2020. – №5. – С. 31-34.

361. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур: монография / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 293 с.

362. Эффективность применения микроудобрений на черноземах типичных под озимую пшеницу / О.А. Митрохина, Е.П. Проценко, Т.В. Сапрыкина, А.А. Проценко // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – №2. – С.47-49.

363. Эффективность применения микроудобрений под озимую пшеницу на лугово-черноземной почве Западной Сибири / И.А. Бобренко, В.М. Красницкий, Н.В. Гоман, В.И. Попова // Плодородие. – 2011. – №4. – С. 18-19.

364. Эффективность основного внесения цинковых удобрений под озимые зерновые культуры на лугово-черноземной почве Западной Сибири / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.И. Попова, Е.П. Болдышева // Омский научный вестник. – 2011. – №1 (104). – С. 246-250.

365. Эффективность применения некорневых азотных подкормок яровой пшеницы / М.В. Иванова, И.А. Бобренко, В.П. Кормин, Н.В. Гоман // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2022. – №2 (46). – С. 5-12.

366. Эффективность применения различных форм азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы / И.А. Бобренко, В.И. Попова, В.П. Кормин, Н.В. Гоман, Е.П. Болдышева // II Всероссийская (национальная) конференция «Рациональное использование природных ресурсов: теория, практика и региональные проблемы» (26 мая 2022 г., г. Омск). – Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2022. – С. 211-218.

367. Ягодин Б.А. Агрохимия: учебник для вузов / Б.А. Ягодин, Ю.П. Жуков, В.И. Кобзаренко. – М.: Колос, 2002. – 584 с.

368. Ягодин Б.А. Проблемы микроэлементов в биологии / Б.А. Ягодин, Е.Н. Максимова, С.М.Саблина // Агрохимия. – 1988. – № 7. – С. 126-134.

369. Adriano D.C. Trace elements in the terrestrial environment. – New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: Springer-Verlag, 1986. – 533 p.

370. Adriano D.C., Paulsen G.M., Murthy L.S. Phosphorus-iron and phosphorus-zinc relationships in corn (*Zea mays* L.) seedlings as mineral nutrition // Agron. J. – 1971. – V. 63. – P. 36-39.

371. Analysis and Application of Leaf Chemical Concentrations in *Hevea brasiliensis* nutrition: Compositional Nutrient Diagnosis Norms / Njukeng Jetro Nkengafac, Ehab Eugene Ejolle, George Elambo Nkeng, Schnug Ewalds // International Journal of Advanced Research in Chemical Science. – Volume 1. – Issue 6. – 2014. – P. 29-35.

372. Azarenko Yu.A. Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agrocenoses in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // Annals of Biology. – 2019. – 35 (1). – P. 67-72.

373. Banal R.L., Chahal D.S. Interaction effect of Fe and Mn on growth and nutrient content of moong (*Phaseolus aureus* L.) // *Acta agronomica Hungarica*, vol.39. – №1–2. – 1990. – P. 59-63.

374. Beckett P. Upper critical levels of toxic elements in plants / P. Beckett, R. Davis // *New Phytologist*. – 1977. – V. 79. – P. 95-106.

375. Bobrenko I.A. Zinc Application Method Impacts Winter Triticale in Western Siberia / I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.Yu. Pavlova // *Better crops contents with plant food*. – 2013. – Vol. XCVII (97). – № 3. – P. 21-23.

376. Boyton D., Compton O. Leaf analysis in estimating the potassium, magnesium and nitrogen needs of fruit trees // *Soil Science*. – 1945. – 59. – P. 339-351.

377. Chapman H.D. Foliar sampling for determining the nutrient status of crops // *World crops*. – 1964. – №9. – P. 34-36.

378. Chumbtey C. Permissible levels of toxic metals in sewage used on agricultural land // *Agric. Dev. Advisory Serv. Pap. №10*, Ministry of agric., England, 1971. – P. 12-18.

379. Economic efficiency of the use of microelement chelates in cultivation of spring wheat on quasigleyic black soil / N.V. Goman, I.A. Bobrenko, V.V. Popova, A.A. Gaidar, E.P. Boldysheva // *IOP: Materials Science and Engineering*. – 2021. – № 659. – 012066.

380. Effective use of various forms of nitrogen fertilizers in barley cultivation / I.A. Bobrenko, V. P. Kormin, N.V. Goman, V.I. Popova, E.P. Boldysheva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2021. – № 845. – 5012016.

381. Efficiency of biologization of agriculture in Western Siberia (on the example of the Omsk region) / N. A. Voronkova, I. A. Bobrenko, N. M. Nevenchannaya, V. I. Popova // *III International Scientific Conference: AGRITECH–III–2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. – C. 22071.

382. Efficiency of foliar feeding with zinc and copper chelates of spring soft wheat in the conditions of the southern forest–steppe of the Omsk Irtysh region / I.A. Bobrenko, V.V. Popova, N.V. Goman, A.A. Gaidar // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research. The Fifth Technological Order: Prospects for the Development and Modernization of the Russian Agro–Industrial Sector.* – 2019. – V. 393. – P. 232-235.

383. Efficiency of nitrogen fertilization in spring wheat / A. Szmigiel, M. Kołodziejczyk, A. Oleksy, B. Kulig // *International Journal of Plant Production.* – 2016. – № 10(4). – P. 447-456.

384. Effect of differential nitrogen, potassium and magnesium supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots / P.F. Smith, W. Reuter, A.W. Specht, G. Hrneir // *Plant Physiol.* – 1954. – 29. – P. 349-355.

385. Epstein E. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.* – Second Edition / E. Epstein, A. J. Bloom // Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, MA, 2004. – 400 pp.

386. Godzik B. Accumulation of heavy metals in *Biscutella laevigata* (Cruciferae) as a function of their concentration in substrate / B. Godzik // *Pol. Bot. Stud.* – 1991. – V.2. – P. 241-246.

387. Grant C.A. The influence of Zn and P fertilizer on dry matter yield and nutrient content of flax (*Linum usitatissimum* L.) on soil varying in Ca and Mg level / C.A. Grant, L.D. Bailey. // *Canadian journal of soil science.* – 1989. – V. 69. – №3. – P. 461-472.

388. Heavy metal: tolerance in plants / Antonovics J. Et. al. // *Adv. Ecol. Res.* – 1971. – №1. – P. 1-14.

389. Hemphill D.D. Availability of trace elements to plants with respect to soil–plant interaction // *Ann. N.Y. Acad. Sci.* – 1972. – V. 99. – №1. – P. 46-60.

390. Improving Competitiveness of the Wheat Production within the Siberian Region (in Terms of the Omsk region) / I.A. Bobrenko, O.V. Shumakova, N.V. Goman,

Y.I. Novikov, V.I. Popova, O.A. Blinov // Journal of Advanced Research in Law and Economics. – 2017. – V. VIII, Is. 2(24). – P. 426-436.

391. Increasing Economic Efficiency of Producing Wheat in the West Siberia and South Ural as a Factor of Developing Import Substitution / D.S. Nardin, I.A. Bobrenko, N.V. Goman, E.A. Vakalova, S.A. Nardina // International Review of Management and Marketing. – 2016. – 6(4). – P. 772-778.

392. Influence of the agro zerebra growth regulator on yield and quality of spring barley grain / N.V. Goman, V. P. Kormin, I.A. Bobrenko, V.I. Popova, E.P. Boldysheva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – № 937. – 022126.

393. Introduction of Calculated Doses of Mineral Fertilizers to Achieve Maximum Productivity of Winter Wheat Varieties on Chernozem Leached Stavropol Upland / A.N. Esaulko, A. Y. Ozheredova, M. S. Sigida, A. V. Voskoboinikov, O. A. Podkolzin // Research journal of pharmaceutical biological and chemical sciences. – 2017. – Vol. 8 (6). – P. 778–781.

394. Jerald D.W. Rickels, John C.L. Iron uptake and translation of tomato plant as influenced by root temperature and manganese nutrition // Plant Physiol. 1966. – V.41. – P. 1095-1101.

395. Kloke A. Richtwerte`80. Orientierungsdaten fur tolerierenrbare Gesamtgehalte einger Elemente in Kulturbuden // VDLUFA–Mitteilungen. – 1980. – № 1-3. – P.9-11.

396. Kuo S., Mikkelson D.S. Effect of P and Mn on growth response and uptake of Fe, Mn and P by sorghum // Plant Soil. – 1981. – V.62. – P. 15–22.

397. Lasrtity B., Kadar I. Effect of ameliorative PK fertilizftion on the fertility parameters of some soil types // Acta agron. Acad. Sci. Hung. – 1984. – V.33. – №1-2.

398. Lundegardh H. Leaf analyasis / H. Lundegardh. – London, 1951. – 124 p.

399. Memon N. Plant Analysis as a Diagnostic Tool for Evaluating Nutritional Requirements of Banana / Memon N., Memon K.S. And Zia–ul–Hassan // Plant analy-sis as diagnostic tool in Banana Nutrition, Int. J.Agric.Biol., Vol.7, No.5, 2005. – P. 824-831.

400. Neubert P. Grund laden und Anwendung der Pflanzenanalyse der Landwirshaflichen Kulturen / P. Neubert. – Jena,1982. – S. 1-72.

401. Nicholas D.J.D. Experiments on correcting magnesium deficiency in glass-house tomatoes // J. Hort. science, 1948. – 24. – P. 1-18.

402. Njukeng J.N., Enabe E. E. Anelysin and Application of Leaf Chemical Concentrations in Heveebrasiliensis nutrition: Compositional Nutrient Diagnos Norms / Njukeng Jatro Nkengafac, Enabe Eugene Ejolle // International Journal or Advanced Research in Chomical Science (IJARCS) Volume 1, Issue 6, August 2014. – P. 29-35.

403. Prevot P., Ollagnier M. Methode d'utilisation du diagnostic foliarie // Plant Analysis and Fertilizer Problems. – I.H.R.O., Paris. – 1956. – P. 177-192.

404. Regularities of the distribution and heavy metal forms in technogenically transformed chernozems of the southern Angara River basin and northeastern China / G.A. Belogolova, O.N. Gordeeva, P.V. Koval, Q.X. Zhou, G.L. Guo // Pochvovedenie, 2009. – № 4. – P. 429-440.

405. Reuter W., Smith P.F. Symposium: Minor elements in relation to soil factors; toxic effects of accumulated copper in Florida soils // Proc. Soil. Sci. Coc. Florida, 1954. – №14. – P.17–24.

406. Schropp W. Ober die Wirkung des Mangans in Form verschiedener Salze sowie in Gemischen mit anderen Spurenelementen (Spurenelen) / Zeitschrift fur Pflanzenernarung, Dungung, Bodenkunde, 1949. – №48(93). – P. 150-190.

407. Shamanin V. Spring wheat breeding in Western Siberia for resistance to leaf and stem rust / V. Shamanin, A. Morgounov // 12th International cereal rusts and powdery mildews conference, Antalya, Turkey, October 13-16, 2009. – P. 82.

408. Singh M., Singh R.S. Response of wheat no zinc fertilization at different of levels of phosphorus in a loamy sand soil // J. Indian. Soc. Soil. Science. – 1979. – V.27. – №3.

409. Singh M., Yadav D.S. Effect of Cu, Fe and liming on the growth, concentration and uptake of Cu, Fe, Mn and Zn in sorghum // J. Indian. Soc. Soil. Science. – 1980. – V.28. – P.113-118.

410. Smith P. F. Mineral Analysis of Plant Tissues // *Ann. Rev. Plant Physiol.* – 1962. – V.13. – P. 81-108.
411. Smith P.F. Heavy–metal nutrition and iron chlorosis of citrus seedlings / P.F. Smith, A.W. Specht // *Plant Physiol.* – 1953. – 28. – P.371-382.
412. Steckel J.E. Manganese fertilization of soybeans in Indiana / J.E. Steckel // *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* – 1946. – №11. – P. 345-348.
413. Swain D. The trace – elements of soils / D. Swain // *Agr. Bureau.* – 1955. – №48. – P. 83-87.
414. Trace Element Content in the Soils of the Forest–Steppe of Western / N.V. Goman, I.A. Bobrenko, O.A. Matveychik, V.I. Popova, E.G. Bobrenko // *International research conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education, KnE Life Sciences.* – 2021. – P. 153-160.
415. Veltrup W. Effect of heavy metals on cadmium absorption by intact barley roots // *J. Plant. Nutr.* – 1981. – V.3 – №1 – 4.
416. Verma T.S., Trapthi B.R. Interaction effects of P–Zn and P–Cu on dry matter yield micro–nutrient availability to rice in water–logged alfisols // *Acta. Agronomica Hungarica.* – 1986. – V.35. – №1–2. – P. 83-90.
417. Voisin A. Les nouvelles lois scientifiques d`application des engrais / A. Voisin. – Quebec, 1964. – 133 p.
418. Warnok R.E. Micronutrient uptake and mobility within corn plants (*Zea mays* L.) in relation to phosphorus reduced zinc deficiency // *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* – 1970. – V. 34. – P. 765-769.
419. Wheat response to no–tillage and nitrogen fertilization in a long–term faba bean–based rotation / D. K. Singh, P. C. Pandey, G. Nanda, S. Gupta // *Agronomy.* – 2019. – Vol. 9 (2). – P. 50.
420. Yield and quality of hulless barley when using foliar fertilizing with macro– and micro–fertilizers in the steppe zone / I.A. Bobrenko, V.P. Kormin, N.V. Goman, E.P. Boldysheva, V.I. Popova // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* – 1043 (2022) 012045.

421. Zhang Q. Effects of cover crop and N fertilization on soil moisture and crop yield in a dryland winter wheat field / Q. Zhang, J. Wang // *Agricultural Research in the Arid Areas*. – 2019. – Vol. 36 (6). – P. 120 -124.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Метеорологические условия в годы проведения исследований (2007-2021 гг.) по данным ГМС Омск

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха, ОС								Сумма осадков, мм							
		Год							Средне- многолетние показатели	Год						Средне- многолет- ные пока- затели	
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2007	2008	2009	2010	2011	2012		2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Январь	I	-13,6	-16,1	-14,1	-16,2	-31,2	-14,4	-20,5	-16,8	3	5	6	3	0	0,5	4	9,4
	II	-8,4	-23,5	-17,0	-12,7	-17,2	-21,1	-18,7	-14,0	12	2	16	0,9	3	1	8	5,7
	III	-6,1	-20,3	-19,7	-16,6	-18,9	-23,4	-14,5	-20,4	15	2	7	8	0,2	0,4	14	4,4
	месяц	-9,3	-20,0	-17,0	-15,2	-22,3	-19,8	-17,8	-17,1	30	9	29	12	3	2	26	23,9
Февраль	I	-10,2	-15,3	-20,1	-25,2	-12,6	-21,9	-12,4	-18,6	5	2	12	2	12	2	3	6,1
	II	-16,0	-16,2	-20,4	-16,4	-15,6	-18,3	-12,7	-14,7	7	4	7	5	8	0,2	3	6
	III	-22,0	-5,8	-17,9	-23,6	-18,6	-16,9	-13,1	-9,5	10	20	0	9	0,4	0	5	4,4
	месяц	-15,1	-12,9	-19,4	-21,8	-15,4	-19,1	-13,2	-14,3	22	26	19	16	20	2	11	16,8
Март	I	-12,2	-13,1	-10,5	-12,1	-11,2	-9,3	-12,1	-9,0	1	5	0,5	7	4	0,1	17	6
	II	-9,8	-7,7	-6,1	-7,1	-8,0	-7,6	-5,8	-5,1	3	6	3	11	15	6	12	8,8
	III	-1,4	-2,9	0,1	-5,1	-4,2	-0,9	-5,5	-1,8	4	2	1	6	7	13	11	10,3
	месяц	-7,6	-2,3	-5,3	-8,0	-7,7	-5,8	-7,7	-5,3	8	13	5	24	26	19	40	22,8
Апрель	I	2,1	2,3	3,9	-0,2	1,3	5,0	2,1	2,4	10	5	8	0	9	1	3	10
	II	5,1	3,6	2,5	4,8	11,0	12,1	3,4	5,8	16	0,2	11	2	28	0	1	11
	III	13,0	7,8	8,0	12,7	8,9	8,9	10,7	5,4	16	12	8	4	28	16	35	10,3
	месяц	6,7	4,6	4,8	5,8	7,1	8,7	5,1	4,6	42	7	27	6	65	17	39	31,3
Май	I	9,4	9,5	10,0	11,7	10,2	6,6	9,9	11,2	48	3	10	4	0	27	23	7,4
	II	5,1	3,6	2,5	4,8	11,0	12,1	7,8	11,7	14	2	9	1	8	8	13	8,3
	III	13,4	13,2	12,2	13,0	13,6	16,3	13,0	12,1	10	20	18	22	15	3	9	16,5
	месяц	12,5	13,0	12,5	11,4	11,9	12,3	10,3	11,7	72	25	37	27	23	38	45	32,3
Июнь	I	10,4	14,3	20,0	18,5	19,2	20,3	13,7	16,4	8	27	0	9	18	14	5	18,4
	II	15,9	18,1	15,9	20,4	18,7	19,8	16,9	18,7	29	5	35	17	10	16	8	18,7
	III	21,1	20,3	14,2	17,0	20,1	21,4	19,4	18,9	99	2	25	18	9	17	0	20,5
	месяц	15,8	17,6	16,7	18,6	19,3	20,5	16,7	-16,8	136	34	60	44	37	47	13	57,8

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха, ОС								Сумма осадков, мм							
		Год							Средне- многолетние показатели	Год						Средне- многолетние показатели	
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013		2007	2008	2009	2010	2011	2012		2013
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Июль	I	20,9	19,5	19,5	16,4	17,4	20,1	16,6	18,2	79	31	20	5	10	21	24	16,3
	II	22,3	23,4	18,5	19,6	17,4	25,6	19,3	19,7	5	18	48	9	55	5	54	12,5
	III	17,4	22,3	16,6	17,4	18,9	22,8	21,1	19,6	21	6	95	6	15	1	21	31,8
	месяц	20,1	21,8	18,2	17,8	17,9	22,8	19,1	19,1	105	55	163	20	80	8	99	60,6
Август	I	18,6	18,3	16,8	20,2	15,3	19,8	19,4	18,8	51	4	104	0,4	28	19	36	9,5
	II	13,4	17,9	15,1	16,8	18,8	19,6	17,7	18,1	16	12	13	11	0	7	1	15,7
	III	19,1	15,7	17,1	18,9	12,1	14,4	14,2	17,1	6	19	27	11	36	23	23	15,5
	месяц	17,1	17,2	16,3	18,6	15,4	17,9	17,1	17,5	73	35	144	22	64	49	60	34
Сентябрь	I	6,7	12,6	11,2	13,3	15,3	15,1	15,0	13,0	2	39	28	6	0,7	6	14	8,7
	II	12,5	7,0	10,7	7,4	14,3	11,9	7,6	10,9	20	12	11	7	0	15	11	12,2
	III	8,3	6,0	10,2	13,1	10,5	9,7	9,0	9,4	3	0,4	6	0,4	4	2	3	6,8
	месяц	12,8	8,5	10,7	11,3	13,4	12,2	10,5	11,1	25	51	45	13	5	23	28	21,7
Октябрь	I	6,2	9,8	8,9	6,0	10,2	7,5	3,3	6,1	4	0	4	2	31	6	8	13,7
	II	6,5	3,0	6,2	5,0	8,1	6,1	2,2	1,6	2	19	8	11	1	2	4	13,7
	III	1,9	2,6	-2,4	3,1	0,4	1,1	2,2	1,2	8	0	8	0	19	16	10	28,8
	месяц	4,8	5,1	4,0	4,6	6,0	4,8	2,6	3,1	14	19	20	13	51	24	22	58
Ноябрь	I	-2,6	0,2	-6,6	2,5	-5,2	-5,7	2,0	-3,9	12	25	6	18	20	13	21	12,5
	II	-6,7	-0,6	-8,0	1,3	-9,1	-5,2	1,0	-11,6	2	11	4	12	18	25	8	5,5
	III	-8,0	0,2	-2,7	-12,1	-12,9	-9,1	-2,1	-9,3	6	0,2	9	25	15	15	2	14,5
	месяц	-5,8	-0,1	-5,6	-2,8	-9,1	-6,7	0,3	-8,3	20	36	19	55	53	53	31	32,5
Декабрь	I	-11,7	-5,3	-13,3	-13,9	-12,3	-17,6	-4,7	-10,4	5	6	16	16	9	6	12	10
	II	-11,7	-11,8	-18,8	-17,1	-22,2	-31,7	-9,7	-13,0	4	0,8	6	7	5	2	20	13,2
	III	-15,2	-16,5	-20,9	-23,1	-13,0	-20,9	-13,2	-14,0	11	3	5	12	9	5	1	14,4
	месяц	-12,9	-11,4	-17,8	-18,0	-15,7	-23,3	-9,3	-13,0	20	10	27	35	23	13	33	37,6
За май-август		65,5	69,6	63,7	66,4	64,5	73,5	63,2	66,9	63,5	149	404	113	204	142	217	184,7
Июнь август		53	56,6	51,2	55	52,6	61,2	52,9	54,9	51,8	124	367	86	181	104	172	152,4

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха, °С									Сумма осадков, мм								
		Год								Средне-многолетние показатели	Год								Средне-многолетние показатели
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Январь	I	-15,7	-12,6	-25,5	-11,5	-19,0	-16,2	-7,5	-26,3	-16,8	18	18	0,5	16	0,7	3	10	3	9,4
	II	-9,2	-9,5	-19,8	-16,8	-16,5	-12,7	-10,7	-18,5	-14,0	12	15	3	3	17	0,9	10	7	5,7
	III	-24,7	-19,7	-19,3	-16,9	-25,1	-16,6	-11,6	-17,6	-20,4	7	5	0,2	6	0	8	13	5	4,4
	месяц	-16,5	-13,9	-21,5	-15,1	-20,2	-15,2	-10,0	-20,7	-17,1	37	48	3,5	25	17,7	11,9	33	15	23,9
Февраль	I	-24,6	-14,2	-8,5	-17,9	-18,1	-28,1	-9,6	-12,3	-18,6	0,4	9	9	11	0,9	6	13	9	6,1
	II	-17,1	-14,4	-10,6	-19,6	-14,8	-11,9	-8,8	-17,2	-14,7	15	2	2	3	10	6	13	11	6
	III	-16,7	-6,4	-3,1	-4,2	-15,0	-11,4	-3,7	-23,5	-9,5	11	6	0,3	6	2	1	10	5	4,4
	месяц	-19,5	-11,7	-7,4	-13,9	-16,3	-17,1	-8,3	-17,5	-14,3	26,4	17	11,3	20	12,9	13	36	38	16,8
Март	I	-9,6	-10,1	-7,8	-7,0	-13,1	-6,6	-4,5	-8,9	-9,0	2	3	7	2	6	2	6	22	6
	II	-1,7	-2,2	-4,9	-8,0	-10,2	-3,4	0	-11,0	-5,1	18	14	13	0	7	0,9	0,9	2	8,8
	III	0,3	-5,3	1,0	-1,7	-4,4	-0,7	-0,4	-3,4	-1,8	2	4	7	19	14	16	11	11	10,3
	месяц	-3,7	-5,7	-3,9	-5,7	-9,2	-3,6	-1,6	-7,6	-5,3	22	21	27	21	27	18,9	18	35	22,8
Апрель	I	3,3	1,3	4,2	-0,5	2,9	3,4	4,8	1,3	2,4	14	0	17	3	11	15	1	4	10
	II	5,8	6,7	10,6	7,9	1,3	2,7	10,4	4,8	5,8	1	28	9	12	8	8	5	0	11
	III	5,1	8,7	8,7	5,8	-0,9	5,2	13,9	8,2	5,4	4	6	32	7	9	3,8	28	10	10,3
	месяц	4,7	5,6	7,8	4,4	1,1	3,8	9,7	4,8	4,6	19	34	58	22	28	26,8	34	14	31,3
Май	I	13,6	14,5	8,8	10,8	5,8	13,9	13,9	13,8	11,2	0,3	10	2	7	25	0,3	2	8	7,4
	II	15,0	14,1	11,9	12,8	6,7	9,6	20,2	17,0	11,7	2	15	2	8	10	13	12	1	8,3
	III	9,5	13,9	12,8	15,5	7,7	13,1	18,1	21,2	12,1	19	19	1	11	37	12,2	6	4	16,5
	месяц	12,7	14,2	11,2	13,0	6,7	12,2	17,4	17,5	11,7	21,3	44	5	26	72	25,5	20	13	32,3
Июнь	I	12,8	20,3	17,3	17,0	16,9	14,2	17,1	15,0	16,4	3	18	0,6	29	8	52	1	8	18,4
	II	20,4	19,4	18,6	21,8	16,6	15,6	16,2	19,1	18,7	5	41	40	1	5	21	0,3	22	18,7
	III	21,4	20,9	18,2	20,1	17,2	15,5	15,2	16,7	18,9	7	0	55	0,9	49	11	43	15	20,5
	месяц	18,2	20,3	18,0	19,6	16,9	15,1	16,2	16,9	15,2	15	59	95,6	30,9	62	84	44	45	57,8
Июль	I	14,8	16,5	19,6	18,1	21,2	18,8	21,4	23,5	18,2	19	29	16	11	0	23	9	13	16,3
	II	15,4	20,7	20,9	17,0	21,8	22,2	24,0	17,1	19,7	17	0,7	20	32	5	0	2	12	12,5
	III	19,2	18,4	19,7	20,2	19,8	20,5	18,3	21,3	19,6	20	24	74	27	40	6	3	8	31,8
	месяц	16,5	18,5	20,0	18,4	20,9	20,5	21,1	20,7	19,1	56	53,7	110	70	45	29	14	33	60,6

окончание приложения 1

Месяц	Декада	Среднесуточная температура воздуха, °С									Сумма осадков, мм									
		Год									Средне- многолетние показатели	Год								Средне- многолетние показатели
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2014		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Август	I	19,4	16,7	19,7	19,7	17,8	19,5	24,7	20,2	18,8	16	8	0	10	10	13	0	24	9,5	
	II	19,7	17,7	20,9	14,5	16,9	19,2	16,5	17,8	18,1	22	33	9	0	18	12	33	13	15,7	
	III	18,4	12,1	19,3	20,2	16,1	18,0	17,1	19,3	17,1	5	28	7	4	34	15	20	6	15,5	
	месяц	18,0	15,5	18,1	18,1	16,9	18,9	19,4	19,1	17,5	43	69	16	14	62	40	53	43	34	
Сентябрь	I	11,4	14,6	16,8	13,3	10,6	11,3	12,0	13,8	13,0	3	3	5	12	7	22	18	17	8,7	
	II	8,0	8,2	13,1	11,2	11,1	14,0	14,1	10,1	10,9	18	31	6	16	0,3	2	6	15	12,2	
	III	7,0	7,1	13,1	9,2	12,7	7,1	8,2	4,6	9,4	0	5	0	2	11	23	14	2	6,8	
	месяц	8,8	10,0	14,3	11,2	11,5	10,8	11,4	9,5	11,1	21	39	11	30	18,3	47	38	34	21,7	
Октябрь	I	3,9	7,6	2,4	1,2	10,7	11,0	5,5	3,6	6,1	28	17	28	9	0	0	5	7	13,7	
	II	0	0,9	-1,9	4,6	1,8	4,2	8,6	5,5	1,6	27	25	12	15	4	10	1	4	13,7	
	III	-3,9	-2,1	2,4	1,4	2,4	5,9	1,4	3,2	1,2	30	45	28	19	37	14	18	18	28,8	
	месяц	0	2,1	2,2	2,4	4,9	7,0	5,0	4,1	3,1	85	87	68	43	41	24	24	29	58	
Ноябрь	I	-3,7	-4,1	-6,7	-0,6	-4,7	-3,4	2,2	-2,8	-3,9	3	16	15	15	22	4	5	10	12,5	
	II	-7,5	-16,5	-23,5	-3,6	-7,4	-10,8	-6,9	-8,0	-11,6	9	0,2	5	7	10	2	8	11	5,5	
	III	-13,8	-6,5	-7,2	-8,1	-8,2	-12,0	-10,6	-9,4	-9,3	21	25	19	0	19	3	1	6	14,5	
	месяц	-8,3	-9,0	-12,5	-4,1	-6,8	-8,7	-5,1	-6,7	-8,3	33	41,2	39	22	51	9	14	27	32,5	
Декабрь	I	-14,1	-4,4	-11,9	-8,7	-17,1	-5,9	-13,9	-8,2	-10,4	15	10	12	-	4	9	6	3	10	
	II	-10,6	-8,1	-16,0	-19,7	-13,3	-10,3	-11,4	-8,6	-13,0	6	8	23	-	8	21	7	6	13,2	
	III	-9,0	-10,1	-18,7	-11,5	-21,5	-12,9	-18,3	-13,3	-14,0	7	28	8	-	8	21	6	5	14,4	
	месяц	-11,2	-7,5	-15,5	-13,3	-17,3	-22,7	-14,7		-13,0	28	46	43	-	20	51	19	14	37,6	
За май-август		65,4	68,5	67,3	69,1	61,4	66,7	74,1	74,2	63,5	135,3	225,7	226,6	140,9	241	178,5	131	134	184,7	
Июнь август		52,7	54,3	56,1	56,1	54,7	54,5	56,7	56,7	51,8	114	181,7	221,6	114,9	169	153	111	121	152,4	

Схемы опытов

Год	Номер опыта	Культура	Схема опыта
1	2	3	4
Влияние различных способов применения Zn-удобрений на продуктивность зерновых культур:			
2007-2011	1	Пшеница озимая	1. N ₃₀ (фон) 1, 2. N ₃₀ Zn ₄ , 3. N ₃₀ Zn ₈ ,
	2	Рожь озимая	4. N ₃₀ Zn ₁₂ *, 5. N ₃₀ P ₆₀ (фон), 6. N ₃₀ P ₆₀ Zn ₄ ,
	3	Тритикале озимое	7. N ₃₀ P ₆₀ Zn ₈ , 8. N ₃₀ P ₆₀ Zn ₁₂ , 9. N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{0,5} *, 10. N ₃₀ P ₆₀ + Zn ₁ *, 11. N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{1,5} *. Дозы Zn ₁₂ и Zn _{1,5} , Cu _{1,5} *, Mn _{1,5} были введены в схему исследований в 2009
2009-2013	4	Пшеница яровая	1. N ₆₀ (фон) 1, 2. N ₆₀ Zn ₄ , 3. N ₆₀ Zn ₈ , 4. N ₆₀ Zn ₁₂ *, 5. N ₆₀ P ₆₀ (фон), 6. N ₆₀ P ₆₀ Zn ₄ , 7. N ₆₀ P ₆₀ Zn ₈ , 8. N ₆₀ P ₆₀ Zn ₁₂ , 9. N ₆₀ P ₆₀ + Zn _{0,5} *, 10. N ₆₀ P ₆₀ + Zn ₁ *, 11. N ₆₀ P ₆₀ + Zn _{1,5} *.
Влияние предпосевной обработки семян солями микроэлементов на продуктивность зерновых культур:			
2007-2011	5	Пшеница озимая	1. N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ (фон), 2. NPK+Zn _{0,5} , 3. NPK+Zn _{1,0} , 4. NPK+Zn _{1,5} ,
	6	Рожь озимая	5. NPK+Cu _{0,5} , 6. NPK+Cu _{1,0} , 7. NPK+Cu _{1,5} , 8. NPK+Mn _{0,5} ,

	7	Тритикале озимое	9.NPK+Mn _{1,0} , 10.NPK+Mn _{1,5} , 11.NPK+Zn _{0,5} Cu _{0,5} , 12.NPK+Zn _{0,5} Mn _{0,5} , 13.NPK+Cu _{0,5} Mn _{0,5} , 14.NPK+Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5} , 15.NPK+Zn _{1,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5} , 16.NPK+Zn _{0,5} Cu _{1,0} Mn _{0,5} , 17.NPK+Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{1,0} , 18.NPK +Zn _{1,5} Cu _{1,0} Mn _{1,0} .
2009-2013	8	Пшеница яровая	14.NPK+Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5} , 15.NPK+Zn _{1,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5} , 16.NPK+Zn _{0,5} Cu _{1,0} Mn _{0,5} , 17.NPK+Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{1,0} , 18.NPK +Zn _{1,5} Cu _{1,0} Mn _{1,0} .
Влияние расчетных доз Zn-удобрений в допосевное внесение на продуктивность зерновых культур			
2010-2012	9	Пшеница озимая	1. N ₃₀ P ₆₀ (фон), 2.NP+Zn _{3,4} (ОУ),
	10	Рожь озимая	3.NP+Zn _{6,6} (ОУ), 4. NP+Zn _{11,3} (ПО)
Влияние стимулятора роста Зеребра -Агро на урожайность зерновых культур			
2014-2016	11	Пшеница яровая	1.Контроль, 2.50 мл/га, 3.100 мл/га,
	12	Ячмень яровой	4.150 мл/га, 5.200 мл/га
Влияние предпосевной обработки семян хелатными микроэлементами на продуктивность пшеницы			
2017-2019	13	Пшеница яровая	Фактор А – доза удобрений: 1. Контроль (без удобрений), 2. Zn ₁₀ , 3.Zn ₂₀ , 4.Zn ₃₀ , 5.Cu ₁₀ , 6.Cu ₂₀ , 7.Cu ₃₀ , 8.Zn ₁₀ Cu ₁₀ , 9.Zn ₂₀ Cu ₁₀ , 10.Zn ₃₀ Cu ₁₀ , 11.Zn ₁₀ Cu ₂₀ , 12.Zn ₁₀ Cu ₃₀ , 13. Zn ₂₀ Cu ₂₀ , 14. Zn ₂₀ Cu ₃₀ , 15.Zn ₃₀ Cu ₃₀

1	2	3	4
Влияние некорневой подкормки хелатными микроэлементами в фазу кушения на продуктивность пшеницы			
2017-2019	14	Пшеница яровая	1. Контроль (без удобрений), 2. Zn ₁₀ , 3. Zn ₂₀ , 4. Zn ₃₀ , 5. Cu ₁₀ , 6. Cu ₂₀ , 7. Cu ₃₀ , 8. Zn ₁₀ Cu ₁₀ , 9. Zn ₂₀ Cu ₁₀ , 10. Zn ₃₀ Cu ₁₀ , 11. Zn ₁₀ Cu ₂₀ , 12. Zn ₁₀ Cu ₃₀ , 13. Zn ₂₀ Cu ₂₀ , 14. Zn ₂₀ Cu ₃₀ , 15. Zn ₃₀ Cu ₃₀
Влияние некорневой подкормки хелатными микроэлементами в фазу выхода в трубку на продуктивность яровой пшеницы			
2017-2019	15	Пшеница яровая	1. Контроль (без удобрений), 2. Zn ₁₀ , 3. Zn ₂₀ , 4. Zn ₃₀ , 5. Cu ₁₀ , 6. Cu ₂₀ , 7. Cu ₃₀ , 8. Zn ₁₀ Cu ₁₀ , 9. Zn ₂₀ Cu ₁₀ , 10. Zn ₃₀ Cu ₁₀ , 11. Zn ₁₀ Cu ₂₀ , 12. Zn ₁₀ Cu ₃₀ , 13. Zn ₂₀ Cu ₂₀ , 14. Zn ₂₀ Cu ₃₀ , 15. Zn ₃₀ Cu ₃₀
Оптимизация применения некорневых азотных подкормок при возделывании различных сортов яровой пшеницы			
2018-2020	16	Пшеница яровая	1. Без удобрений (контроль); 2. N ₁₀ - подкормка в фазу кушения; 3. N ₃₀ - подкормка в фазу выхода в трубку; 4. N ₁₀ - подкормка в фазу кушения + N ₃₀ - подкормка в фазу выхода в трубку; 5. N ₁₃₉ P ₁₀₁ (расчетная доза на 6,5 т/га);

1	2	3	4
			б. $N_{139}P_{101} + N_{10}$ - подкормка в фазу кущения; 7. $N_{139}P_{101} + N_{30}$ - подкормка в фазу выхода в трубку; 8. $N_{139}P_{101} + N_{10}$ - подкормка в фазу кущения + N_{30} - подкормка в фазу выхода в трубку
Эффективность различных форм и способов внесения N-удобрений при возделывании яровой пшеницы мягкой и ячменя ярового плёнчатого в условиях лесостепной зоны Омской области			
2020-2021	17	Пшеница яровая Ячмень яровой	Фактор А – припосевное внесение удобрений: 1. Без удобрений (контроль); 2. N_{30} (аммиачная селитра); 3. N_{30} (карбамид); 4. N_{30} (КАС). Фактор В – некорневая подкормка: 1. Без подкормки; 2. N_{30} (карбамид); 3. N_{30} (КАС).

Урожайность зерна озимых зерновых культур при применении микроудобрений
(2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность по годам, т/га			
	2008	2009	2010	2011
1	2	3	4	5
Применении Zn-удобрений				
Озимая пшеница				
N ₃₀ - фон 1	3,30	1,79	2,19	3,32
Zn ₄	4,59	2,30	2,34	3,81
Zn ₈	3,98	1,93	2,85	3,81
Zn ₁₂	-	-	2,49	3,54
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	4,24	2,29	2,34	3,99
Zn ₄	4,50	2,64	2,35	3,82
Zn ₈	4,54	2,72	2,56	4,29
Zn ₁₂	-	-	2,69	3,95
Zn _{0,5} *	3,33	2,24	2,27	4,09
Zn _{1,0} *	4,33	2,51	2,63	4,46
Zn _{1,5} *	-	-	2,41	4,75
HCP ₀₅	0,22	0,16	0,16	0,26
Озимая рожь				
N ₃₀ - фон 1	3,49	3,97	3,56	4,62
Zn ₄	3,84	4,06	3,65	4,52
Zn ₈	4,06	4,65	3,74	4,87
Zn ₁₂	-	-	3,43	4,61
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	3,69	4,65	3,90	4,65
Zn ₄	4,16	5,74	3,96	5,01
Zn ₈	3,53	4,00	3,77	4,84

1	2	3	4	5
Zn ₁₂	-	-	3,88	4,91
Zn _{0,5} *	4,23	4,03	3,92	4,68
Zn _{1,0} *	5,04	5,11	4,21	4,81
Zn _{1,5} *	-	-	4,03	4,86
HCP ₀₅	0,24	0,21	0,23	0,25
Озимое тритикале				
N ₃₀ - фон 1	2,58	1,3	2,03	3,15
Zn ₄	2,71	1,47	2,41	3,75
Zn ₈	2,79	1,37	2,7	3,86
Zn ₁₂	-	-	2,54	3,87
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	2,94	2,29	2,13	4,48
Zn ₄	3,23	2,38	2,29	4,33
Zn ₈	3,05	2,87	2,93	4,28
Zn ₁₂	-	-	1,9	4,33
Zn _{0,5} *	2,99	2,48	2,19	4,26
Zn _{1,0} *	3,64	2,6	2,31	4,1
Zn _{1,5} *	-	-	2,34	4,07
HCP ₀₅	0,16	0,13	0,13	0,11
Предпосевная обработка семян				
Озимая пшеница				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	3,31	2,22	1,95	4,47
Zn _{0,5}	3,33	2,24	1,89	4,46
Zn _{1,0}	4,33	2,51	2,05	4,80
Zn _{1,5}	-	-	1,92	4,97
Cu _{0,5}	4,14	2,54	2,24	4,59
Cu _{1,0}	4,17	2,89	1,61	4,81
Cu _{1,5}	-	-	1,53	4,47

1	2	3	4	5
Mn _{0,5}	4,04	2,05	1,61	4,47
Mn _{1,0}	4,33	3,01	1,95	4,81
Mn _{1,5}	-	-	1,73	4,43
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	4,27	2,72	2,07	4,48
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	4,64	2,78	1,87	4,72
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	-	-	2,05	4,61
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	4,14	3,04	2,51	4,80
НСР ₀₅ , т/га	0,21	0,16	0,17	0,18
Озимая рожь				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	4,10	4,50	3,99	4,86
Zn _{0,5}	4,59	5,28	4,11	5,17
Zn _{1,0}	4,76	4,85	4,57	5,20
Zn _{1,5}	-	-	4,04	4,85
Cu _{0,5}	4,44	4,62	4,00	4,71
Cu _{1,0}	4,42	4,99	4,40	5,12
Cu _{1,5}	-	-	3,88	5,08
Mn _{0,5}	5,16	5,12	4,04	5,11
Mn _{1,0}	4,11	4,19	4,10	4,94
Mn _{1,5}	-	-	4,04	5,09
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	4,27	4,95	4,12	5,11
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	5,23	4,99	4,26	5,20
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	-	-	4,17	4,97
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	4,68	4,84	4,25	5,10
НСР ₀₅ , т/га	0,21	0,16	0,17	0,18
Озимое тритикале				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	3,04	1,83	2,05	4,53
Zn _{0,5}	3,14	2,03	2,32	4,42

1	2	3	4	5
Zn _{1,0}	2,94	2,18	2,76	4,6
Zn _{1,5}	-	-	2,41	4,31
Cu _{0,5}	3,56	1,94	2,54	4,48
Cu _{1,0}	3,22	1,87	2,66	4,46
Cu _{1,5}	-	-	2,51	4,35
Mn _{0,5}	2,72	2,12	2,64	4,61
Mn _{1,0}	3,44	2,01	2,63	4,57
Mn _{1,5}	-	-	2,6	4,58
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	2,24	1,98	2,48	4,33
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	3,79	2,05	2,52	4,57
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	-	-	2,41	4,38
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	2,59	1,86	2,09	4,52
НСП ₀₅ , т/га	0,14	0,16	0,14	0,15

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Влияние допосевого внесения цинка на урожайность зерна яровой пшеницы на лугово-черноземной почве (2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Урожайность, т/га	Прибавка			
		к контролю		на фоне	
		т/га	%	т/га	%
1	2	3	4	5	6
2009 г.					
Контроль	1,53	-	-	-	-
N ₆₀ – фон 1	1,88	0,35	22,88	-	-
Zn ₄	1,90	0,37	24,18	0,02	1,06
Zn ₈	2,06	0,53	34,64	0,18	9,57
Zn ₁₂	2,19	0,66	43,14	0,31	16,49
N ₆₀ P ₆₀ – фон 3	2,01	0,48	31,37	0,13	6,91
Zn ₄	2,15	0,62	40,52	0,14	6,97
Zn ₈	2,40	0,87	56,86	0,39	19,40
Zn ₁₂	2,17	0,64	41,83	0,16	7,96
Zn _{0,5} *	2,38	0,85	55,56	0,37	18,41
Zn _{1,0} *	2,24	0,71	46,41	0,23	11,44
Zn _{1,5} *	2,15	0,62	40,52	0,14	6,97
HCP _{0,5}	0,12				
2010 г.					
Контроль	2,03	-	-	-	-
N ₆₀ – фон 1	2,32	0,29	14,29	-	-
Zn ₄	2,44	0,41	20,20	0,12	5,17
Zn ₈	2,70	0,67	33,00	0,38	16,38
Zn ₁₂	2,91	0,88	43,35	0,59	25,43
N ₆₀ P ₆₀ – фон 3	2,41	0,38	18,72	0,09	3,88
Zn ₄	2,59	0,18	8,87	0,18	7,47
Zn ₈	3,01	0,60	29,56	0,60	24,90
Zn ₁₂	2,68	0,27	13,30	0,27	11,20
Zn _{0,5} *	2,70	0,29	14,29	0,29	12,03
Zn _{1,0} *	2,68	0,27	13,30	0,27	11,20

1	2	3	4	5	6
Zn _{1,5} *	2,33	-0,08	-	-	-
HCP _{0,5}	0,11				
2011 г.					
КОНТРОЛЬ	3,70	-	-	-	-
N ₆₀ – фон 1	3,89	0,19	5,14	-	-
Zn ₄	4,11	0,41	11,08	0,22	5,66
Zn ₈	3,89	0,19	5,14	0,00	0,00
Zn ₁₂	4,01	0,31	8,38	0,12	3,08
N ₆₀ P ₆₀ – фон 3	3,93	0,23	6,22	0,04	1,03
Zn ₄	3,62	-0,08	-2,16	-0,31	-7,89
Zn ₈	4,18	0,48	12,97	0,25	6,36
Zn ₁₂	3,98	0,28	7,57	0,05	1,27
Zn _{0,5} *	4,18	0,48	12,97	0,25	6,36
Zn _{1,0} *	3,98	0,28	7,57	0,05	1,27
Zn _{1,5} *	3,81	0,11	2,97	-0,12	-3,05
HCP _{0,5}	0,13				

Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от доз и способа применения хелатных микроудобрений на лугово-черноземной почве (2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Урожайность зерна, т/га				± к контролю	
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
Контроль	2,45	1,73	2,41	2,20	-	-
Обработка семян, г/100 кг						
Zn ₁₀	2,53	1,75	2,57	2,28	0,08	3,6
Zn ₂₀	2,73	1,87	2,62	2,40	0,20	9,1
Zn ₃₀	2,54	1,81	2,69	2,35	0,15	6,8
Cu ₁₀	2,51	1,75	2,50	2,25	0,05	2,3
Cu ₂₀	2,62	1,86	2,54	2,34	0,14	6,4
Cu ₃₀	2,62	1,90	2,52	2,35	0,15	6,8
Zn ₁₀ Cu ₁₀	2,54	1,85	2,52	2,30	0,10	4,5
Zn ₂₀ Cu ₁₀	2,75	1,96	2,64	2,45	0,25	11,4
Zn ₃₀ Cu ₁₀	2,73	1,99	2,66	2,46	0,26	11,8
Zn ₁₀ Cu ₂₀	2,74	1,95	2,62	2,44	0,24	10,9
Zn ₁₀ Cu ₃₀	2,72	1,95	2,61	2,43	0,23	10,5
Zn ₂₀ Cu ₂₀	2,88	2,09	2,76	2,58	0,38	17,3
Zn ₂₀ Cu ₃₀	2,77	2,05	2,68	2,50	0,30	13,6
Zn ₃₀ Cu ₃₀	2,85	2,07	2,72	2,55	0,35	15,9
Листовая подкормка в фазу кушения, г/га						
Zn ₁₀	2,59	1,86	2,46	2,30	0,10	4,5
Zn ₂₀	2,75	1,93	2,51	2,40	0,20	9,1
Zn ₃₀	2,80	1,97	2,52	2,43	0,23	10,5
Cu ₁₀	2,74	2,08	2,52	2,40	0,20	9,1
Cu ₂₀	2,82	2,00	2,50	2,37	0,17	7,7
Cu ₃₀	2,85	2,04	2,52	2,40	0,20	9,1

1	2	3	4	5	6	7
Zn ₁₀ Cu ₁₀	2,56	1,86	2,52	2,31	0,11	5,0
Zn ₂₀ Cu ₁₀	2,76	2,03	2,70	2,50	0,30	13,6
Zn ₃₀ Cu ₁₀	2,82	1,99	2,62	2,48	0,28	12,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	2,77	2,00	2,58	2,45	0,25	11,4
Zn ₁₀ Cu ₃₀	2,78	1,97	2,62	2,47	0,27	12,2
Zn ₂₀ Cu ₂₀	2,92	2,14	2,64	2,57	0,37	16,8
Zn ₂₀ Cu ₃₀	2,78	2,02	2,57	2,46	0,26	16,8
Zn ₃₀ Cu ₃₀	2,75	1,99	2,64	2,47	0,27	11,8
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га						
Zn ₁₀	2,60	1,77	2,42	2,23	0,03	1,4
Zn ₂₀	2,79	1,91	2,52	2,34	0,14	6,4
Zn ₃₀	2,83	1,96	2,46	2,33	0,13	5,9
Cu ₁₀	2,58	1,84	2,50	2,31	0,11	5,0
Cu ₂₀	2,67	1,89	2,52	2,36	0,16	7,3
Cu ₃₀	2,69	1,89	2,52	2,34	0,14	6,4
Zn ₁₀ Cu ₁₀	2,63	1,80	2,42	2,28	0,08	3,6
Zn ₂₀ Cu ₁₀	2,58	1,89	2,53	2,33	0,13	5,9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	2,60	1,88	2,54	2,34	0,14	6,4
Zn ₁₀ Cu ₂₀	2,62	1,88	2,55	2,35	0,15	6,8
Zn ₁₀ Cu ₃₀	2,61	1,90	2,52	2,34	0,14	6,4
Zn ₂₀ Cu ₂₀	2,72	1,94	2,51	2,39	0,19	8,6
Zn ₂₀ Cu ₃₀	2,73	1,92	2,53	2,40	0,20	9,1
Zn ₃₀ Cu ₃₀	2,74	1,93	2,53	2,40	0,19	8,6
HCP ₀₅ т/га	0,11	0,08	0,10			

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой 0-30 см)
при возделывании яровой пшеницы при применении Zn-удобрений, мг/кг
(2009-2011 гг.)

Доза удобрения	Кущение			Выход в трубку			Колошение		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	22,2	90	358	11,3	159	345	6,1	166	430
N ₃₀ - фон 1	17,0	98	420	13,7	170	450	7,1	146	339
Zn ₄	19,4	122	362	18,5	168	420	6,7	154	430
Zn ₈	20,7	103	383	14,0	171	450	5,9	144	352
Zn ₁₂	19,2	117	391	16,7	177	465	6,6	129	470
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	19,2	124	351	12,9	225	495	7,1	171	359
Zn ₄	19,7	117	340	12,1	184	480	7,9	182	365
Zn ₈	19,3	121	362	14,7	200	585	5,6	183	404
Zn ₁₂	18,5	121	383	13,9	197	495	7,0	178	417
Zn _{0,5} *	17,3	104	380	12,7	204	540	6,4	174	352
Zn _{1,0} *	17,5	131	420	12,2	202	450	6,1	195	326
Zn _{1,5} *	17,1	127	369	13,3	204	480	6,3	176	430

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой 0-30 см) при
 возделывании озимой пшеницы по фазам развития в зависимости
 от Zn-удобрений, мг/кг

Доза удобрения	Перед посевом			Весеннее кущение		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
2007-2008 гг.						
N ₃₀ - фон 1	18,6	95,8	253	32,6	112	285
Zn ₄	20,2	90,1	254	33,5	105	283
Zn ₈	22,4	88,9	266	32,5	112	244
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	19,8	92,2	266	34,6	128	356
Zn ₄	17,8	91,8	283	35,8	130	289
Zn ₈	19,9	92,1	233	31,5	126	366
Zn _{0,5} *	22,6	91,7	244	33,6	132	287
Zn _{1,0} *	19,6	92,0	266	33,5	133	255
2008-2009 гг.						
N ₃₀ - фон 1	22,6	80,6	280	35,6	85,5	299
Zn ₄	20,2	85,4	322	34,7	85,5	357
Zn ₈	21,2	90,2	366	36,4	96,3	344
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	18,4	90,5	351	31,6	110	388
Zn ₄	16,6	90,9	258	28,3	112	277
Zn ₈	15,6	91,0	249	30,3	110	245
Zn _{0,5} *	20,5	91,2	253	32,2	108	263
Zn _{1,0} *	16,6	91,2	266	33,2	105	272
2009-2010 гг.						
N ₃₀ - фон 1	14,6	102	211	33,5	115	268
Zn ₄	20,2	102	322	34,4	102	299
Zn ₈	21,3	98,3	301	32,3	104	366

1	2	3	4	5	6	7
Zn ₁₂	19,4	96,4	289	34,5	108	332
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	18,9	102	266	36,3	120	342
Zn ₄	19,6	91,4	235	34,4	126	322
Zn ₈	20,4	98,8	253	37,3	126	367
Zn ₁₂	18,3	92,0	266	32,5	129	299
Zn _{0,5} *	18,5	91,5	289	34,4	130	362
Zn _{1,0} *	21,3	90,8	289	36,2	132	335
Zn _{1,5} *	20,5	91,2	301	34,3	129	316
2010-2011 гг.						
N ₃₀ - фон 1	16,4	80,3	355	30,5	95,6	385
Zn ₄	22,3	78,5	321	32,3	90,3	356
Zn ₈	21,2	86,6	367	35,3	96,2	366
Zn ₁₂	20,3	86,4	366	33,5	98,3	357
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	16,3	80,0	347	36,3	116	364
Zn ₄	18,2	80,1	321	34,3	110	324
Zn ₈	21,3	78,2	302	35,4	108	289
Zn ₁₂	19,2	81,2	311	36,6	116	268
Zn _{0,5} *	20,3	81,4	309	33,4	122	255
Zn _{1,0} *	21,2	80,6	352	32,3	106	286
Zn _{1,5} *	21,2	78,3	366	32,2	112	255

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой 0-30 см)
при возделывании озимой ржи в зависимости от Zn-удобрений, мг/кг
(2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Перед посевом			В фазу весеннего кущения		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
2007-2008 гг.						
N ₃₀ - фон 1	21,2	82,1	278	32,9	86,9	261
Zn ₄	18,8	90,9	316	34,3	87,7	304
Zn ₈	22,4	83,5	303	28,9	80,7	321
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	20,2	79,4	349	34,0	103	303
Zn ₄	19,9	84,3	242	34,8	100	282
Zn ₈	21,7	86,0	203	32,3	103	299
Zn _{0,5} *	17,7	83,3	256	34,8	99,1	269
Zn _{1,0} *	22,1	80,0	285	34,8	98,0	288
2008-2009 гг.						
N ₃₀ - фон 1	22,7	82,4	274	33,2	78,6	269
Zn ₄	18,7	91,6	312	34,5	77,5	344
Zn ₈	24,4	83,1	309	29,8	79,7	301
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	19,6	96,4	343	35,0	87,5	301
Zn ₄	19,9	91,2	240	33,3	90,2	213
Zn ₈	24,7	91,1	203	36,3	93,1	219
Zn _{0,5} *	19,7	92,1	259	35,3	99,1	175
Zn _{1,0} *	25,1	92,2	218	37,4	98,4	281
2009-2010 гг.						
N ₃₀ - фон 1	18,0	76,1	219	32,1	83,3	300
Zn ₄	17,2	75,0	219	31,9	88,1	301
Zn ₈	15,7	74,6	224	31,9	86,7	250

1	2	3	4	5	6	7
Zn ₁₂	16,6	70,0	24	34,8	80,6	320
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	18,0	81,1	251	34,3	103	320
Zn ₄	21,3	80,4	256	31,9	100	308
Zn ₈	20,9	79,7	209	32,5	96,1	302
Zn ₁₂	24,7	79,0	230	33,3	100	306
Zn _{0,5} *	20,3	79,0	245	34,3	95,5	301
Zn _{1,0} *	21,1	73,3	219	34,7	102	290
Zn _{1,5} *	18,4	76,1	214	33,9	95,1	301
2010-2011 гг.						
N ₃₀ - фон 1	22,1	63,7	152	33,8	80,8	159
Zn ₄	21,2	61,9	143	33,8	79,1	160
Zn ₈	24,3	64,1	143	33,7	84,5	164
Zn ₁₂	21,6	62,2	146	32,9	77,6	158
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	23,5	70,5	140	33,8	91,9	150
Zn ₄	16,3	65,7	132	33,6	91,9	138
Zn ₈	22,6	61,6	149	34,1	92,3	140
Zn ₁₂	24,5	60,6	116	34,0	94,5	150
Zn _{0,5} *	21,0	60,3	147	34,9	100	168
Zn _{1,0} *	22,2	69,3	149	32,8	102	160
Zn _{1,5} *	21,3	64,4	166	33,6	99,3	150

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой 0-30 см)
при возделывании озимого тритикале в зависимости Zn-удобрений, мг/кг
(2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Перед посевом			В фазу весеннего кущения		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
2007-2008 гг.						
N ₃₀ - фон 1	19,9	75,0	338	27,7	73,3	243
Zn ₄	19,7	74,2	230	29,9	73,6	283
Zn ₈	24,9	96,1	298	30,8	88,8	270
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	24,1	96,9	338	23,7	94,9	338
Zn ₄	19,3	93,9	341	28,3	81,9	344
Zn ₈	20,1	81,7	264	29,5	72,9	252
Zn _{0,5} *	22,7	80,9	338	23,5	72,4	249
Zn _{1,0} *	22,1	88,0	338	21,3	71,8	342
2008-2009 гг.						
N ₃₀ - фон 1	25,4	83,5	267	22,9	87,0	276
Zn ₄	24,3	87,9	295	31,3	87,4	356
Zn ₈	23,2	94,9	341	23,0	83,3	322
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	19,7	83,2	339	30,8	86,4	358
Zn ₄	22,5	85,2	270	30,6	81,2	364
Zn ₈	23,3	81,0	212	24,2	81,8	257
Zn _{0,5} *	22,3	78,6	201	29,7	84,3	289
Zn _{1,0} *	22,4	86,7	214	20,8	84,8	357
2009-2010 гг.						
N ₃₀ - фон 1	22,6	81,5	190	29,1	88,3	196
Zn ₄	25,6	93,4	218	24,8	82,1	232
Zn ₈	19,7	87,4	255	26,2	89,1	263

1	2	3	4	5	6	7
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	19,8	86,5	264	27,7	84,5	304
Zn ₄	19,5	98,5	338	24,1	87,2	341
Zn ₈	21,3	108,9	273	32,0	84,0	232
Zn _{0,5} *	24,0	98,5	249	32,5	81,4	288
Zn _{1,0} *	19,6	83,0	344	29,8	88,8	294
2010-2011 гг.						
N ₃₀ - фон 1	22,4	83,4	291	32,5	86,9	226
Zn ₄	24,1	85,5	266	32,7	86,1	222
Zn ₈	18,0	86,9	278	29,0	87,5	218
Zn ₁₂	22,7	87,8	253	29,5	85,9	234
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	24,7	88,6	301	29,2	87,0	230
Zn ₄	23,0	78,8	255	24,5	85,7	212
Zn ₈	24,9	88,8	266	28,9	88,5	230
Zn ₁₂	23,8	85,5	302	28,8	88,1	216
Zn _{0,5} *	22,5	85,6	291	28,4	86,6	216
Zn _{1,0} *	17,3	90,1	265	26,7	86,8	216
Zn _{1,5} *	20,4	86,1	242	29,2	88,1	222

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой почвы 0-30 см)

при возделывании озимой пшеницы по фазам развития в зависимости

от микроудобрений при обработке семян, мг/кг

Доза удобрения	Перед посевом			Весеннее кушение		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
2007-2008 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	18,1	88,8	265	36,4	91,8	389
Zn _{0,5}	19,0	98,2	321	34,3	105	358
Zn _{1,0}	21,2	110	269	35,6	88,9	358
Cu _{0,5}	19,5	95,2	268	36,1	105	366
Cu _{1,0}	18,4	112	278	37,3	112	390
Mn _{0,5}	19,2	103	254	36,4	122	354
Mn _{1,0}	20,5	93,6	269	36,6	89,6	302
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	18,9	118	279	37,8	119	391
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	20,1	108	278	36,8	125	384
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	20,2	107	275	36,8	111	312
2008-2009 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	19,1	83,5	286	32,3	115	288
Zn _{0,5}	15,8	73,4	255	34,5	123	265
Zn _{1,0}	17,3	90,2	267	35,6	122	237
Cu _{0,5}	19,6	95,6	232	34,4	114	299
Cu _{1,0}	20,3	83,5	239	36,3	132	211
Mn _{0,5}	21,4	92,3	238	32,5	115	258
Mn _{1,0}	22,5	78,5	265	31,6	89	263
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	20,5	83,9	241	36,4	138	212
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	21,6	92,6	242	32,3	116	251
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	22,4	78,9	264	32,2	102	260
2009-2010 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	18,8	96,6	256	34,6	112	387

1	2	3	4	5	6	7
Zn _{0,5}	18,6	112	298	34,8	118	389
Zn _{1,0}	20,5	103	300	32,6	110	355
Zn _{1,5}	22,3	102	306	35,2	111	366
Cu _{0,5}	23,2	98,3	364	33,3	125	360
Cu _{1,0}	20,3	110	290	35,4	114	243
Cu _{1,5}	22,4	79,2	357	36,2	102	298
Mn _{0,5}	22,5	112	321	35,3	112	302
Mn _{1,0}	22,3	98,5	309	36,1	123	303
Mn _{1,5}	22,2	98,3	310	35,2	114	318
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	22,2	99,0	356	36,2	122	312
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	22,2	111	320	35,7	118	312
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	22,4	101	312	36,8	126	312
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	21,2	101	318	35,9	113	314
2010-2011 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	16,5	97,8	308	33,6	108	308
Zn _{0,5}	18,2	111	268	30,8	114	290
Zn _{1,0}	18,2	93,6	259	33,4	111	316
Zn _{1,5}	20,4	82,6	322	36,6	123	396
Cu _{0,5}	22,5	87,8	356	37,3	132	369
Cu _{1,0}	21,3	96,3	256	37,4	115	378
Cu _{1,5}	21,2	102	298	35,3	112	389
Mn _{0,5}	20,3	83,6	304	36,6	83,9	355
Mn _{1,0}	22,4	80,8	306	35,2	98,5	369
Mn _{1,5}	21,3	86,6	322	35,5	96,3	302
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	21,0	102	298	35,3	112	389
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	20,2	83,8	301	36,8	101	342
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	22,2	80,9	301	35,1	102	361
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	21,8	86,9	321	35,4	102	362

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой почвы 0-30 см) при возделывании озимой ржи в зависимости от микроудобрений при обработке семян, мг/кг (2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Перед посевом			В фазу весеннего кушения		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
2007-2008 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	22,5	72,6	347	36,4	70,8	340
Zn _{0,5}	21,7	73,9	303	34,1	83,5	346
Zn _{0,1}	22,7	74,2	349	35,4	76,2	302
Cu _{0,5}	21,8	72,5	268	31,8	83,5	225
Cu _{0,1}	19,6	73,9	270	31,8	79,6	241
Mn _{0,5}	21,2	73,1	349	34,8	82,3	344
Mn _{1,0}	20,7	70,6	347	32,2	82,5	299
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	20,0	72,9	320	32,8	78,4	346
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	19,9	73,2	319	34,5	82,0	334
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	19,9	70,9	336	32,1	82,0	311
2008-2009 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	25,9	70,2	340	36,4	68,7	344
Zn _{0,5}	21,0	73,9	309	34,1	73,6	341
Zn _{0,1}	23,7	71,2	343	35,4	76,5	307
Cu _{0,5}	22,9	70,9	262	31,8	84,3	225
Cu _{0,1}	17,5	77,9	278	31,8	78,8	241
Mn _{0,5}	21,2	69,1	343	34,8	80,8	346
Mn _{1,0}	21,3	72,7	340	32,2	83,4	291
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	20,1	76,9	308	30,4	79,9	342
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	20,2	70,2	323	32,7	80,2	326
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	21,1	71,7	325	31,2	80,4	312
2009-2010 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	20,5	73,4	210	35,0	76,2	300

1	2	3	4	5	6	7
Zn _{0,5}	18,5	83,2	204	36,3	72,3	301
Zn _{0,1}	17,6	79,7	240	32,8	74,7	304
Zn _{1,5}	17,3	77,9	204	27,9	76,9	340
Cu _{0,5}	22,0	75,4	256	32,5	84,3	340
Cu _{0,1}	20,0	74,7	214	36,7	84,3	304
Cu _{1,5}	19,1	76,8	227	33,5	77,3	305
Mn _{0,5}	17,2	80,4	183	36,2	72,5	270
Mn _{1,0}	18,9	84,0	245	34,8	81,0	320
Mn _{1,5}	16,7	88,4	209	32,9	76,9	280
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	17,0	81,4	201	35,1	71,5	275
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	19,9	83,0	235	35,8	79,6	325
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	17,9	86,3	218	33,9	77,7	285
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	16,9	81,6	218	34,5	77,8	300
2010-2011 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	18,0	84,1	246	34,8	81,0	395
Zn _{0,5}	18,5	88,5	204	32,1	76,9	210
Zn _{0,1}	19,0	81,1	246	32,6	77,0	401
Zn _{1,5}	19,0	89,2	204	33,9	78,8	213
Cu _{0,5}	21,6	87,3	237	29,0	82,3	470
Cu _{0,1}	19,5	74,5	198	33,0	80,5	210
Cu _{1,5}	18,0	84,1	246	34,8	81,5	395
Mn _{0,5}	19,5	88,5	204	32,9	76,1	210
Mn _{1,0}	19,5	81,1	286	32,6	77,1	451
Mn _{1,5}	18,0	84,2	240	33,9	78,4	293
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	18,6	83,1	249	34,3	81,0	395
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	19,3	89,4	222	32,3	76,7	212
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	19,2	84,2	236	32,7	77,7	355
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	19,6	85,3	249	32,8	76,6	313

Содержание макроэлементов в лугово-чернозёмной почве (слой почвы 0-30 см)

при возделывании озимого тритикале в зависимости от микроудобрений

при обработке семян, мг/кг (2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Перед посевом			В фазу весеннего кушения		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7
2007-2008 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	19,0	71,6	344	40,0	68	345
Zn _{0,5}	21,8	73,1	340	28,3	78	346
Zn _{0,1}	18,1	80,6	340	30,1	77	358
Cu _{0,5}	23,5	83,5	325	33,3	70	353
Cu _{0,1}	28,1	90,9	337	34,8	70	352
Mn _{0,5}	23,9	77,6	303	34,4	63	356
Mn _{1,0}	24,2	90,9	297	34,8	87	322
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	21,4	95,8	344	41,0	99	378
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	18,2	90,6	350	39,4	77	342
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	20,8	81,3	322	44,3	76	335
2008-2009 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	17,8	86,7	291	26,0	68	394
Zn _{0,5}	16,2	84,3	275	28,3	78	331
Zn _{0,1}	12,3	75,0	279	30,1	77	338
Cu _{0,5}	26,3	83,2	252	33,3	70	283
Cu _{0,1}	29,1	82,2	252	34,8	70	291
Mn _{0,5}	12,3	87,1	275	34,4	63	299
Mn _{1,0}	18,7	83,9	271	34,8	87	283
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	22,9	87,4	200	31,0	99	378
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	24,7	79,2	206	39,4	77	401
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	25,6	74,0	228	34,3	76	275
2009-2010 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	18,9	89,4	283	30,2	71,3	338

1	2	3	4	5	6	7
Zn _{0,5}	16,9	95,7	259	31,2	71,7	353
Zn _{0,1}	18,4	88,8	273	30,4	71,0	307
Zn _{1,5}	18,9	88,0	283	27,9	79,5	353
Cu _{0,5}	17,3	84,3	271	38,1	85,5	384
Cu _{0,1}	18,2	80,0	267	37,1	87,7	307
Cu _{1,5}	19,0	81,2	225	28,3	78,8	307
Mn _{0,5}	19,9	75,5	267	32,7	79,5	322
Mn _{1,0}	21,8	79,8	279	34,6	75,1	307
Mn _{1,5}	21,0	82,2	239	33,1	80,6	338
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	16,8	75,8	271	35,6	73,9	307
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	19,0	80,8	294	28,7	78,8	322
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	18,3	80,2	285	36,0	72,8	292
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	16,7	81,2	279	34,6	90,3	307
2010-2011 гг.						
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	18,1	83,6	292	28,2	76,5	323
Zn _{0,5}	18,7	86,8	305	29,3	75,6	344
Zn _{0,1}	18,4	86,0	305	28,4	75,3	332
Zn _{1,5}	17,9	87,6	385	29,2	78,4	336
Cu _{0,5}	18,0	86,0	358	28,3	75,4	355
Cu _{0,1}	18,0	82,0	345	27,2	80,6	336
Cu _{1,5}	18,2	82,8	345	28,4	77,2	335
Mn _{0,5}	17,9	87,6	378	29,9	77,3	321
Mn _{1,0}	16,2	84,4	385	30,6	76,8	326
Mn _{1,5}	17,7	86,0	391	28,2	80,1	341
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	16,8	85,2	345	35,3	74,3	321
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	19,7	90,8	385	28,2	78,5	322
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	18,4	87,6	385	29,1	78,5	321
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	18,8	82,8	345	28,3	88,5	309

Содержание элементов питания в почве при применении хелатных
микроудобрений (Zn, Cu) при возделывании яровой пшеницы, мг/кг
(среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Контроль	16,4	225	355	9,30	195	290	8,5	185	350	4,5	180	330
Обработка семян, г/100 кг												
Zn ₁₀	16,8	253	317	12,2	170	270	8,5	170	300	4,5	180	300
Zn ₂₀	16,4	235	335	12,2	170	300	8,5	170	350	7,3	180	320
Zn ₃₀	16,4	240	315	11,7	200	350	7,3	200	285	5,0	200	330
Cu ₁₀	16,4	220	300	7,70	230	310	8,5	230	290	7,3	200	300
Cu ₂₀	16,4	225	335	11,3	170	300	8,5	170	350	4,5	175	350
Cu ₃₀	16,4	225	300	9,50	230	330	8,5	230	350	4,5	235	290
Zn ₁₀ Cu ₁₀	16,6	244	336	9,13	183	285	8,2	183	326	4,0	176	310
Zn ₂₀ Cu ₁₀	16,3	238	345	9,15	180	305	8,0	176	332	4,3	180	321
Zn ₃₀ Cu ₁₀	16,9	241	345	9,12	179	328	7,9	173	306	4,2	169	316
Zn ₁₀ Cu ₂₀	17,0	228	330	8,88	180	316	7,6	175	311	4,1	165	325
Zn ₁₀ Cu ₃₀	16,8	228	330	9,02	175	298	7,6	171	345	3,4	175	330
Zn ₂₀ Cu ₂₀	16,8	228	330	8,50	186	325	7,5	190	339	2,9	165	320
Zn ₂₀ Cu ₃₀	16,5	236	345	8,56	185	285	7,6	172	342	3,2	168	315
Zn ₃₀ Cu ₃₀	16,3	241	345	8,44	190	270	7,7	176	328	3,3	171	321
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га												
Zn ₁₀	16,8	240	317	9,80	190	340	7,3	180	300	4,5	170	330
Zn ₂₀	16,8	245	317	8,60	190	350	5,0	185	350	5,4	170	370
Zn ₃₀	16,8	245	317	12,2	200	430	7,3	205	320	7,4	200	290
Cu ₁₀	16,4	250	327	10,8	210	300	9,0	215	270	6,6	230	350

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Cu ₂₀	16,4	230	310	9,80	170	450	8,5	180	350	4,5	170	290
Cu ₃₀	16,4	230	317	9,00	210	390	8,5	180	320	4,5	230	290
Zn ₁₀ Cu ₁₀	16,1	236	355	9,00	184	285	8,0	182	340	4,2	185	322
Zn ₂₀ Cu ₁₀	15,9	236	355	8,69	173	302	8,0	182	336	4,4	173	354
Zn ₃₀ Cu ₁₀	16,3	236	336	7,52	196	286	7,8	195	340	4,1	186	311
Zn ₁₀ Cu ₂₀	16,4	228	345	7,32	183	290	7,8	185	325	3,4	177	320
Zn ₁₀ Cu ₃₀	16,6	228	336	7,56	181	300	8,8	182	316	3,5	165	311
Zn ₂₀ Cu ₂₀	16,7	228	345	8,0	191	290	8,2	188	325	3,5	185	320
Zn ₂₀ Cu ₃₀	16,8	228	355	9,0	195	198	8,4	169	335	3,7	164	318
Zn ₃₀ Cu ₃₀	16,2	220	355	8,8	188	182	8,0	175	328	3,6	174	330
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га												
Zn ₁₀	16,4	215	335	9,6	190	340	8,5	190	300	4,5	174	370
Zn ₂₀	16,4	230	335	9,6	210	340	7,3	170	320	7,3	174	350
Zn ₃₀	16,7	250	335	9,6	210	340	7,3	205	325	7,3	206	390
Cu ₁₀	16,7	220	310	9,6	210	340	8,5	225	270	7,3	230	370
Cu ₂₀	16,4	230	335	9,6	210	340	8,5	190	330	7,3	178	330
Cu ₃₀	16,4	230	335	9,6	190	340	8,5	185	350	4,5	230	390
Zn ₁₀ Cu ₁₀	16,9	225	355	9,3	198	335	7,8	180	316	4,2	170	335
Zn ₂₀ Cu ₁₀	16,8	230	330	9,6	200	335	7,1	180	325	4,3	170	328
Zn ₃₀ Cu ₁₀	16,7	228	330	9,2	215	320	7,3	185	320	4,3	195	315
Zn ₁₀ Cu ₂₀	16,1	228	336	9,4	190	320	6,5	178	303	4,0	200	350
Zn ₁₀ Cu ₃₀	15,9	220	345	9,2	180	320	7,5	180	305	3,5	185	350
Zn ₂₀ Cu ₂₀	16,6	220	320	9,2	198	315	7,6	178	310	3,5	200	350
Zn ₂₀ Cu ₃₀	15,9	236	360	8,8	196	330	6,9	180	320	3,8	188	324
Zn ₃₀ Cu ₃₀	16,0	236	355	9,0	184	345	6,8	180	311	3,6	185	333

Содержание макроэлементов в яровой пшенице в зависимости от применяемых хелатных микроудобрений,
% на абсолютно сухую массу (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Кущение			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Контроль	3,9	0,37	3,8	3,5	0,34	2,8	2,6	0,25	2,2	0,48	0,29	0,67	2,35	0,35	0,47
Обработка семян, г/100 кг															
Zn ₁₀	4,0	0,34	3,9	3,6	0,37	2,9	2,9	0,26	2,2	0,50	0,31	0,70	2,36	0,43	0,49
Zn ₂₀	4,5	0,42	3,7	4,1	0,37	2,9	2,9	0,31	2,2	0,52	0,30	0,72	2,61	0,40	0,55
Zn ₃₀	4,7	0,40	3,8	4,0	0,36	3,1	2,9	0,31	2,2	0,50	0,32	0,70	2,36	0,40	0,52
Cu ₁₀	4,1	0,37	3,9	3,4	0,35	2,8	2,6	0,26	2,4	0,49	0,29	0,74	2,47	0,40	0,51
Cu ₂₀	4,4	0,41	3,7	4,0	0,38	2,9	2,8	0,30	2,3	0,53	0,29	0,70	2,41	0,42	0,55
Cu ₃₀	4,3	0,39	3,8	4,1	0,39	3,0	2,9	0,32	2,5	0,50	0,31	0,71	2,40	0,40	0,55
Zn ₁₀ Cu ₁₀	4,1	0,40	3,7	3,9	0,37	2,8	3,0	0,28	2,1	0,51	0,30	0,73	2,55	0,41	0,52
Zn ₂₀ Cu ₁₀	4,3	0,41	3,7	4,0	0,37	3,0	3,1	0,30	2,3	0,52	0,31	0,72	2,60	0,41	0,54
Zn ₃₀ Cu ₁₀	4,6	0,41	3,6	4,1	0,38	3,0	3,2	0,30	2,2	0,52	0,31	0,71	2,61	0,42	0,52
Zn ₁₀ Cu ₂₀	4,4	0,39	3,8	4,1	0,36	2,9	2,9	0,29	2,3	0,51	0,30	0,74	2,57	0,41	0,52
Zn ₁₀ Cu ₃₀	4,5	0,40	3,9	4,2	0,37	3,0	2,9	0,31	2,4	0,54	0,32	0,71	2,51	0,41	0,56
Zn ₂₀ Cu ₂₀	4,5	0,41	3,8	4,3	0,37	3,0	3,0	0,31	2,3	0,55	0,31	0,72	2,63	0,42	0,58

продолжение приложения 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Zn ₂₀ Cu ₃₀	4,4	0,40	3,7	4,2	0,38	3,1	2,9	0,30	2,4	0,53	0,32	0,72	2,60	0,42	0,58
Zn ₃₀ Cu ₃₀	4,5	0,41	3,8	4,1	0,38	3,0	2,9	0,30	2,6	0,54	0,32	0,70	2,50	0,42	0,54
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га															
Zn ₁₀	4,3	0,38	3,9	3,4	0,39	3,0	2,4	0,25	2,0	0,44	0,27	0,65	2,45	0,37	0,48
Zn ₂₀	4,6	0,41	3,7	4,1	0,38	2,8	2,7	0,31	2,3	0,50	0,31	0,69	2,52	0,39	0,54
Zn ₃₀	4,6	0,42	3,6	4,0	0,38	3,1	2,8	0,29	2,5	0,52	0,32	0,72	2,40	0,40	0,55
Cu ₁₀	4,4	0,40	3,7	4,2	0,40	2,9	3,0	0,30	2,3	0,47	0,29	0,74	2,42	0,44	0,58
Cu ₂₀	4,4	0,39	3,8	3,9	0,38	3,2	2,8	0,32	2,4	0,52	0,30	0,72	2,40	0,44	0,55
Cu ₃₀	4,4	0,39	3,7	4,0	0,39	2,8	3,1	0,28	2,3	0,55	0,34	0,73	2,45	0,43	0,59
Zn ₁₀ Cu ₁₀	3,6	0,38	3,8	4,0	0,38	3,0	2,9	0,29	2,2	0,49	0,29	0,72	2,52	0,39	0,49
Zn ₂₀ Cu ₁₀	3,9	0,36	3,7	4,0	0,40	3,1	2,8	0,30	2,3	0,51	0,32	0,70	2,54	0,39	0,52
Zn ₃₀ Cu ₁₀	3,9	0,39	3,8	4,2	0,39	3,1	2,9	0,32	2,4	0,53	0,32	0,72	2,55	0,41	0,55
Zn ₁₀ Cu ₂₀	3,7	0,38	3,7	4,2	0,39	2,9	2,9	0,31	2,4	0,53	0,30	0,75	2,52	0,42	0,56
Zn ₁₀ Cu ₃₀	3,7	0,34	3,7	4,0	0,37	3,1	2,8	0,32	2,4	0,54	0,31	0,72	2,54	0,43	0,56
Zn ₂₀ Cu ₂₀	3,8	0,35	3,9	4,1	0,38	2,9	3,2	0,30	2,5	0,53	0,32	0,74	2,55	0,41	0,58
Zn ₂₀ Cu ₃₀	3,7	0,36	3,9	4,2	0,40	3,1	3,2	0,32	2,3	0,54	0,33	0,78	2,57	0,43	0,59
Zn ₃₀ Cu ₃₀	4,5	0,41	3,8	4,2	0,39	3,0	3,1	0,31	2,3	0,55	0,33	0,77	2,56	0,42	0,59
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га															
Zn ₁₀	4,1	0,37	3,6	3,0	0,36	3,0	2,6	0,23	2,4	0,48	0,29	0,72	2,36	0,38	0,48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Zn ₂₀	4,3	0,38	3,6	3,2	0,37	2,9	2,5	0,25	2,0	0,49	0,32	0,69	2,38	0,40	0,56
Zn ₃₀	4,4	0,41	3,7	3,1	0,42	3,0	2,4	0,25	2,1	0,46	0,36	0,68	2,33	0,41	0,54
Cu ₁₀	4,3	0,38	3,9	3,4	0,36	2,5	2,4	0,28	2,0	0,47	0,34	0,68	2,34	0,41	0,57
Cu ₂₀	4,7	0,40	3,6	3,0	0,35	2,7	2,7	0,29	2,2	0,49	0,29	0,70	2,34	0,40	0,55
Cu ₃₀	4,1	0,38	3,9	3,4	0,39	3,0	2,4	0,31	2,0	0,48	0,31	0,74	2,39	0,41	0,52
Zn ₁₀ Cu ₁₀	3,9	0,37	3,6	3,4	0,36	2,7	2,6	0,24	2,8	0,49	0,31	0,72	2,39	0,40	0,49
Zn ₂₀ Cu ₁₀	3,6	0,38	3,6	3,2	0,37	2,9	2,7	0,25	2,8	0,50	0,32	0,69	2,40	0,41	0,50
Zn ₃₀ Cu ₁₀	3,7	0,40	3,7	3,4	0,39	2,8	2,7	0,23	2,6	0,52	0,34	0,78	2,45	0,44	0,52
Zn ₁₀ Cu ₂₀	3,9	0,38	3,9	3,6	0,39	2,9	2,8	0,26	2,7	0,51	0,35	0,77	2,46	0,41	0,55
Zn ₁₀ Cu ₃₀	3,8	0,36	3,7	3,8	0,35	2,9	2,7	0,28	2,5	0,53	0,36	0,79	2,54	0,42	0,59
Zn ₂₀ Cu ₂₀	3,7	0,35	3,5	3,9	0,38	3,0	2,9	0,30	2,9	0,58	0,34	0,86	2,59	0,41	0,55
Zn ₂₀ Cu ₃₀	3,8	0,38	3,4	3,7	0,39	3,0	2,9	0,30	2,9	0,56	0,35	0,84	2,60	0,42	0,53
Zn ₃₀ Cu ₃₀	3,6	0,38	3,9	3,7	0,39	2,9	2,8	0,31	2,8	0,56	0,35	0,79	2,60	0,43	0,56

Содержание микроэлементов в растениях яровой пшеницы

в зависимости от обработки семян хелатными микроудобрениями, мг/кг сухого вещества (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Кущение			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Контроль	22,8	3,94	74	16,4	2,69	35	16,4	1,98	25	9,9	0,81	23	28,1	1,21	29
Zn ₁₀	34,0	3,70	81	27,0	1,64	38	25,2	2,42	29	10,9	1,80	23	21,8	1,02	18
Zn ₂₀	44,5	4,33	92	28,9	3,49	49	25,1	2,13	29	10,3	1,85	30	28,5	2,49	25
Zn ₃₀	61,4	8,59	84	14,5	3,85	44	26,7	1,55	41	10,2	1,96	24	24,1	2,87	25
Cu ₁₀	69,6	5,11	81	19,4	5,61	36	21,8	2,73	23	9,2	1,40	26	27,6	2,21	24
Cu ₂₀	59,6	4,68	86	16,8	3,21	48	22,2	1,90	33	9,2	1,11	19	37,1	2,76	25
Cu ₃₀	63,6	7,81	83	11,6	0,74	49	20,2	0,42	26	10,7	1,35	24	28,3	1,86	19
Zn ₁₀ Cu ₁₀	62,8	10,16	84	12,5	3,60	54	15,0	1,86	25	10,5	1,75	17	32,5	2,01	22
Zn ₂₀ Cu ₁₀	22,7	5,21	85	14,4	1,46	47	13,9	1,71	25	10,7	1,04	17	30,9	2,24	25
Zn ₃₀ Cu ₁₀	69,9	8,51	75	10,1	6,40	46	23,7	1,63	24	11,2	0,75	19	28,4	2,39	28
Zn ₁₀ Cu ₂₀	77,2	2,40	80	14,1	5,09	31	41,3	1,90	34	10,1	1,02	26	28,1	2,28	22
Zn ₁₀ Cu ₃₀	33,0	7,22	84	38,1	0,64	39	24,7	1,89	36	9,2	0,76	20	28,3	2,49	31
Zn ₂₀ Cu ₂₀	46,5	4,88	101	30,9	0,54	40	18,9	2,10	31	9,5	1,96	35	29,5	2,66	29

Содержание микроэлементов в растениях яровой пшеницы в зависимости от листовой подкормки хелатными микроудобрениями в фазу кушения, мг/кг сухого вещества (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Выход в трубку			Колошение			Уборка (солома)			Уборка (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Контроль	16,4	0,69	30	16,4	1,98	26	9,9	0,81	39	28,6	1,21	18
Zn ₁₀	13,9	1,96	36	17,6	2,29	40	10,6	0,76	31	28,0	2,69	24
Zn ₂₀	25,2	3,47	26	21,0	2,49	30	9,7	0,99	31	29,9	2,85	25
Zn ₃₀	29,6	1,52	22	20,4	2,66	24	12,3	0,66	27	31,7	2,53	27
Cu ₁₀	20,2	4,02	27	23,5	2,07	32	13,3	0,78	30	28,0	2,90	28
Cu ₂₀	36,4	3,44	35	26,3	2,00	30	10,3	0,55	29	27,7	4,76	26
Cu ₃₀	40,1	1,65	34	29,5	2,19	25	9,2	0,87	19	31,7	3,02	19
Zn ₁₀ Cu ₁₀	26,0	0,92	29	27,6	2,37	33	13,4	1,61	23	29,5	2,41	29
Zn ₂₀ Cu ₁₀	25,8	1,33	42	21,2	0,24	33	9,4	0,57	21	28,9	2,51	25
Zn ₃₀ Cu ₁₀	26,4	2,12	45	22,7	2,68	31	11,6	1,36	17	31,8	2,52	29
Zn ₁₀ Cu ₂₀	21,2	1,84	51	44,3	2,11	33	8,1	0,85	29	28,7	2,57	29
Zn ₁₀ Cu ₃₀	41,0	2,08	38	20,8	2,02	32	10,4	0,67	34	13,5	2,82	23
Zn ₂₀ Cu ₂₀	25,6	0,51	30	22,4	1,97	32	10,4	0,41	33	32,5	2,20	30
Zn ₂₀ Cu ₃₀	17,6	1,63	31	24,9	1,59	35	8,8	0,83	35	28,0	1,95	31
Zn ₃₀ Cu ₃₀	21,8	2,10	29	22,1	1,94	33	17,0	0,61	22	27,6	2,37	26

Содержание микроэлементов в растениях яровой пшеницы в зависимости от листовой подкормки хелатными микроудобрениями в фазу выхода в трубку, мг/кг сухого вещества (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
Контроль	16,4	1,98	24	9,9	0,81	23	28,1	1,21	20
Zn ₁₀	19,3	1,65	33	10,6	0,66	27	31,5	1,44	20
Zn ₂₀	26,6	1,42	34	14,2	0,80	21	33,8	3,37	25
Zn ₃₀	16,1	1,73	28	9,5	0,74	26	35,3	3,10	26
Cu ₁₀	22,2	1,99	31	11,4	0,94	25	30,5	3,11	25
Cu ₂₀	22,5	2,36	31	13,2	1,21	22	30,7	3,65	25
Cu ₃₀	37,8	5,40	31	7,7	0,94	22	26,4	2,42	26
Zn ₁₀ Cu ₁₀	25,0	3,68	27	7,0	0,71	36	34,2	3,01	28
Zn ₂₀ Cu ₁₀	37,5	6,18	27	15,4	0,73	27	24,0	2,10	9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	30,3	3,87	33	12,2	0,90	27	35,2	2,95	28
Zn ₁₀ Cu ₂₀	47,6	5,56	36	9,0	0,42	28	31,3	2,69	27
Zn ₁₀ Cu ₃₀	19,4	4,60	19	18,8	0,81	25	35,0	2,51	10
Zn ₂₀ Cu ₂₀	45,5	3,78	30	7,5	0,71	28	38,0	2,16	28
Zn ₂₀ Cu ₃₀	20,4	3,48	24	5,5	0,66	23	29,0	4,27	33
Zn ₃₀ Cu ₃₀	29,8	5,54	30	5,9	0,45	32	40,4	2,96	30

Содержание макроэлементов в растениях озимой пшеницы по фазам развития в зависимости от способов применения Zn-удобрений, % (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₃₀ – фон 1	N	3,62	3,21	4,44	3,68	3,25	1,28	1,71
	P	0,55	0,40	0,40	0,38	0,28	0,12	0,24
	K	4,01	3,90	3,60	3,78	2,20	1,76	1,35
Zn ₄	N	3,91	3,22	4,48	3,69	3,28	1,77	2,25
	P	0,53	0,41	0,42	0,42	0,30	0,13	0,22
	K	3,96	3,92	3,61	3,88	2,21	1,85	1,50
Zn ₈	N	3,92	3,28	4,50	3,81	3,26	1,70	2,12
	P	0,52	0,38	0,42	0,41	0,30	0,14	0,23
	K	3,97	3,88	3,65	3,92	2,20	1,95	1,17
Zn ₁₂	N	3,88	3,30	4,50	3,86	3,30	1,63	1,65
	P	0,50	0,36	0,38	0,42	0,31	0,14	0,26
	K	3,90	3,88	3,70	3,92	2,24	1,84	1,42
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	N	3,65	3,24	4,35	3,71	3,30	1,49	2,30
	P	0,59	0,41	0,42	0,35	0,28	0,12	0,23
	K	3,91	3,91	3,66	3,71	2,21	1,82	1,45

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn ₄	N	3,70	3,30	4,44	3,89	3,38	1,56	2,02
	P	0,60	0,42	0,44	0,36	0,28	0,15	0,25
	K	4,01	4,01	3,68	3,80	2,35	2,13	1,52
Zn ₈	N	4,03	3,39	4,60	4,09	3,51	1,62	2,02
	P	0,64	0,49	0,50	0,40	0,33	0,14	0,24
	K	4,08	4,00	3,78	3,90	2,46	1,76	1,47
Zn ₁₂	N	3,98	3,48	4,65	4,01	3,46	2,08	2,57
	P	0,58	0,41	0,51	0,44	0,35	0,14	0,24
	K	4,05	4,04	3,80	3,91	2,40	1,94	1,35
Zn _{0,5} *	N	3,95	3,28	4,51	4,01	3,29	1,77	1,95
	P	0,58	0,42	0,41	0,36	0,28	0,16	0,21
	K	4,01	3,95	3,61	3,85	2,34	1,80	1,22
Zn _{1,0} *	N	4,01	3,38	4,58	4,08	3,52	1,53	1,98
	P	0,61	0,48	0,49	0,41	0,34	0,15	0,16
	K	4,06	3,98	3,71	3,91	2,44	1,79	1,56
Zn _{1,5} *	N	4,20	3,41	4,58	3,95	3,40	1,64	2,50
	P	0,55	0,42	0,44	0,38	0,28	0,16	0,18
	K	3,98	3,90	3,52	3,86	2,44	1,53	1,38

*- обработка семян кг соли на тонну семян

Содержание макроэлементов элементов питания в растениях озимой ржи по фазам развития в зависимости от способов применения Zn-удобрений, % на абсолютно сухую массу (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₃₀ – фон 1	N	3,82	3,32	3,55	3,32	2,01	0,44	2,55
	P	0,48	0,60	0,42	0,38	0,29	0,10	0,32
	K	3,65	4,20	3,20	2,61	2,01	0,84	0,45
Zn ₄	N	4,09	4,58	3,32	3,60	2,29	0,46	2,71
	P	0,62	0,57	0,48	0,33	0,35	0,12	0,32
	K	3,81	4,61	3,25	3,18	2,36	0,85	0,42
Zn ₈	N	4,25	4,62	3,31	3,69	2,85	0,54	2,68
	P	0,61	0,59	0,49	0,30	0,37	0,12	0,32
	K	3,89	4,52	3,37	3,34	2,26	0,82	0,44
Zn ₁₂	N	4,93	4,86	3,25	3,88	2,79	0,44	2,56
	P	0,63	0,46	0,51	0,41	0,32	0,10	0,31
	K	3,90	4,52	3,85	3,34	2,20	0,75	0,47
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	N	3,52	4,00	3,77	3,23	1,86	0,46	2,55
	P	0,69	0,57	0,43	0,33	0,34	0,10	0,32
	K	3,56	4,54	3,23	2,77	1,83	0,81	0,47

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn ₄	N	4,58	4,10	3,19	3,92	2,01	0,50	2,67
	P	0,64	0,57	0,43	0,33	0,30	0,10	0,30
	K	3,61	4,42	3,90	2,81	1,93	0,86	0,45
Zn ₈	N	4,65	4,16	3,06	3,74	2,15	0,40	2,73
	P	0,58	0,58	0,44	0,33	0,36	0,11	0,29
	K	3,59	4,37	3,07	2,80	2,08	0,81	0,45
Zn ₁₂	N	4,80	4,30	3,03	3,60	2,11	0,52	2,56
	P	0,60	0,54	0,45	0,36	0,35	0,10	0,34
	K	3,65	4,32	3,20	3,04	2,29	0,69	0,37
Zn _{0,5} *	N	4,02	4,86	4,60	3,09	1,86	0,44	2,59
	P	0,58	0,57	0,53	0,38	0,37	0,13	0,31
	K	3,84	4,42	3,84	2,93	2,29	0,74	0,44
Zn _{1,0} *	N	4,18	4,60	3,32	3,26	1,86	0,54	2,59
	P	0,60	0,63	0,49	0,33	0,36	0,10	0,33
	K	4,14	4,47	4,04	3,34	2,13	0,72	0,43
Zn _{1,5} *	N	4,50	4,71	3,89	3,30	1,80	0,41	2,61
	P	0,56	0,62	0,53	0,42	0,38	0,08	0,36
	K	4,01	4,32	4,00	3,20	2,19	0,76	0,40

*– обработка семян кг соли на тонну семян

Содержание макроэлементов элементов питания в растениях озимого тритикале по фазам развития в зависимости от способов применения Zn-удобрений, % на абсолютно сухую массу (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₃₀ – фон 1	N	4,23	4,11	3,44	3,38	2,42	0,62	1,95
	P	0,70	0,43	0,42	0,38	0,29	0,12	0,38
	K	4,79	3,55	3,45	3,39	2,36	0,94	0,44
Zn ₄	N	5,64	4,62	3,16	3,07	3,01	0,71	2,16
	P	0,72	0,58	0,57	0,40	0,33	0,15	0,40
	K	4,78	3,15	3,24	2,60	2,65	1,02	0,52
Zn ₈	N	5,21	4,33	4,85	3,68	2,58	0,76	2,23
	P	0,65	0,43	0,39	0,46	0,22	0,16	0,41
	K	4,29	3,39	3,11	4,08	2,69	0,96	0,59
Zn ₁₂	N	5,15	4,34	4,46	3,99	2,38	0,66	2,00
	P	0,68	0,41	0,59	0,51	0,26	0,16	0,42
	K	4,21	3,33	3,01	2,95	2,74	1,15	0,58
N ₃₀ P ₆₀ – фон 2	N	4,23	4,04	3,88	3,68	3,29	0,68	2,24
	P	0,66	0,59	0,46	0,36	0,23	0,18	0,41
	K	4,65	2,67	2,61	2,75	2,51	0,99	0,55

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Zn ₄	N	5,61	4,05	3,86	3,48	2,58	0,71	2,15
	P	0,57	0,43	0,56	0,45	0,24	0,14	0,39
	K	4,44	3,1	2,99	3,18	2,89	1,05	0,43
Zn ₈	N	5,56	3,91	3,58	3,26	3,05	0,71	2,40
	P	0,61	0,49	0,57	0,42	0,26	0,17	0,40
	K	4,87	3,39	3,32	3,02	2,56	1,02	0,56
Zn ₁₂	N	5,12	3,65	3,42	3,25	3,15	0,67	2,23
	P	0,53	0,41	0,51	0,35	0,29	0,18	0,40
	K	4,81	3,25	3,32	2,85	2,55	1,11	0,54
Zn _{0,5} *	N	4,52	4,03	3,25	3,02	2,72	0,65	2,43
	P	0,55	0,38	0,45	0,40	0,30	0,17	0,41
	K	4,68	3,09	3,12	3,13	2,41	1,00	0,52
Zn _{1,0} *	N	5,23	3,77	3,45	3,19	3,08	0,72	2,58
	P	0,68	0,44	0,56	0,43	0,20	0,14	0,40
	K	4,68	3,18	3,65	3,60	2,69	1,06	0,49
Zn _{1,5} *	N	4,02	3,46	3,41	3,30	3,02	0,76	2,48
	P	0,59	0,58	0,52	0,48	0,31	0,16	0,40
	K	4,61	3,12	3,16	2,68	2,54	1,11	0,54

* – обработка семян кг соли на тонну семян

Содержание макроэлементов в растениях озимой пшеницы по фазам развития при применении микроудобрений, %
(среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	N	3,71	3,12	4,31	3,91	3,36	1,50	2,38
	P	0,51	0,41	0,41	0,37	0,30	0,22	0,28
	K	3,91	3,89	3,68	3,80	2,36	1,50	1,84
Zn _{0,5}	N	3,81	3,28	4,48	3,98	3,41	1,35	2,66
	P	0,53	0,44	0,44	0,41	0,32	0,27	0,26
	K	3,95	4,0	3,74	3,81	2,38	1,33	2,10
Zn _{1,0}	N	4,02	3,41	4,62	4,14	3,52	2,18	2,24
	P	0,62	0,50	0,53	0,43	0,35	0,17	0,23
	K	4,12	4,02	3,81	3,92	2,45	1,59	2,03
Zn _{1,5}	N	4,00	3,35	4,50	4,10	3,46	1,16	2,85
	P	0,62	0,42	0,48	0,40	0,30	0,28	0,23
	K	4,10	4,05	3,86	3,90	2,42	1,54	1,63
Cu _{0,5}	N	4,11	3,42	4,61	4,12	3,52	1,17	2,24
	P	0,65	0,52	0,52	0,45	0,36	0,17	0,26
	K	4,14	4,04	3,92	3,91	2,41	1,74	1,96
Cu _{1,0}	N	3,78	3,33	4,62	4,20	3,56	1,96	2,66
	P	0,71	0,54	0,54	0,48	0,31	0,20	0,25
	K	4,20	4,15	3,98	3,95	2,51	1,50	1,72
Cu _{1,5}	N	3,76	3,30	4,51	4,01	3,58	1,74	2,54
	P	0,72	0,54	0,55	0,49	0,32	0,23	0,22

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	K	4,01	4,20	3,97	3,95	2,50	1,42	1,62
Mn _{0,5}	N	3,91	3,31	4,58	3,98	3,46	1,30	2,52
	P	0,58	0,42	0,41	0,37	0,34	0,17	0,30
	K	4,08	3,89	3,91	3,78	2,36	1,45	1,51
Mn _{1,0}	N	4,08	3,42	4,70	4,12	3,52	0,79	2,52
	P	0,64	0,54	0,55	0,44	0,38	0,29	0,30
	K	4,11	4,09	3,99	3,91	2,44	1,56	2,00
Mn _{1,5}	N	4,11	3,46	4,57	4,15	3,52	1,37	2,56
	P	0,56	0,52	0,54	0,41	0,35	0,26	0,17
	K	4,15	3,81	3,98	3,90	2,46	1,56	1,42
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	N	3,78	3,31	4,44	4,03	3,62	0,68	2,95
	P	0,70	0,55	0,56	0,44	0,31	0,22	0,29
	K	4,08	4,29	3,96	3,96	2,48	1,60	1,44
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	N	3,98	3,42	4,55	3,97	3,41	1,31	2,24
	P	0,54	0,48	0,43	0,32	0,30	0,29	0,26
	K	4,01	3,96	3,90	3,55	2,31	1,70	1,78
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	N	4,02	3,43	4,60	4,10	3,44	1,02	3,27
	P	0,62	0,51	0,52	0,40	0,36	0,18	0,18
	K	4,18	4,05	3,97	3,88	2,43	1,58	1,69
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	N	4,12	3,48	4,54	4,14	3,51	1,07	2,66
	P	0,55	0,50	0,53	0,42	0,36	0,37	0,16
	K	4,18	3,92	3,85	3,93	2,45	1,64	1,30

Содержание макроэлементов элементов питания в растениях озимой ржи по фазам развития при применении микроудобрений, % на абсолютно сухую массу (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	N	3,89	3,98	3,11	3,40	1,72	0,49	2,55
	P	0,61	0,6	0,42	0,33	0,36	0,12	0,36
	K	3,07	4,61	3,00	2,95	2,03	0,90	0,49
Zn _{0,5}	N	5,37	4,44	3,33	3,53	2,57	0,47	2,60
	P	0,63	0,62	0,46	0,36	0,40	0,12	0,34
	K	3,92	4,42	3,19	3,18	2,32	0,88	0,53
Zn _{1,0}	N	4,37	4,35	3,45	3,55	2,36	0,47	2,61
	P	0,67	0,64	0,50	0,36	0,38	0,14	0,34
	K	3,87	4,71	3,25	3,18	2,46	0,89	0,50
Zn _{1,5}	N	4,87	4,16	3,15	3,81	2,29	0,50	2,63
	P	0,66	0,58	0,44	0,39	0,41	0,17	0,34
	K	3,67	4,61	3,35	3,10	2,59	0,86	0,52
Cu _{0,5}	N	5,37	4,02	3,32	3,26	1,58	0,50	2,65
	P	0,66	0,54	0,43	0,41	0,36	0,11	0,36
	K	3,7	4,52	3,20	3,22	2,16	0,80	0,51
Cu _{1,0}	N	5,51	4,63	3,62	4,09	2,29	0,53	2,60
	P	0,59	0,76	0,47	0,35	0,34	0,13	0,34
	K	3,65	4,57	3,40	3,05	2,22	0,92	0,52
Cu _{1,5}	N	5,25	4,43	3,57	3,53	2,11	0,41	2,66
	P	0,70	0,62	0,49	0,41	0,33	0,16	0,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	K	3,78	4,66	3,00	3,15	2,28	0,85	0,45
Mn _{0,5}	N	5,22	4,74	3,90	3,71	2,08	0,46	2,65
	P	0,60	0,62	0,51	0,38	0,34	0,15	0,35
	K	4,42	4,57	3,54	3,36	2,46	0,99	0,53
Mn _{1,0}	N	4,8	4,02	3,45	3,26	1,68	0,56	2,64
	P	0,61	0,57	0,47	0,39	0,40	0,16	0,35
	K	4,03	4,37	3,15	3,29	2,66	0,92	0,50
Mn _{1,5}	N	5,51	4,26	3,62	3,40	1,73	0,38	2,57
	P	0,66	0,62	0,47	0,37	0,36	0,13	0,33
	K	4,23	4,61	3,35	3,24	2,45	0,78	0,46
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	N	5,33	4,24	3,96	3,69	2,10	0,42	2,63
	P	0,62	0,60	0,52	0,40	0,32	0,17	0,38
	K	4,49	4,52	3,51	3,42	2,41	0,94	0,52
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	N	4,75	4,21	3,61	3,27	1,71	0,55	2,66
	P	0,62	0,58	0,48	0,40	0,37	0,17	0,34
	K	4,11	4,28	3,14	3,31	2,59	0,96	0,51
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	N	5,50	4,23	3,59	3,42	1,68	0,39	2,58
	P	0,61	0,60	0,46	0,40	0,37	0,15	0,35
	K	4,28	4,55	3,31	3,25	2,39	0,77	0,44
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	N	5,18	4,66	3,88	3,72	2,11	0,48	2,63
	P	0,54	0,58	0,52	0,39	0,38	0,18	0,34
	K	4,36	4,51	3,49	3,35	2,39	0,96	0,50

Содержание макроэлементов элементов питания в растениях озимого тритикале по фазам развития при применении микроудобрений, % на абсолютно сухую массу (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Элемент	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	N	4,93	4,32	3,91	3,81	2,99	1,02	2,38
	P	0,83	0,55	0,48	0,38	0,19	0,51	0,35
	K	3,84	3,56	3,92	3,44	2,30	1,46	0,46
Zn _{0,5}	N	4,38	4,12	3,82	3,66	3,27	1,16	3,66
	P	0,73	0,58	0,47	0,39	0,23	0,29	0,35
	K	3,63	3,22	3,88	3,48	2,63	1,55	0,56
Zn _{1,0}	N	5,07	4,32	3,62	3,38	3,13	1,02	2,24
	P	0,80	0,46	0,47	0,42	0,17	0,29	0,37
	K	3,76	3,42	3,63	3,39	2,42	1,60	0,50
Zn _{1,5}	N	4,12	4,05	3,59	3,41	3,22	1,23	2,22
	P	0,44	0,40	0,46	0,38	0,18	0,31	0,38
	K	3,96	3,49	3,71	3,42	2,53	1,59	0,56
Cu _{0,5}	N	4,48	4,62	3,76	3,24	3,41	1,30	2,24
	P	0,53	0,56	0,48	0,38	0,19	0,23	0,40
	K	3,80	3,33	3,55	3,10	2,26	1,18	0,50
Cu _{1,0}	N	4,09	4,27	3,90	3,24	3,97	1,02	2,66
	P	0,43	0,42	0,44	0,43	0,20	0,22	0,39
	K	3,93	3,45	3,59	3,34	2,26	0,89	0,46
Cu _{1,5}	N	4,22	4,03	3,58	3,37	3,12	1,10	2,21
	P	0,54	0,38	0,39	0,34	0,18	0,31	0,27

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	K	3,88	3,46	3,71	2,52	2,39	1,60	0,49
Mn _{0,5}	N	4,79	4,53	3,33	3,10	4,12	1,02	2,52
	P	0,69	0,55	0,48	0,43	0,21	0,28	0,40
	K	4,05	3,21	3,97	3,29	2,17	1,36	0,43
Mn _{1,0}	N	4,66	4,31	3,32	2,26	3,41	1,30	2,24
	P	0,75	0,42	0,46	0,40	0,22	0,39	0,42
	K	4,01	3,41	3,76	3,34	2,17	1,18	0,50
Mn _{1,5}	N	4,09	4,03	3,44	3,24	2,71	1,26	2,33
	P	0,87	0,41	0,46	0,40	0,21	0,40	0,38
	K	3,59	3,66	3,84	3,39	2,26	1,21	0,56
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	N	4,81	4,12	3,44	2,96	3,83	1,02	2,95
	P	0,51	0,42	0,39	0,42	0,20	0,22	0,44
	K	3,84	3,11	3,55	3,34	2,01	1,32	0,43
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	N	4,09	3,90	4,03	2,68	3,83	0,88	2,24
	P	0,80	0,41	0,42	0,44	0,18	0,32	0,41
	K	3,93	3,42	3,46	3,10	2,30	1,18	0,43
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	N	4,05	3,91	3,75	2,68	3,27	0,96	2,55
	P	0,74	0,50	0,49	0,34	0,20	0,33	0,38
	K	4,09	3,55	3,92	3,15	2,17	1,14	0,56
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	N	3,95	3,78	3,61	3,36	3,55	1,08	2,66
	P	0,98	0,45	0,40	0,41	0,20	0,29	0,41
	K	4,14	3,35	3,55	3,19	2,21	1,12	0,52

Содержание микроэлементов питания в растениях озимой пшеницы по фазам развития в зависимости от способов применения Zn-удобрений, мг/кг сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Кущение осеннее			Кущение весеннее			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ - фон 1	23,0	4,80	79,0	25,2	4,03	62,0	23,6	3,60	57,0	13,9	1,68	63,6	12,5	1,77	63,0	3,9	2,03	43,0	8,6	1,64	54,0
Zn ₄	24,8	4,82	87,0	28,9	4,70	68,0	25,2	3,32	52,6	16,0	1,74	58,6	15,0	1,82	56,2	4,3	2,06	43,0	9,2	1,87	54,0
Zn ₈	25,0	4,72	93,0	29,3	3,61	66,3	24,1	3,09	51,4	15,6	1,99	52,6	12,9	1,91	54,9	4,2	1,97	38,3	9,2	0,83	51,3
Zn ₁₂	23,5	4,70	77,0	28,9	3,48	66,0	24,0	3,02	50,6	14,4	1,80	51,9	12,8	1,67	53,2	7,2	1,90	37,7	12,6	1,12	52,1
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	20,3	4,30	79,0	23,7	4,04	70,0	22,4	2,70	60,1	13,3	2,06	55,3	11,8	1,96	60,3	3,6	1,09	38,0	8,5	0,84	54,6
Zn ₄	24,8	5,20	79,0	24,2	4,32	63,4	27,9	2,63	53,6	14,2	2,08	53,3	14,2	2,04	56,3	5,7	1,12	37,6	9,9	0,92	53,2
Zn ₈	25,5	5,00	73,0	26,4	4,62	62,9	29,4	2,92	51,6	15,4	2,63	50,6	14,8	1,96	55,9	5,8	2,00	36,9	15,5	1,10	54,0
Zn ₁₂	25,8	4,95	66,0	26,0	4,32	62,0	29,4	2,60	50,7	14,9	2,54	46,3	14,7	1,96	51,6	5,9	1,66	35,1	14,6	0,79	53,1
Zn _{0,5} *	22,8	5,50	79,0	26,2	4,41	60,1	27,6	3,00	54,0	13,8	2,55	44,1	15,3	2,51	57,7	5,7	2,04	33,9	14,8	1,06	51,1
Zn _{1,0} *	24,0	5,46	73,0	29,2	4,06	58,9	29,8	2,41	53,9	15,2	2,39	42,1	16,7	1,30	53,6	5,9	1,29	32,6	17,4	0,67	50,9
Zn _{1,5} *	22,7	4,40	79,0	28,3	3,99	56,0	29,0	2,36	52,3	12,1	2,22	43,3	12,6	1,26	53,1	6,2	1,24	32,0	27,6	0,83	51,0

*— обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Содержание микроэлементов в растениях озимой ржи по фазам развития в зависимости от способов применения
Zn-удобрений, мг/кг сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Кущение осеннее			Кущение весеннее			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ - фон 1	14,9	3,82	45,0	16,1	4,11	57,0	15,8	1,20	63,0	10,7	2,88	42,4	11,9	1,80	35,1	4,1	0,95	21,3	9,7	0,57	42,0
Zn ₄	15,2	2,61	46,6	13,1	2,74	51,0	13,8	1,68	66,3	9,3	1,96	41,0	10,8	1,24	35,9	3,7	0,86	20,0	5,2	1,73	40,6
Zn ₈	19,1	3,04	47,3	12,0	3,62	52,2	14,1	1,82	65,9	13,8	3,46	41,6	14,8	1,91	36,2	3,6	0,73	21,3	5,3	2,98	41,0
Zn ₁₂	18,3	3,90	46,4	12,7	3,19	51,9	14,6	1,52	62,0	12,9	2,97	42,0	12,3	1,72	35,4	3,9	1,16	22,6	11,2	1,08	39,4
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	16,8	2,15	49,2	13,2	2,81	54,3	13,2	1,71	64,0	11,2	1,70	40,2	11,6	0,97	33,2	3,1	0,78	20,1	14,1	1,22	36,6
Zn ₄	16,3	1,87	48,1	11,7	1,92	56,0	15,3	2,12	64,4	12,8	2,34	40,8	10,6	0,74	34,6	2,9	0,83	21,7	12,8	0,98	35,2
Zn ₈	15,8	3,12	48,0	12,5	2,10	53,9	14,1	2,34	62,9	14,4	2,22	39,6	11,5	0,83	32,5	2,7	0,61	22,5	17,7	2,00	36,9
Zn ₁₂	14,9	6,62	46,3	12,1	3,32	54,6	14,9	2,03	62,1	12,9	2,61	38,4	12,6	1,35	32,9	2,8	0,65	21,6	16,7	0,67	37,1
Zn _{0,5} *	18,3	2,88	46,6	13,8	1,98	52,0	12,8	1,90	63,1	13,7	2,75	30,0	14,1	1,61	32,0	3,1	0,75	20,3	12,1	1,37	36,3
Zn _{1,0} *	21,7	3,52	47,2	13,3	2,61	51,9	13,4	2,72	62,9	13,8	1,98	38,3	16,8	0,92	33,1	3,4	0,92	22,4	16,8	0,92	36,0
Zn _{1,5} *	35,6	4,70	46,8	14,0	2,87	53,4	13,9	1,99	62,0	12,6	1,70	38,6	20,6	1,56	32,0	5,0	1,12	23,0	20,3	0,69	34,4

*— обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Содержание микроэлементов в растениях озимого тритикале по фазам развития в зависимости от способов применения
Zn-удобрений, мг/кг сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Кушение осеннее			Кушение весеннее			Выход в трубку			Колошение			Полная спе- лость (солома)			Полная спе- лость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ - фон 1	15,2	2,71	105	10,8	2,24	130	13,0	2,10	56,9	12,2	0,33	68,6	4,1	2,40	45,9	5,4	2,30	25	14,2	1,22	33,6
Zn ₄	14,8	1,98	101	10,5	1,80	96,0	12,6	2,15	64,7	12,8	0,81	63,3	3,5	1,72	41,2	3,3	2,31	22,3	15,8	0,62	30,9
Zn ₈	14,2	2,12	96,3	12,1	1,64	90,2	11,8	1,62	59,2	12,9	1,37	66,5	2,8	0,85	49,6	3,5	2,00	24,3	14,9	0,57	31,8
Zn ₁₂	15,6	3,44	98,1	13,2	1,90	98,6	12,0	1,65	60,3	12,3	13,20	65,0	2,9	0,78	48,3	4,8	3,22	30,8	16,7	0,98	26,5
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	14,3	2,63	83,6	10,8	1,72	101	11,3	1,48	61,8	12,1	0,84	72,6	2,7	1,60	50,4	3,2	2,51	28,4	14,8	0,45	27,4
Zn ₄	13,8	3,15	100	9,8	1,44	93,2	12,5	1,81	54,3	13,1	0,58	71,6	3,2	1,33	43,2	3,0	1,55	24,9	15,1	0,50	22,3
Zn ₈	15,7	3,02	96,3	10,4	1,83	126	11,8	1,73	59,6	12,8	0,32	63,9	3,2	1,15	41,7	2,9	1,27	26,5	14,2	0,63	26,7
Zn ₁₂	14,8	2,65	93,2	10,8	1,61	113	40,3	1,75	58,5	12,5	0,31	62,3	3,2	1,23	39,0	2,7	1,43	22,9	14,7	0,54	21,5
Zn _{0,5} *	14,9	2,71	106	10,9	1,71	118	12,2	2,24	61,7	12,3	0,40	60,8	4,1	0,95	54,1	3,8	1,65	19,4	15,3	0,68	22,6
Zn _{1,0} *	16,2	3,22	100	11,2	1,91	104	15,4	3,40	53,2	11,8	0,72	54,7	4,5	2,31	51,9	4,1	1,68	24,7	17,5	0,70	20,9
Zn _{1,5} *	17,3	4,00	91,2	9,4	2,02	100	15,2	2,51	50,3	11,5	0,65	51,3	4,3	2,30	35,4	3,3	2,01	22,6	18,7	0,68	24,6

*– обработка семян г соли на 1 центнер семян

Содержание микроэлементов в растениях озимой пшеницы по фазам развития в зависимости от применяемых микроудобрений, мг/кг сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Кущение осеннее			Кущение весеннее			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	24,3	5,37	67,3	22,9	3,88	68,2	22,6	2,19	52,1	11,9	1,61	42,3	14,8	1,98	55,2	5,3	2,00	34,6	15,1	0,94	52,0
Zn _{0,5}	26,3	5,70	73,0	24,4	3,97	63,6	23,4	2,12	50,1	14,2	1,80	41,0	16,3	1,99	53,2	5,6	2,03	31,2	18,3	1,16	51,6
Zn _{1,0}	27,8	5,51	65,0	26,4	2,49	59,1	24,7	2,13	48,3	14,6	1,88	38,9	16,2	2,00	52,1	5,6	1,43	33,0	15,7	0,72	52,9
Zn _{1,5}	28,0	5,40	62,4	26,0	2,35	58,5	24,6	2,00	46,2	14,4	1,82	40,2	16,2	2,01	52,1	6,5	1,40	30,9	15,9	0,65	52,0
Cu _{0,5}	25,5	5,69	64,0	26,2	3,99	60,2	17,2	3,27	44,2	13,6	1,84	40,7	14,4	2,03	50,1	4,6	2,04	31,3	15,3	1,84	51,6
Cu _{1,0}	25,3	5,70	62,7	32,8	2,52	57,7	16,3	2,68	41,0	12,1	2,06	39,8	13,7	1,45	48,9	4,7	2,01	30,6	16,3	0,99	51,0
Cu _{1,5}	24,2	5,40	65,0	26,3	3,16	56,1	16,0	2,55	40,8	15,1	1,71	39,2	13,7	1,56	48,0	4,7	1,54	31,2	17,0	0,95	50,0
Mn _{0,5}	28,0	5,41	65,0	24,2	3,67	84,6	16,3	3,00	53,1	14,4	2,00	39,9	11,6	2,45	55,6	3,9	2,01	36,0	16,3	0,45	58,9
Mn _{1,0}	28,1	5,55	71,6	24,3	4,01	115	16,1	3,81	54,9	15,6	2,09	41,2	12,8	1,44	56,0	4,3	1,74	48,0	13,6	1,72	59,0
Mn _{1,5}	27,0	5,26	93,0	23,9	3,54	116	16,3	3,50	58,0	16,5	1,57	41,8	12,8	1,67	58,0	4,0	1,53	43,0	15,4	0,79	58,1
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	31,3	6,24	50,0	31,6	2,61	61,3	14,1	2,42	41,6	11,8	1,52	40,3	12,3	2,69	49,3	5,4	1,67	35,0	14,3	1,64	53,2
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	28,0	5,54	60,7	28,8	2,99	71,2	16,9	3,00	42,2	14,4	1,96	41,6	12,6	2,45	54,6	5,2	1,74	36,0	18,4	1,24	64,0
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	29,5	5,80	57,9	28,5	2,75	71,0	18,0	2,50	42,0	15,7	2,02	42,0	12,8	2,36	55,5	5,5	1,84	40,0	18,0	1,25	66,0
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	29,1	5,74	60,3	35,5	2,60	72,3	19,7	2,18	41,6	14,5	2,15	39,8	13,2	1,75	56,0	4,6	2,21	33,0	21,2	1,71	71,2

Содержание микроэлементов в растениях озимой ржи по фазам развития в зависимости от микроудобрений,
мг/кг сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Кущение осеннее			Кущение весеннее			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	17,2	2,91	45,9	13,8	3,10	52,1	12,7	1,86	65,0	9,71	1,58	36,1	11,8	1,32	34,6	4,2	0,92	20,3	13,6	0,58	31,2
Zn _{0,5}	16,9	3,84	46,3	12,5	2,16	49,2	11,6	2,14	64,0	11,2	2,14	35,2	11,2	1,57	30,2	4,1	1,28	20,0	20,7	1,60	30,3
Zn _{1,0}	19,2	4,10	46,0	14,3	3,53	49,8	13,0	2,0	62,1	14,8	1,90	34,0	11,7	1,54	33,7	3,8	1,36	21,2	23,3	0,63	29,6
Zn _{1,5}	15,4	5,24	46,2	15,5	4,86	46,3	13,1	2,1	61,5	19,8	2,00	34,3	12,5	2,08	32,3	3,6	0,82	18,0	22,4	1,02	28,2
Cu _{0,5}	14,8	2,65	47,9	10,3	1,74	42,8	10,8	1,72	62,3	15,8	2,73	34,0	14,2	2,23	32,0	3,5	1,53	19,4	15,3	1,75	29,4
Cu _{1,0}	13,6	2,80	48,0	11,5	2,22	44,6	12,8	1,92	66,9	14,2	3,12	34,6	13,7	2,45	33,3	3,7	1,62	18,0	18,9	1,66	28,1
Cu _{1,5}	15,6	3,34	46,9	21,2	4,38	45,0	11,0	2,0	63,0	13,7	3,34	33,9	13,0	2,51	30,0	4,1	1,80	21,2	8,9	2,09	26,9
Mn _{0,5}	16,7	2,83	48,0	13,8	2,84	71,0	11,7	2,19	72,0	12,8	2,42	35,0	12,8	1,10	35,0	2,3	0,90	28,0	12,5	2,31	30,0
Mn _{1,0}	17,2	3,10	61,0	12,7	1,93	75,0	13,2	3,10	76,0	11,9	2,63	39,0	11,7	1,40	44,0	2,7	1,54	32,1	12,1	2,26	32,0
Mn _{1,5}	16,8	2,71	82,0	13,2	2,15	73,0	12,8	3,01	80,0	11,7	1,38	40,3	12,3	1,52	35,0	2,6	1,33	22,4	12,4	2,27	32,3
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	15,2	3,05	47,3	10,3	2,85	46,8	14,3	2,12	67,0	12,5	1,67	33,6	13,4	2,10	34,5	2,5	1,27	28,0	11,8	1,96	25,9
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	16,7	4,10	86,0	12,9	3,16	55,0	15,2	1,72	58,1	12,8	1,90	38,0	12,8	1,83	38,0	2,7	1,42	32,4	11,9	1,79	47,2
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	21,5	5,15	71,0	5,83	3,26	65,0	15,0	2,02	60,1	13,6	2,75	39,3	12,1	2,13	35,0	3,1	1,18	28,9	16,9	2,89	32,0
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	18,3	3,82	80,0	22,0	5,92	80,0	14,9	3,42	49,3	17,2	3,46	49,1	11,9	2,72	59,4	2,6	0,74	26,0	11,2	2,21	57,1

Содержание микроэлементов в растениях озимой тритикале по фазам развития в зависимости от микроудобрений, мг/кг
сухого вещества (среднее 2007-2011 гг.)

Доза удобрения	Всходы			Кущение осеннее			Кущение весеннее			Выход в трубку			Колошение			Полная спелость (солома)			Полная спелость (зерно)		
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	16,4	2,82	88,8	11,3	1,83	99,6	15,4	2,66	55,9	10,5	0,53	61,9	3,07	1,50	60,2	3,22	0,34	21,4	17,3	0,93	20,1
Zn _{0,5}	16,9	3,17	94,6	12,4	1,57	108	14,7	1,92	59,1	10,8	0,64	50,2	3,38	1,62	51,2	4,15	0,32	22,6	15,1	0,75	20,3
Zn _{1,0}	17,7	2,61	88,4	13,6	2,18	96,8	13,8	2,00	64,8	11,3	0,49	53,7	3,40	1,58	44,0	3,77	0,43	20,3	16,7	0,64	21,0
Zn _{1,5}	18,1	3,19	87,5	17,6	3,52	93,4	13,5	1,55	61,0	12,3	0,45	51,0	3,56	1,52	43,1	3,62	0,27	29,4	16,9	0,52	18,6
Cu _{0,5}	19,8	4,08	94,3	16,3	1,63	99,1	14,4	1,83	53,2	12,2	0,58	53,3	2,68	2,15	40,0	2,55	0,34	19,7	15,1	0,75	24,6
Cu _{1,0}	17,3	3,88	86,7	17,4	1,92	106	16,4	2,42	69,4	11,8	0,68	51,8	3,27	2,62	43,2	2,84	0,41	18,7	14,9	0,98	22,3
Cu _{1,5}	16,4	4,10	89,1	18,8	2,60	109	17,0	2,32	67,5	11,8	0,63	50,3	3,36	2,65	43,2	3,02	0,19	18,1	15,8	1,03	20,4
Mn _{0,5}	18,2	2,31	97,6	16,1	1,54	130	13,5	1,71	96,9	9,63	0,42	74,9	3,00	2,60	48,5	2,63	0,38	19,3	14,8	0,97	21,9
Mn _{1,0}	17,8	2,98	130	17,0	1,62	108	12,8	1,82	90,2	10,1	0,55	61,5	2,98	1,98	60,2	2,44	0,23	18,0	12,5	0,71	25,4
Mn _{1,5}	16,4	3,33	170	15,8	1,73	150	11,2	1,88	90,0	11,2	0,52	60,3	2,95	1,95	60,2	2,50	0,25	25,6	13,4	0,82	18,9
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	17,3	4,28	108	18,2	3,44	104	14,6	3,02	96,2	12,0	0,68	54,2	3,24	2,20	49,8	2,68	0,34	19,4	15,6	1,13	16,4
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	19,6	3,87	108	20,2	2,38	117	13,7	1,54	108	9,83	0,71	70,2	3,15	2,18	38,9	2,55	0,30	24,1	14,2	1,24	16,0
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	20,4	5,24	130	21,4	2,40	105	13,2	1,52	90,3	9,65	0,66	70,1	3,10	2,10	38,6	3,10	0,42	21,4	13,7	1,35	17,4
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	22,1	4,44	100	22,2	3,70	120	12,9	1,82	94,6	11,4	0,54	77,6	3,86	2,09	34,3	2,92	0,38	24,1	16,8	0,84	14,0

Влияние регулятора роста Зеребра Агро на химический состав
урожая яровой пшеницы, % (2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Зерно			Солома		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2014 г. Предшественник – пар						
0	3,0	0,90	0,48	0,60	0,29	0,96
50	3,1	0,90	0,48	0,63	0,29	1,15
100	3,1	0,91	0,48	0,61	0,26	1,02
150	3,2	0,89	0,53	0,67	0,26	0,90
200	3,2	0,91	0,50	0,67	0,31	0,93
Предшественник – пшеница по пару						
0	2,8	0,91	0,50	0,60	0,31	1,04
50	2,8	0,91	0,45	0,60	0,32	1,06
100	2,9	0,92	0,48	0,62	0,32	1,06
150	2,9	0,92	0,47	0,66	0,30	1,02
200	2,9	0,93	0,50	0,68	0,30	1,04
2015 г. Предшественник – пар						
0	2,98	0,88	0,58	0,54	0,31	1,01
50	3,06	0,89	0,54	0,53	0,30	1,05
100	3,05	0,89	0,58	0,51	0,28	1,03
150	3,04	0,88	0,52	0,53	0,29	1,04
200	3,03	0,90	0,54	0,55	0,30	1,00
Предшественник – пшеница по пару						
0	2,82	0,90	0,54	0,54	0,28	1,00
50	2,80	0,93	0,55	0,55	0,30	1,01
100	2,88	0,91	0,54	0,52	0,30	1,01
150	2,85	0,90	0,52	0,54	0,32	1,02
200	2,79	0,92	0,51	0,53	0,31	1,03
2016 г. Предшественник – пар						
0	3,04	0,78	0,54	0,64	0,29	0,96
50	3,06	0,79	0,54	0,63	0,30	1,01
100	3,10	0,80	0,55	0,62	0,31	1,03
150	3,14	0,80	0,56	0,64	0,29	1,02
200	3,13	0,79	0,54	0,64	0,32	1,01
Предшественник – пшеница по пару						
0	2,78	0,88	0,56	0,58	0,30	1,02
50	2,80	0,90	0,58	0,58	0,31	1,01
100	2,81	0,88	0,58	0,56	0,32	1,04
150	2,83	0,90	0,54	0,55	0,32	1,02
200	2,82	0,90	0,55	0,59	0,30	1,05

Влияние регулятора роста на химический состав урожая ячменя (2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Зерно, %			Солома, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
2014 г. Предшественник – пар						
0	2,42	0,84	2,60	0,54	0,22	1,02
50	2,43	0,83	2,59	0,52	0,23	1,00
100	2,44	0,82	2,61	0,51	0,24	1,01
150	2,45	0,80	2,62	0,52	0,25	1,00
200	2,44	0,81	2,63	0,53	0,26	0,99
Предшественник – пшеница по пару						
0	2,36	0,89	2,61	0,50	0,26	0,99
50	2,34	0,88	2,60	0,49	0,22	1,00
100	2,36	0,88	2,59	0,51	0,21	1,01
150	2,35	0,90	2,60	0,50	0,23	0,99
200	2,36	0,89	2,59	0,50	0,22	1,03
2015 г. Предшественник – пар						
0	2,48	0,88	2,62	0,58	0,24	0,99
50	2,47	0,87	2,60	0,54	0,24	1,00
100	2,48	0,88	2,61	0,54	0,26	1,04
150	2,46	0,90	2,60	0,56	0,25	1,01
200	2,47	0,91	2,64	0,58	0,24	1,03
Предшественник – пшеница по пару						
0	2,37	0,90	2,57	0,52	0,26	1,03
50	2,36	0,91	2,60	0,54	0,27	1,02
100	2,38	0,90	2,58	0,54	0,25	1,06
150	2,34	0,89	2,59	0,53	0,28	1,04
200	2,36	0,90	2,54	0,55	0,27	1,05
2016 г. Предшественник – пар						
0	2,52	0,91	2,68	0,60	0,22	1,03
50	2,54	0,89	2,66	0,64	0,24	1,00
100	2,54	0,90	2,68	0,63	0,23	1,02
150	2,56	0,92	2,67	0,65	0,22	1,07
200	2,77	0,91	2,68	0,66	0,24	1,06
Предшественник -пшеница по пару						
0	2,34	0,94	2,71	0,64	0,23	1,00
50	2,38	0,96	2,74	0,66	0,25	1,08
100	2,36	0,98	2,70	0,64	0,23	1,04
150	2,38	1,00	2,74	0,65	0,22	1,06
200	2,40	1,01	2,78	0,66	0,21	1,04

Вынос макроэлементов яровой пшеницей при применении микроудобрений
(среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	51,7	17,6	12,4	19,2	26,6	32,2	70,9	44,2	44,6	32,2	20,1	20,3
Обработка семян, г/100 кг												
Zn ₁₀	53,8	22,5	13,4	19,8	28,2	33,3	73,6	50,6	46,7	32,3	22,2	20,5
Zn ₂₀	62,6	22,0	15,8	23,1	30,5	38,4	85,7	52,5	54,2	35,7	21,9	22,6
Zn ₃₀	55,5	21,5	14,7	25,6	37,5	43,0	81,1	59,1	57,7	34,5	25,1	24,6
Cu ₁₀	55,6	20,6	13,8	20,7	28,1	37,6	76,3	48,7	51,3	33,9	21,6	22,8
Cu ₂₀	56,4	22,5	15,4	22,8	28,6	36,2	79,2	51,1	51,6	33,9	21,8	22,1
Cu ₃₀	56,4	21,5	15,5	22,0	31,2	37,4	78,4	52,7	53,0	33,4	22,4	22,5
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га												
Zn ₁₀	56,4	19,5	13,2	24,5	34,4	43,4	80,8	53,9	56,7	35,1	23,4	24,6
Zn ₂₀	60,5	21,4	15,6	24,5	34,8	40,5	85,0	56,2	56,1	35,4	23,4	23,4
Zn ₃₀	58,3	22,3	16,0	22,1	31,2	36,7	80,4	53,4	52,8	33,1	22,0	21,7
Cu ₁₀	58,1	24,2	16,7	24,2	29,8	39,9	82,3	54,0	56,6	34,3	22,5	23,6
Cu ₂₀	56,9	23,9	15,6	23,2	30,6	38,5	80,0	54,5	54,1	33,8	23,0	22,8
Cu ₃₀	58,8	23,6	17,0	27,9	39,4	44,4	86,7	63,1	61,4	36,1	26,3	25,6
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га												
Zn ₁₀	52,6	19,4	12,8	21,7	30,1	39,1	74,4	49,5	52,0	33,3	22,2	23,3
Zn ₂₀	55,7	21,4	15,7	25,2	37,7	42,6	80,9	59,2	58,4	34,6	25,3	24,9
Zn ₃₀	54,3	21,9	15,1	23,8	42,6	42,2	78,1	64,5	57,3	33,5	27,7	24,6
Cu ₁₀	56,1	21,7	15,8	21,4	35,4	37,1	77,5	57,1	52,9	33,6	24,7	22,9
Cu ₂₀	55,2	21,6	15,6	26,6	36,0	45,6	81,8	57,7	61,2	34,7	24,4	25,9
Cu ₃₀	55,9	22,0	14,6	23,0	34,1	42,6	79,0	56,0	57,2	33,7	23,9	24,4

Вынос микроэлементов яровой пшеницей в зависимости от микроудобрений (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Вынос, г/га									Вынос 1 т зерна с уче- том соломы, г		
	зерно			солома			хозяйственный					
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Контроль	61,8	2,66	63,8	39,6	3,24	116,1	101,5	5,91	179,9	46,1	2,68	81,8
Обработка семян, г/100 кг												
Zn ₁₀	49,7	2,33	41,0	43,2	7,14	71,4	92,9	9,5	112,4	40,8	4,15	49,3
Zn ₂₀	68,4	5,98	60,0	45,7	8,21	111,0	114,1	14,2	171,0	47,6	5,91	71,3
Zn ₃₀	56,6	6,74	58,8	52,3	10,04	128,1	108,9	16,8	186,8	46,3	7,14	79,5
Cu ₁₀	62,1	4,97	54,0	38,9	5,92	101,5	101	10,9	155,5	44,9	4,84	69,1
Cu ₂₀	86,8	6,46	58,5	39,6	4,78	107,6	126,4	11,2	166,1	54,0	4,8	71,0
Cu ₃₀	66,5	4,37	44,7	47	5,93	83,5	113,5	10,3	128,1	48,3	4,38	54,5
Zn ₁₀ Cu ₁₀	74,8	4,62	50,6	37,7	6,28	93,6	112,4	10,9	144,2	48,9	4,74	62,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	75,7	5,49	61,3	49,8	4,84	109,0	125,5	10,3	170,3	51,2	4,22	69,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	69,9	5,88	68,9	52,9	3,54	123,3	122,8	9,42	192,2	49,9	3,83	78,1
Zn ₁₀ Cu ₂₀	68,6	5,56	53,7	39,9	4,03	100,9	108,5	9,60	154,6	44,5	3,93	63,4
Zn ₁₀ Cu ₃₀	68,8	6,05	75,3	43,6	3,60	137,9	112,4	9,65	213,2	46,2	3,97	87,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zn ₂₀ Cu ₂₀	76,1	6,86	74,8	50,7	10,47	127,9	126,8	17,33	202,8	49,2	6,72	78,6
Zn ₂₀ Cu ₃₀	68,3	5,65	55,0	45,7	5,25	96,3	114	10,9	151,3	45,58	4,36	60,5
Zn ₃₀ Cu ₃₀	76,5	5,87	71,4	47,5	3,69	126,4	124	9,56	197,8	48,61	3,75	77,6
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га												
Zn ₁₀	64,4	6,19	55,2	59	4,23	133,6	123,4	10,4	188,8	53,7	4,53	82,1
Zn ₂₀	71,76	6,84	60,0	47,5	4,85	122,4	119,3	11,7	182,4	49,7	4,87	76,0
Zn ₃₀	77,03	6,15	65,6	52,3	2,82	114,8	129,3	8,96	180,4	53,2	3,69	74,3
Cu ₁₀	67,2	6,96	67,2	59,7	3,5	125,7	126,9	10,5	192,9	52,9	4,36	80,4
Cu ₂₀	65,65	11,3	61,6	45,9	2,45	115,8	111,5	13,7	177,5	47,1	5,79	74,9
Cu ₃₀	76,08	7,25	45,6	46,6	4,41	96,2	122,7	11,6	141,8	51,1	4,86	59,1
Zn ₁₀ Cu ₁₀	68,1	5,57	67,0	58,5	7,03	121,9	126,6	12,6	188,9	54,8	5,45	81,8
Zn ₂₀ Cu ₁₀	72,3	6,28	62,5	44,7	2,71	115,6	116,9	8,98	178,1	46,8	3,59	71,3
Zn ₃₀ Cu ₁₀	78,9	6,25	71,9	68,8	8,06	133,1	147,6	14,31	205,0	59,5	5,77	82,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	70,3	6,3	71,1	40,7	4,27	138,5	111	10,57	209,6	45,3	4,31	85,6
Zn ₁₀ Cu ₃₀	33,3	2,03	56,8	48,6	3,13	97,7	81,9	5,15	154,5	33,2	2,09	62,6
Zn ₂₀ Cu ₂₀	83,5	5,65	77,1	71,1	2,8	131,8	154,6	8,46	208,9	60,2	3,29	81,3
Zn ₂₀ Cu ₃₀	68,9	4,8	76,3	39,4	3,72	135,0	108,3	8,51	211,2	44,0	3,46	85,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Zn ₃₀ Cu ₃₀	68,2	5,85	64,2	91,1	3,27	112,4	159,3	9,12	176,6	64,49	3,69	71,5
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га												
Zn ₁₀	70,2	3,21	44,6	48	2,99	90,5	118,2	6,2	135,1	53	2,78	60,6
Zn ₂₀	79,1	7,89	46,8	73,1	4,12	103,0	152,2	12,0	149,8	65	5,13	64,0
Zn ₃₀	82,2	7,22	58,3	49,1	3,83	129,3	131,4	11,1	187,6	56,4	4,74	80,5
Cu ₁₀	70,5	7,18	60,1	51,9	4,28	118,3	122,3	11,5	178,4	53	4,96	77,2
Cu ₂₀	72,5	8,61	59,0	71,6	6,57	135,7	144,1	15,2	194,7	61,1	6,43	82,5
Cu ₃₀	61,8	5,66	58,5	36,9	4,51	119,9	98,7	10,2	178,4	42,2	4,35	76,3
Zn ₁₀ Cu ₁₀	78,0	6,86	59,3	31,9	3,24	115,6	109,9	10,1	174,9	48,2	4,43	76,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	55,9	4,89	65,2	67,5	3,2	124,6	123,4	8,1	189,8	52,95	3,47	81,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	82,4	6,90	21,1	46,5	3,43	37,7	128,9	10,3	58,8	55,09	4,42	25,1
Zn ₁₀ Cu ₂₀	73,6	6,32	65,8	48,9	2,28	117,8	122,4	8,6	183,6	52,09	3,66	78,1
Zn ₁₀ Cu ₃₀	81,9	5,87	63,2	87,5	3,77	116,9	169,4	9,7	180,1	72,41	4,12	77,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	90,8	5,16	23,9	47,1	4,46	41,3	138,0	9,6	65,2	57,73	4,03	27,3
Zn ₂₀ Cu ₃₀	69,6	10,25	67,2	26,9	3,23	120,3	96,5	13,5	187,5	40,22	5,62	78,1
Zn ₃₀ Cu ₃₀	97,0	7,10	79,2	28,7	2,19	141,8	125,7	9,3	221,0	52,38	3,87	92,1

Вынос макроэлементов урожаем озимой пшеницы при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Зерном			Соломой			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₀ - фон 1	72,2	27,0	20,5	11,5	15,6	18,9	83,7	42,6	39,4	35,3	18,0	16,6
Zn ₄	90,9	33,3	28,2	14,6	20,5	24,5	105	53,8	52,7	35,9	18,3	17,9
Zn ₈	89,9	32,8	27,0	14,6	21,4	24,0	104	54,1	51,0	37,0	19,1	18,0
Zn ₁₂	85,4	30,6	24,5	14,0	17,7	21,7	99,4	48,3	46,1	36,4	17,7	16,9
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	90,3	31,1	26,8	14,8	21,7	23,8	105	52,8	50,6	36,0	18,1	17,3
Zn ₄	96,1	32,2	26,6	15,0	21,1	25,5	111	53,3	52,1	37,0	17,8	17,4
Zn ₈	101	36,8	28,8	16,1	24,7	26,7	117	61,5	55,5	36,6	19,3	17,4
Zn ₁₂	97,1	33,0	24,9	15,3	22,2	26,4	112	55,2	51,3	36,8	18,1	16,8
Zn _{0,5} *	78,8	29,0	24,1	12,2	12,8	22,0	91,0	41,8	46,1	31,8	14,6	16,1
Zn _{1,0} *	93,4	36,7	29,4	14,6	13,3	28,1	108	50,0	57,5	32,5	15,1	17,3
Zn _{1,5} *	83,7	35,2	24,4	13,1	14,1	22,7	96,8	49,3	47,1	32,2	16,4	15,7

*- обработка семян кг соли на одну тонну семян

Вынос макроэлементов урожаем озимой ржи при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Зерном			Соломой			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₀ - фон 1	92,6	28,8	19,8	26,2	13,8	59,6	118,7	42,6	79,5	31,1	11,7	20,7
Zn ₄	102,6	30,8	19,4	26,5	15,9	57,6	129,1	46,7	77,1	32,4	12,8	19,3
Zn ₈	107,4	32,6	21,4	33,3	17,5	60,8	140,8	50,1	82,2	33,6	13,7	19,5
Zn ₁₂	108,8	30,1	12,0	35,0	18,5	70,1	143,7	48,6	47,0	35,6	11,0	23,1
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	97,6	32,5	21,7	29,1	14,1	60,9	126,7	46,6	82,6	31,6	12,9	20,4
Zn ₄	110,6	31,7	22,9	32,0	15,1	64,4	142,5	46,8	87,3	32,8	12,8	19,9
Zn ₈	102,9	27,8	20,7	24,9	15,7	57,9	127,9	43,4	78,6	32,3	11,7	19,7
Zn ₁₂	119,3	36,1	10,5	44,8	19,3	70,9	164,1	55,3	46,0	37,1	12,8	20,6
Zn _{0,5} *	105,8	33,2	21,4	26,6	17,1	53,6	132,4	50,3	75,1	31,0	13,9	17,6
Zn _{1,0} *	118,0	37,1	23,5	33,1	14,9	53,2	151,1	52,0	76,7	31,9	14,1	16,3
Zn _{1,5} *	123,0	38,3	11,3	34,1	16,4	76,1	157,0	54,6	49,4	35,3	6,3	21,9

*- обработка семян кг соли на одну тонну семян

Вынос макроэлементов урожаем озимого тритикале при применении Zn-удобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Зерном			Соломой			Хозяйственный			Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₀ - фон 1	46,7	19,7	11,8	37,2	17,9	58,9	83,9	37,7	70,7	36,8	16,5	31,0
Zn ₄	59,9	26,0	15,2	39,4	19,9	60,8	99,3	45,9	76,0	38,5	17,8	29,5
Zn ₈	64,3	27,6	17,9	43,3	22,4	59,6	107,6	49,9	77,5	40,1	18,6	28,9
Zn ₁₂	63,4	38,0	21,3	50,9	27,4	89,3	120,3	65,4	110,6	37,6	20,4	34,6
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	71,8	31,0	18,4	42,3	22,4	61,6	114,2	53,4	80,0	39,6	18,5	27,8
Zn ₄	73,7	30,9	15,7	48,5	20,5	70,8	132,2	51,4	86,5	32,2	16,4	27,6
Zn ₈	78,9	34,0	21,4	50,9	26,8	71,9	129,9	60,8	93,4	39,5	18,5	28,4
Zn ₁₂	75,1	38,3	22,5	52,9	31,9	84,6	140,0	70,2	107,1	39,0	19,5	29,8
Zn _{0,5} *	80,4	30,1	17,0	46,3	28,2	70,2	126,7	58,4	87,2	42,5	19,6	29,2
Zn _{1,0} *	90,9	31,5	16,6	52,1	22,8	75,5	143,0	54,3	92,1	45,3	17,2	29,2
Zn _{1,5} *	84,4	29,9	18,0	60,9	60,9	86,8	145,3	90,8	104,9	45,4	28,4	32,8

*- обработка семян кг соли на одну тонну семян

Вынос макроэлементов урожаем озимой пшеницы при применении микроудобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	82,1	27,6	17,9	19,6	21,3	34,2	102	48,9	52,1	37,5	18,0	19,2
Zn _{0,5}	85,9	26,7	19,3	22,2	22,8	35,7	108	49,4	55,0	39,9	18,3	20,3
Zn _{1,0}	92,0	31,2	21,7	28,7	30,9	45,4	121	62,1	67,1	39,6	20,4	22,0
Zn _{1,5}	91,6	33,1	22,1	28,4	33,2	46,6	120	66,3	68,7	38,1	21,1	21,8
Cu _{0,5}	93,0	34,0	22,4	30,1	34,8	47,8	121	67,3	69,0	40,1	22,2	22,8
Cu _{1,0}	93,7	33,3	22,6	30,7	35,3	48,6	124	68,1	70,4	41,1	22,6	23,3
Cu _{1,5}	86,0	28,9	21,0	27,9	29,5	43,5	114	58,4	64,5	41,4	21,3	23,5
Mn _{0,5}	85,1	32,9	20,2	26,7	29,5	47,5	113	62,4	63,7	41,4	22,8	23,3
Mn _{1,0}	100	35,1	24,3	25,5	27,7	40,1	127	64,6	71,9	39,2	20,0	22,3
Mn _{1,5}	87,2	30,9	22,1	23,3	25,7	37,7	111	56,6	59,8	39,3	20,1	21,2
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	92,4	20,6	20,8	60,6	21,9	24,5	153	42,5	45,4	39,6	20,8	24,7
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	92,6	20,0	34,1	78,8	18,7	21,5	171	38,8	55,5	44,1	19,2	22,5
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	115	20,6	18,1	86,5	17,3	26,6	202	37,9	44,8	36,0	19,4	25,8
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	104	24,7	19,2	54,3	23,3	29,0	159	48,0	48,2	38,1	19,5	25,2

Вынос макроэлементов урожаем озимой ржи при применении микроудобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный			N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	96,3	33,7	22,1	30,4	15,4	68,2	130	47,9	88,7	29,5	13,2	20,2
Zn _{0,5}	101	34,3	24,4	33,1	12,2	60,2	136	47,0	84,7	29,1	12,9	18,0
Zn _{1,0}	107	35,3	27,3	33,8	14,9	70,4	142	50,4	98,4	29,8	13,9	20,5
Zn _{1,5}	103	36,2	14,7	38,7	17,0	80,8	142	53,2	55,1	32,0	12,5	24,7
Cu _{0,5}	99,2	34,9	25,8	31,3	13,6	63,0	127	48,7	88,3	29,0	13,3	20,0
Cu _{1,0}	103	34,8	27,1	32,8	14,6	68,2	140	49,4	99,6	29,4	13,5	20,9
Cu _{1,5}	105	34,9	13,0	34,5	17,6	84,8	140	52,6	55,4	31,2	12,1	24,7
Mn _{0,5}	112	37,4	29,8	33,3	17,9	82,2	141	53,8	111	30,9	14,7	24,2
Mn _{1,0}	97,2	33,6	24,1	37,4	16,8	71,8	130	47,6	91,8	30,3	12,7	21,2
Mn _{1,5}	103	37,4	13,3	31,5	17,3	82,4	135	54,7	54,5	29,5	12,3	23,4
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	103	34,7	32,8	44,7	13,1	85,3	147	47,8	118	31,9	10,8	25,3
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	100	30,1	32,9	43,0	19,6	83,1	143	49,8	116	30,3	11,5	23,9
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	113	36,4	33,0	53,0	17,5	96,4	166	53,9	129	36,0	12,4	28,1
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	103	37,0	31,1	47,7	17,1	88,2	150	54,1	119	32,1	12,3	25,6

Вынос макроэлементов урожаем озимого тритикале при применении микроудобрений (среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, кг/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, кг		
	зерно			солома			хозяйственный					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	78,3	11,5	15,1	70,2	35,1	101	149	46,6	116	45,1	14,2	35,1
Zn _{0,5}	123	11,8	18,9	89,6	22,4	120	213	34,2	139	63,2	10,1	41,1
Zn _{1,0}	82,4	13,6	18,4	92,2	26,2	145	175	39,8	163	47,4	10,8	44,3
Zn _{1,5}	74,6	12,8	18,8	107	27,0	139	182	39,8	157	54,1	11,8	46,9
Cu _{0,5}	78,6	14,0	17,6	106	18,8	96,3	185	32,8	114	52,6	9,4	32,4
Cu _{1,0}	94,7	13,9	16,4	80,5	17,4	70,2	175	31,2	86,6	49,2	8,8	24,3
Cu _{1,5}	75,8	9,3	16,8	91,4	25,8	133	167	35,0	150	48,7	10,2	43,7
Mn _{0,5}	91,4	14,5	14,5	80,7	22,2	108	172	36,7	122	47,5	10,1	33,7
Mn _{1,0}	80,6	15,1	15,1	115	34,6	105	196	49,7	120	54,5	13,8	33,3
Mn _{1,5}	83,6	13,6	13,6	115	36,5	110	199	50,1	124	55,3	14,0	34,5
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	100,4	15,0	15,0	74,1	16,0	95,9	175	31,0	111	51,3	9,1	32,6
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	79,4	14,5	14,5	70,9	25,8	95,1	150	40,3	110	42,4	11,4	30,9
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	86,6	12,9	12,9	91,5	31,5	109	178	44,4	122	52,5	13,1	35,8
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	87,9	13,6	13,6	75,9	20,4	78,7	164	33,9	92,2	49,6	10,3	27,9

Вынос микроэлементов урожаем озимой пшеницей в зависимости от микроудобрений при обработке семян
(среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, г/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, г		
	зерно			солома			хозяйственный					
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	47,7	3,0	164	23,1	8,7	151	70,7	11,7	315	26,1	4,3	116
Zn _{0,5}	57,7	3,7	163	25,3	9,2	141	83,0	12,8	304	30,6	4,7	112
Zn _{1,0}	55,6	2,5	187	32,3	8,2	190	87,9	10,8	377	28,9	3,5	124
Zn _{1,5}	58,2	2,4	190	39,5	8,5	188	97,7	10,9	378	31,0	3,5	120
Cu _{0,5}	53,8	6,5	181	26,9	11,9	183	80,7	15,0	364	26,7	5,0	120
Cu _{1,0}	57,1	3,5	179	28,1	12,0	183	85,3	15,4	362	28,3	5,1	120
Cu _{1,5}	54,3	3,0	160	26,2	8,6	174	80,5	11,6	334	29,3	4,2	121
Mn _{0,5}	51,8	1,4	187	21,6	11,1	199	73,4	10,0	386	26,9	3,7	141
Mn _{1,0}	51,1	6,5	222	21,9	8,9	245	73,0	17,6	467	22,6	5,4	144
Mn _{1,5}	50,4	2,6	190	18,4	7,1	198	68,8	9,6	388	24,5	3,4	138
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	51,3	5,9	191	27,3	8,4	177	78,6	12,9	368	25,5	4,2	119
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	67,8	4,6	236	24,2	8,1	168	92,1	13,0	404	29,0	4,1	127
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	64,0	4,4	235	30,2	10,1	220	94,2	14,6	454	30,8	4,8	149
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	81,3	6,6	273	27,3	13,1	196	109	16,7	469	32,9	5,1	142

Вынос микроэлементов урожаем озимой ржи в зависимости от микроудобрений при обработке семян
(среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, г/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, г		
	зерно			солома			хозяйственный			Zn	Cu	Mn
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn			
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	60,1	2,6	138	36,6	8,0	177	96,8	10,6	315	21,9	2,4	71,3
Zn _{0,5}	96,0	7,4	141	36,2	11,3	177	132	18,7	317	28,5	4,0	68,4
Zn _{1,0}	114	3,1	144	33,7	12,1	188	147	15,2	333	30,2	3,1	68,2
Zn _{1,5}	99,5	4,5	125	28,2	6,4	141	128	10,9	266	28,7	2,5	59,9
Cu _{0,5}	66,6	7,6	128	28,4	12,4	157	94,9	20,0	285	21,8	4,6	65,5
Cu _{1,0}	90,0	7,9	134	31,5	13,8	153	122	21,7	287	25,5	4,6	60,3
Cu _{1,5}	39,9	9,4	120	34,3	15,1	178	74,2	24,4	298	16,6	5,5	66,5
Mn _{0,5}	57,1	10,6	137	21,8	8,5	265	78,9	19,1	402	17,3	4,2	88,1
Mn _{1,0}	54,7	10,2	145	22,7	13,0	270	77,4	23,2	415	17,1	5,1	91,8
Mn _{1,5}	56,5	10,4	147	22,2	11,3	191	78,7	21,7	338	17,3	4,8	74,2
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	54,4	9,0	120	20,7	10,5	232	75,1	19,6	351	16,3	4,2	76,2
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	56,3	8,5	223	23,2	12,2	279	79,5	20,7	502	16,8	4,4	106
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	77,2	13,2	146	30,4	11,6	283	108	24,8	429	23,5	5,4	93,9
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	52,3	10,3	267	21,2	6,0	212,2	73,5	16,4	479	15,7	3,5	103

Вынос микроэлементов урожаем озимой тритикале в зависимости от микроудобрений при обработке семян
(среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Вынос, г/га									Вынос 1 т зерна с учетом соломы, г		
	зерно			солома			хозяйственный					
	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn	Zn	Cu	Mn
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	56,9	3,1	66	22,2	2,3	147	79,1	5,4	213	24,0	1,6	64,9
Zn _{0,5}	50,9	2,5	68	32,0	2,5	175	82,9	5,0	243	24,6	1,5	72,1
Zn _{1,0}	61,5	2,4	77	34,1	3,9	183	95,5	6,2	261	26,0	1,7	70,8
Zn _{1,5}	56,8	1,7	62	31,6	2,4	256	88,3	4,1	319	26,3	1,2	94,9
Cu _{0,5}	53,0	2,6	86	20,8	2,8	161	73,8	5,4	247	21,0	1,5	70,4
Cu _{1,0}	53,0	3,5	79	22,4	3,2	147	75,4	6,7	227	21,2	1,9	63,7
Cu _{1,5}	54,2	3,5	70	25,1	1,6	150	79,3	5,1	220	23,1	1,5	64,2
Mn _{0,5}	53,7	3,5	79	20,8	3,0	153	74,5	6,5	232	20,5	1,8	64,0
Mn _{1,0}	45,0	2,6	91	21,7	2,0	160	66,7	4,6	251	18,5	1,3	69,8
Mn _{1,5}	48,1	2,9	68	22,8	2,3	233	70,9	5,2	301	19,7	1,5	83,9
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	53,1	3,8	56	19,5	2,5	141	72,6	6,3	197	21,3	1,9	57,8
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	50,3	4,4	57	20,5	2,4	194	70,9	6,8	251	20,0	1,9	70,8
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	46,5	4,6	59	29,6	4,0	204	76,1	8,6	263	22,4	2,5	77,5
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	55,5	2,8	46	20,5	2,7	169	76,0	5,4	216	23,0	1,6	65,2

Коэффициенты использования элементов питания из почвы
пшеницей яровой при применении хелатных микроудобрений (Zn, Cu)
при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4
Контроль	0,87	0,08	0,06
Обработка семян, г/100 кг семян			
Zn ₁₀	0,87	0,09	0,06
Zn ₂₀	0,83	0,09	0,07
Zn ₃₀	0,87	0,11	0,07
Cu ₁₀	0,81	0,09	0,07
Cu ₂₀	0,88	0,09	0,07
Cu ₃₀	0,88	0,09	0,07
Zn ₁₀ Cu ₁₀	0,87	0,08	0,06
Zn ₂₀ Cu ₁₀	0,89	0,08	0,06
Zn ₃₀ Cu ₁₀	0,90	0,10	0,07
Zn ₁₀ Cu ₂₀	0,90	0,10	0,07
Zn ₁₀ Cu ₃₀	0,89	0,09	0,06
Zn ₂₀ Cu ₂₀	0,91	0,10	0,07
Zn ₂₀ Cu ₃₀	0,91	0,11	0,08
Zn ₃₀ Cu ₃₀	0,89	0,10	0,07
Листовая подкормка в фазу кушения, г/га			
Zn ₁₀	0,88	0,10	0,07
Zn ₂₀	0,87	0,10	0,07
Zn ₃₀	0,82	0,10	0,07
Cu ₁₀	0,84	0,10	0,07
Cu ₂₀	0,88	0,10	0,07
Cu ₃₀	0,89	0,11	0,08
Zn ₁₀ Cu ₁₀	0,89	0,09	0,07
Zn ₂₀ Cu ₁₀	0,89	0,10	0,07
Zn ₃₀ Cu ₁₀	0,91	0,12	0,09
Zn ₁₀ Cu ₂₀	0,92	0,10	0,08
Zn ₁₀ Cu ₃₀	0,91	0,10	0,07
Zn ₂₀ Cu ₂₀	0,92	0,13	0,10
Zn ₂₀ Cu ₃₀	0,91	0,10	0,08
Zn ₃₀ Cu ₃₀	0,92	0,11	0,09
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га			
Zn ₁₀	0,87	0,09	0,07
Zn ₂₀	0,82	0,11	0,07

1	2	3	4
Zn ₃₀	0,82	0,11	0,07
Cu ₁₀	0,82	0,10	0,07
Cu ₂₀	0,82	0,10	0,08
Cu ₃₀	0,88	0,10	0,07
Zn ₁₀ Cu ₁₀	0,88	0,10	0,07
Zn ₂₀ Cu ₁₀	0,88	0,10	0,06
Zn ₃₀ Cu ₁₀	0,88	0,10	0,06
Zn ₁₀ Cu ₂₀	0,90	0,12	0,08
Zn ₁₀ Cu ₃₀	0,91	0,11	0,08
Zn ₂₀ Cu ₂₀	0,92	0,13	0,10
Zn ₂₀ Cu ₃₀	0,91	0,11	0,08
Zn ₃₀ Cu ₃₀	0,91	0,11	0,08

Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от микроудобрений

(среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Белок		Клейковина, %	Стекловидность, %	ИДК, ед.
	содержание, %	сбор, т/га			
1	2	3	4	5	6
Контроль	13,39	0,29	26,5	50,0	59,0
Обработка семян, г/100 кг					
Zn ₁₀	13,48	0,31	27,2	50,0	57,3
Zn ₂₀	13,95	0,33	27,9	50,7	57,7
Zn ₃₀	13,48	0,32	26,9	50,7	56,0
Cu ₁₀	14,06	0,32	27,9	49,7	60,0
Cu ₂₀	13,76	0,32	27,7	50,7	58,0
Cu ₃₀	13,67	0,32	27,5	50,0	58,5
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,64	0,31	27,3	50,7	57,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	13,85	0,34	27,5	50,0	57,0
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,30	0,33	26,8	49,0	58,3
Zn ₁₀ Cu ₂₀	13,23	0,32	26,7	50,0	57,3
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,17	0,32	26,6	50,7	58,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	14,10	0,36	28,0	51,0	58,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	13,63	0,34	26,2	49,7	58,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,64	0,35	27,1	50,0	57,0
Листовая подкормка в фазу кушения, г/га					
Zn ₁₀	13,99	0,32	27,4	51,0	61,0
Zn ₂₀	14,35	0,34	27,7	51,7	58,3
Zn ₃₀	13,68	0,33	27,0	50,3	56,0
Cu ₁₀	13,79	0,33	27,6	49,0	57,7
Cu ₂₀	13,67	0,32	27,3	49,7	57,3
Cu ₃₀	13,95	0,33	28,0	50,3	57,0
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,57	0,31	27,1	49,7	56,0

1	2	3	4	5	6
Zn ₂₀ Cu ₁₀	14,06	0,35	27,9	50,3	58,0
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,47	0,33	27,1	50,7	57,3
Zn ₁₀ Cu ₂₀	13,74	0,34	27,3	50,3	60,0
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,17	0,33	26,6	50,7	56,3
Zn ₂₀ Cu ₂₀	15,16	0,39	28,8	50,0	57,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	14,08	0,35	27,7	49,7	58,3
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,57	0,34	27,6	50,3	58,0
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га					
Zn ₁₀	13,47	0,30	26,8	50,0	57,7
Zn ₂₀	13,56	0,32	26,9	50,7	58,3
Zn ₃₀	13,30	0,31	26,4	50,3	58,7
Cu ₁₀	13,85	0,32	27,4	49,3	59,0
Cu ₂₀	13,34	0,31	27,0	49,7	59,7
Cu ₃₀	13,65	0,32	27,2	49,7	60,7
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,64	0,31	26,9	49,3	59,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	14,14	0,33	27,8	50,7	58,0
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,49	0,32	26,8	49,0	60,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	14,10	0,33	27,8	49,7	58,3
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,61	0,32	27,2	50,3	58,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	13,79	0,33	27,6	50,0	59,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	13,52	0,33	26,8	50,3	59,3
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,89	0,33	27,8	50,3	58,7
HCP ₀₅	0,52	0,25	0,55	2,0	3,5

Аминокислотный состав белка яровой пшеницы при применении хелатных микроудобрений, % (среднее 2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Содержание белка	Аминокислоты																Доля незаменимых аминокислот
		аргинин*	лизин**,*	тирозин	фенилаланин*	гистидин*	лейцин+ изолейцин*	метионин**,*	валин*	пролин	треонин**,*	серин	аланин	глицин	незаменимые*	критические**	сумма	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
обработка семян, г/100 кг																		
Контроль	13,39	0,72	0,35	0,26	0,52	0,28	1,23	0,22	0,53	1,30	0,40	0,70	0,45	0,48	4,25	0,97	7,44	57,1
Zn ₁₀	13,48	0,71	0,35	0,27	0,52	0,27	1,24	0,20	0,53	1,30	0,39	0,64	0,42	0,47	4,21	0,94	7,31	57,6
Zn ₂₀	13,95	0,69	0,35	0,26	0,49	0,27	1,23	0,23	0,53	1,30	0,41	0,66	0,42	0,49	4,20	0,99	7,33	57,3
Zn ₃₀	13,48	0,72	0,35	0,27	0,54	0,28	1,25	0,20	0,52	1,36	0,40	0,68	0,47	0,49	4,26	0,95	7,53	56,6
Cu ₁₀	14,06	0,69	0,34	0,27	0,49	0,28	1,22	0,20	0,50	1,33	0,40	0,64	0,45	0,48	4,12	0,94	7,29	56,5
Cu ₂₀	13,76	0,70	0,36	0,25	0,52	0,28	1,24	0,23	0,52	1,31	0,38	0,64	0,43	0,48	4,23	0,97	7,34	57,6
Cu ₃₀	13,67	0,67	0,34	0,26	0,50	0,27	1,21	0,20	0,51	1,29	0,39	0,64	0,42	0,46	4,09	0,93	7,16	57,1
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,64	0,70	0,35	0,26	0,52	0,28	1,23	0,21	0,53	1,36	0,40	0,66	0,46	0,48	4,22	0,96	7,43	56,8
Zn ₂₀ Cu ₁₀	13,85	0,72	0,34	0,26	0,52	0,28	1,23	0,22	0,53	1,36	0,39	0,63	0,42	0,47	4,23	0,94	7,37	57,4
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,30	0,66	0,34	0,26	0,51	0,28	1,18	0,19	0,51	1,30	0,37	0,65	0,41	0,46	4,04	0,90	7,12	56,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	13,23	0,70	0,34	0,25	0,50	0,27	1,19	0,19	0,49	1,30	0,40	0,63	0,42	0,45	4,08	0,93	7,13	57,2
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,17	0,66	0,33	0,26	0,52	0,27	1,20	0,20	0,51	1,28	0,39	0,66	0,43	0,46	4,08	0,92	7,17	56,9
Zn ₂₀ Cu ₂₀	13,95	0,73	0,36	0,27	0,55	0,28	1,26	0,20	0,52	1,36	0,41	0,70	0,47	0,49	4,31	0,97	7,60	56,7
Zn ₂₀ Cu ₃₀	12,98	0,68	0,35	0,24	0,51	0,28	1,21	0,20	0,51	1,29	0,41	0,65	0,45	0,46	4,15	0,96	7,24	57,3
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,64	0,72	0,34	0,25	0,52	0,28	1,21	0,22	0,56	1,33	0,41	0,66	0,43	0,48	4,26	0,97	7,42	57,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
листовая подкормка в фазу кущения, г/га																		
Контроль	13,39	0,72	0,35	0,26	0,52	0,28	1,23	0,22	0,53	1,30	0,40	0,70	0,45	0,48	4,25	0,97	7,44	57,1
Zn ₁₀	13,99	0,82	0,35	0,26	0,55	0,27	1,29	0,20	0,60	1,35	0,50	0,66	0,52	0,49	4,58	1,05	7,86	58,3
Zn ₂₀	14,35	0,74	0,31	0,24	0,50	0,25	1,18	0,22	0,51	1,27	0,36	0,62	0,42	0,45	4,07	0,89	7,07	57,6
Zn ₃₀	13,68	0,81	0,33	0,26	0,52	0,28	1,30	0,22	0,56	1,35	0,45	0,64	0,51	0,48	4,47	1,00	7,71	58,0
Cu ₁₀	13,79	0,81	0,32	0,25	0,56	0,28	1,30	0,18	0,53	1,33	0,43	0,65	0,54	0,47	4,41	0,93	7,65	57,6
Cu ₂₀	13,67	0,77	0,35	0,29	0,60	0,29	1,37	0,20	0,60	1,51	0,43	0,74	0,61	0,51	4,61	0,98	8,27	55,7
Cu ₃₀	13,95	0,77	0,34	0,29	0,57	0,28	1,34	0,18	0,58	1,32	0,50	0,68	0,54	0,51	4,56	1,02	7,90	57,7
Zn ₁₀ Cu ₁₀	13,57	0,79	0,36	0,28	0,56	0,27	1,33	0,18	0,57	1,37	0,40	0,68	0,48	0,41	4,46	0,94	7,68	58,1
Zn ₂₀ Cu ₁₀	14,06	0,76	0,34	0,26	0,54	0,26	1,23	0,16	0,54	1,32	0,38	0,64	0,43	0,48	4,22	0,88	7,35	57,4
Zn ₃₀ Cu ₁₀	13,47	0,75	0,32	0,27	0,54	0,28	1,25	0,17	0,57	1,36	0,41	0,63	0,43	0,48	4,28	0,90	7,45	57,5
Zn ₁₀ Cu ₂₀	13,74	0,73	0,33	0,26	0,54	0,27	1,25	0,16	0,54	1,33	0,40	0,66	0,45	0,47	4,23	0,90	7,39	57,2
Zn ₁₀ Cu ₃₀	13,17	0,74	0,35	0,28	0,56	0,29	1,26	0,16	0,54	1,37	0,40	0,66	0,40	0,47	4,29	0,90	7,47	57,4
Zn ₂₀ Cu ₂₀	15,16	0,87	0,38	0,29	0,61	0,27	1,35	0,09	0,56	1,47	0,43	0,65	0,51	0,49	4,56	0,90	7,97	57,2
Zn ₂₀ Cu ₃₀	14,08	0,74	0,33	0,27	0,55	0,29	1,23	0,17	0,57	1,33	0,38	0,63	0,38	0,47	4,26	0,88	7,34	58,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	13,57	0,72	0,32	0,25	0,54	0,30	1,21	0,13	0,50	1,29	0,38	0,64	0,45	0,46	4,09	0,83	7,19	57,0
листовая подкормка в фазу выхода в трубку, кг/га																		
Контроль	13,39	0,72	0,35	0,26	0,52	0,28	1,23	0,22	0,53	1,30	0,40	0,70	0,45	0,48	4,25	0,97	7,44	57,1
Zn ₁₀	13,47	0,77	0,38	0,28	0,50	0,26	1,31	0,22	0,55	1,41	0,40	0,66	0,51	0,51	4,39	1,00	7,76	56,6
Zn ₂₀	13,56	0,74	0,37	0,30	0,58	0,29	1,40	0,20	0,57	1,40	0,39	0,67	0,49	0,52	4,54	0,96	7,92	57,3
Zn ₃₀	13,30	0,76	0,37	0,29	0,49	0,28	1,28	0,20	0,51	1,37	0,39	0,68	0,49	0,49	4,28	0,96	7,60	56,3
Cu ₁₀	13,85	0,79	0,35	0,30	0,55	0,28	1,30	0,20	0,52	1,37	0,41	0,69	0,51	0,51	4,40	0,96	7,78	56,6
Cu ₂₀	13,34	0,73	0,34	0,27	0,52	0,25	1,24	0,21	0,52	1,39	0,37	0,65	0,46	0,49	4,18	0,92	7,44	56,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cu_{30}	13,72	0,78	0,34	0,30	0,57	0,28	1,30	0,16	0,54	1,53	0,38	0,63	0,45	0,49	4,35	0,88	7,75	56,1
$\text{Zn}_{10}\text{Cu}_{10}$	13,64	0,72	0,36	0,30	0,56	0,27	1,30	0,17	0,59	1,35	0,38	0,65	0,46	0,51	4,36	0,91	7,62	57,2
$\text{Zn}_{20}\text{Cu}_{10}$	14,14	0,76	0,34	0,27	0,55	0,26	1,26	0,18	0,52	1,32	0,39	0,65	0,45	0,48	4,26	0,91	7,43	57,4
$\text{Zn}_{30}\text{Cu}_{10}$	13,49	0,80	0,35	0,31	0,51	0,26	1,24	0,19	0,50	1,35	0,38	0,64	0,47	0,48	4,22	0,91	7,46	56,6
$\text{Zn}_{10}\text{Cu}_{20}$	14,10	0,75	0,32	0,27	0,52	0,26	1,22	0,15	0,50	1,39	0,37	0,61	0,43	0,47	4,09	0,84	7,26	56,3
$\text{Zn}_{10}\text{Cu}_{30}$	13,61	0,73	0,34	0,27	0,51	0,28	1,24	0,16	0,50	1,34	0,37	0,60	0,45	0,47	4,13	0,87	7,26	56,9
$\text{Zn}_{20}\text{Cu}_{20}$	13,79	0,74	0,31	0,26	0,56	0,23	1,20	0,17	0,45	1,37	0,35	0,56	0,42	0,49	4,01	0,83	7,11	56,4
$\text{Zn}_{20}\text{Cu}_{30}$	12,88	0,74	0,34	0,29	0,55	0,28	1,26	0,17	0,54	1,29	0,38	0,63	0,44	0,47	4,27	0,89	7,40	57,7
$\text{Zn}_{30}\text{Cu}_{30}$	13,89	0,74	0,35	0,27	0,57	0,29	1,26	0,16	0,56	1,31	0,39	0,67	0,49	0,48	4,33	0,90	7,56	57,3

Качество зерна озимой пшеницы
при применении Zn-удобрений (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Натура, г/л	Белок, %	Стекловидность, %	Клейковина, %	ИДК, ед.
1	2	3	4	5	6
2008 г.					
N ₃₀ - фон 1	774	15,5	50	31,1	76
Zn ₄	756	15,6	50	31,2	75
Zn ₈	768	15,8	50	31,7	77
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	766	15,6	50	31,4	82
Zn ₄	748	15,8	50	31,5	85
Zn ₈	784	16,2	50	32,0	77
Zn _{0,5} *	772	15,8	49	30,9	82
Zn _{1,0} *	762	16,2	50	32,1	87
2009 г.					
N ₃₀ - фон 1	725	17,5	51	32,2	74
Zn ₄	728	17,7	50	32,3	75
Zn ₈	692	18,5	50	33,4	76
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	694	17,3	50	32,0	82
Zn ₄	734	17,5	51	32,1	86
Zn ₈	732	18,5	52	33,4	87
Zn _{0,5} *	722	17,7	50	32,3	83
Zn _{1,0} *	720	17,7	51	32,2	87
2010 г.					
N ₃₀ - фон 1	788	13,3	50	28,1	68
Zn ₄	788	13,3	50	28,2	74
Zn ₈	786	14,0	48	28,5	74
Zn ₁₂	783	14,4	51	28,8	80
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	782	14,4	50	28,4	76
Zn ₄	781	14,7	52	28,4	75
Zn ₈	778	14,4	52	28,5	76
Zn ₁₂	778	14,4	51	29,2	73
Zn _{0,5} *	776	13,3	50	27,2	76
Zn _{1,0} *	788	14,0	52	27,8	71
Zn _{1,5} *	780	14,0	53	26,7	68
2011 г.					
N ₃₀ - фон 1	760	13,3	44	27,2	71
Zn ₄	758	14,0	47	27,2	71
Zn ₈	764	14,0	42	28,4	79
Zn ₁₂	756	14,0	45	26,7	69
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	769	13,0	45	27,2	65

окончание приложения 47

1	2	3	4	5	6
Zn ₄	768	13,3	44	27,2	71
Zn ₈	772	14,0	44	26,8	65
Zn ₁₂	768	14,0	45	25,2	62
Zn _{0,5} *	772	13,6	46	26,7	52
Zn _{1,0} *	766	13,6	42	26,7	64
Zn _{1,5} *	767	13,3	44	26,9	66

*- обработка семян кг соли на тонну семян

Качество зерна озимой ржи при применении Zn-удобрений (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Стекловидность, %	Натура, г/л	Число падения, сек.
1	2	3	4	5
2008 г.				
N ₃₀ - фон 1	14,84	32	698	131
Zn ₄	14,59	34	698	127
Zn ₈	14,88	34	691	148
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	14,54	32	696	124
Zn ₄	14,68	28	700	109
Zn ₈	14,42	31	702	141
Zn _{0,5} *	14,28	34	704	151
Zn _{1,0} *	14,25	30	695	146
2009 г.				
N ₃₀ - фон 1	15,52	31,0	615	77
Zn ₄	16,59	40,0	628	72
Zn ₈	15,50	39,0	645	98
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	16,02	35,0	616	92
Zn ₄	16,02	38,0	619	73
Zn ₈	16,33	29,0	644	105
Zn _{0,5} *	15,73	33,0	618	100
Zn _{1,0} *	15,56	31,0	652	93
2010 г.				
N ₃₀ - фон 1	12,43	32,0	696	146
Zn ₄	13,34	30,0	691	145
Zn ₈	12,31	28,0	696	165
Zn ₁₂	11,97	24,0	692	167
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	13,51	28,0	695	130
Zn ₄	12,54	10,0	687	120
Zn ₈	13,79	26,0	692	181
Zn ₁₂	12,77	32,0	685	161
Zn _{0,5} *	13,00	34,0	695	133
Zn _{1,0} *	13,00	22,0	693	131
Zn _{1,5} *	12,94	32,0	690	146
2011 г.				
N ₃₀ - фон 1	12,37	32,0	696	178
Zn ₄	11,34	34,0	691	162
Zn ₈	12,37	36,0	696	186
Zn ₁₂	12,31	36,0	692	193
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	12,20	34,0	695	148
Zn ₄	11,57	34,0	687	125

1	2	3	4	5
Zn ₈	11,63	38,0	692	146
Zn ₁₂	12,37	33,0	685	149
Zn _{0,5} *	12,14	39,0	695	223
Zn _{1,0} *	12,31	37,0	693	208
Zn _{1,5} *	12,94	29,0	690	159

Качество зерна озимого тритикале при применении
Zn-удобрений (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Стекловидность, %	т, г/л	Число падения, сек.
1	2	3	4	5
2008 г.				
N ₃₀ - фон 1	16,08	49	668	62
Zn ₄	16,48	50	654	63
Zn ₈	16,76	50	649	64
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	17,01	50	640	63
Zn ₄	16,13	49	650	64
Zn ₈	16,64	48	652	65
Zn _{0,5} *	16,76	49	649	63
Zn _{1,0} *	15,79	49	651	63
2009 г.				
N ₃₀ - фон 1	19,38	52	581	62
Zn ₄	20,06	51	572	62
Zn ₈	20,58	51	584	62
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	19,15	51	584	62
Zn ₄	19,61	50	548	62
Zn ₈	18,75	50	584	63
Zn _{0,5} *	19,15	49	592	62
Zn _{1,0} *	19,72	50	558	62
2010 г.				
N ₃₀ - фон 1	13,57	49	682	63
Zn ₄	14,31	49	684	63
Zn ₈	13,39	50	683	63
Zn ₁₂	13,39	50	681	63
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	13,57	50	681	63
Zn ₄	14,76	51	680	63
Zn ₈	14,36	50	688	63
Zn ₁₂	14,36	49	684	63
Zn _{0,5} *	13,91	50	684	62
Zn _{1,0} *	15,33	50	682	62
Zn _{1,5} *	15,46	50	671	62
2011 г.				
N ₃₀ - фон 1	14,02	43	619	63
Zn ₄	14,19	46	623	63
Zn ₈	14,36	46	624	63
Zn ₁₂	13,39	43	625	63
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	14,05	43	629	64
Zn ₄	13,74	44	629	63

1	2	3	4	5
Zn ₈	13,96	45	630	63
Zn ₁₂	13,74	43	629	63
Zn _{0,5} *	13,74	44	626	63
Zn _{1,0} *	14,71	45	634	63
Zn _{1,5} *	14,14	44	629	63

* - килограммов соли на 1 тону семян

Влияние обработки семян микроэлементами на качество зерна
озимой пшеницы (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Натура, г/л	Белок, %	Стекловидность, %	Клейковина, %	ИДК, ед.
1	2	3	4	5	6
2008 г.					
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	758	15,5	50	31,4	82
Zn _{0,5}	772	16,3	50	31,7	82
Zn _{1,0}	744	15,6	50	31,6	77
Cu _{0,5}	783	15,6	50	31,2	89
Cu _{1,0}	771	15,8	50	31,8	77
Mn _{0,5}	752	16,1	50	32,8	80
Mn _{1,0}	775	15,8	49	31,6	83
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	781	16,2	50	31,8	80
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	780	16,5	51	31,8	81
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	775	16,3	52	32,0	82
2009 г.					
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	716	17,7	52	32,4	85
Zn _{0,5}	698	18,4	50	31,7	85
Zn _{1,0}	721	17,5	50	32,4	85
Cu _{0,5}	730	15,4	50	31,0	89
Cu _{1,0}	720	17,5	51	31,9	79
Mn _{0,5}	730	17,3	49	32,0	85
Mn _{1,0}	698	18,5	51	31,6	84
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	721	18,2	50	32,0	83
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	723	17,6	50	32,1	84
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	723	18,0	51	31,9	83
2010 г.					
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	782	14,0	52	27,8	77
Zn _{0,5}	789	14,4	49	28,5	78
Zn _{1,0}	795	13,3	50	27,0	69
Zn _{1,5}	789	13,5	50	27,2	76
Cu _{0,5}	781	14,4	51	28,5	72
Cu _{1,0}	784	14,7	50	29,5	73
Cu _{1,5}	787	14,4	50	29,2	77
Mn _{0,5}	782	13,3	52	27,0	73
Mn _{1,0}	786	14,3	50	29,0	76
Mn _{1,5}	786	13,3	49	27,0	72
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	787	13,2	51	27,1	74
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	783	14,5	50	28,8	72

1	2	3	4	5	6
$\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$	781	14,4	49	28,1	76
$\text{Zn}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$	786	13,7	52	27,3	62
2011 г.					
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ - фон	786	12,4	41	25,6	72
$\text{Zn}_{0,5}$	780	13,2	47	26,5	60
$\text{Zn}_{1,0}$	778	12,8	44	25,0	57
$\text{Zn}_{1,5}$	780	12,6	42	25,5	57
$\text{Cu}_{0,5}$	781	12,6	43	24,9	57
$\text{Cu}_{1,0}$	769	12,8	43	25,8	57
$\text{Cu}_{1,5}$	775	12,8	39	25,6	62
$\text{Mn}_{0,5}$	760	13,4	47	27,3	72
$\text{Mn}_{1,0}$	780	13,2	38	27,2	68
$\text{Mn}_{1,5}$	784	13,3	44	27,0	66
$\text{Zn}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}$	782	13,6	43	27,4	71
$\text{Zn}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$	786	13,3	41	26,9	78
$\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$	778	13,2	49	26,2	60
$\text{Zn}_{0,5}\text{Cu}_{0,5}\text{Mn}_{0,5}$	782	13,0	43	26,3	71

Влияние обработки семян микроэлементами на качество зерна
озимой ржи (2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Белок, %	Стекловидность, %	Натура, г/л	Число паде-ния, сек.
1	2	3	4	5
2008 г.				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	14,11	31	700	132
Zn _{0,5}	14,65	34	702	130
Zn _{1,0}	14,30	34	710	112
Cu _{0,5}	14,48	33	704	141
Cu _{1,0}	14,54	32	700	143
Mn _{0,5}	14,08	33	708	137
Mn _{1,0}	14,54	30	702	129
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	14,36	32	702	129
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	14,34	30	705	132
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	14,56	32	704	135
2009 г.				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	15,73	32	642	107
Zn _{0,5}	15,50	31	646	84
Zn _{1,0}	15,56	39	644	101
Cu _{0,5}	15,96	35	648	105
Cu _{1,0}	15,33	30	630	95
Mn _{0,5}	16,19	31	626	92
Mn _{1,0}	15,73	33	620	85
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	15,56	32	620	90
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	15,79	31	628	92
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	14,76	32	644	96
2010 г.				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	11,91	27	696	131
Zn _{0,5}	11,57	34	690	140
Zn _{1,0}	12,14	31	698	100
Zn _{1,5}	13,00	34	700	178
Cu _{0,5}	11,97	32	699	148
Cu _{1,0}	12,77	32	698	182
Cu _{1,5}	13,17	32	706	158
Mn _{0,5}	13,22	32	701	157
Mn _{1,0}	11,80	28	694	147
Mn _{1,5}	11,91	27	698	122
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	13,51	31	702	165
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	13,05	24	700	184
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	12,77	32	702	169
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	12,60	28	700	159

1	2	3	4	5
2011 г.				
$N_{30}P_{60}K_{60}$ - фон	12,37	35	696	158
$Zn_{0,5}$	11,63	36	690	162
$Zn_{1,0}$	11,40	32	698	134
$Zn_{1,5}$	11,97	35	700	149
$Cu_{0,5}$	11,97	32	699	173
$Cu_{1,0}$	11,57	37	698	153
$Cu_{1,5}$	12,20	33	706	213
$Mn_{0,5}$	11,97	34	701	158
$Mn_{1,0}$	12,20	27	694	150
$Mn_{1,5}$	12,37	37	698	181
$Zn_{0,5}Cu_{0,5}$	11,97	38	701	159
$Zn_{0,5}Mn_{0,5}$	11,74	34	704	165
$Cu_{0,5}Mn_{0,5}$	12,60	36	702	185
$Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$	12,77	36	699	174

Влияние обработки семян микроэлементами
на качество зерна озимого тритикале (2008 – 2011 гг.)

Доза удобрения	Натура, г/л	Стекловидность, %	Белок, %	Число падения, сек
1	2	3	4	5
2008 г.				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	644	50	15,96	63
Zn _{0,5}	648	50	15,33	64
Zn _{1,0}	647	50	16,19	64
Cu _{0,5}	655	49	16,89	66
Cu _{1,0}	654	50	16,56	62
Mn _{0,5}	647	48	16,50	64
Mn _{1,0}	650	49	16,48	64
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	644	49	17,02	62
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	650	48	16,33	65
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	648	50	17,27	64
2009 г.				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	598	50	17,55	62
Zn _{0,5}	590	50	19,15	62
Zn _{1,0}	588	50	20,35	62
Cu _{0,5}	554	51	19,55	62
Cu _{1,0}	590	51	19,21	62
Mn _{0,5}	548	50	20,35	62
Mn _{1,0}	524	51	18,55	62
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	542	50	20,19	62
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	580	50	20,01	62
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	590	51	19,08	62
2010 г.				
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	673	50	13,22	68
Zn _{0,5}	672	50	14,93	64
Zn _{1,0}	684	51	15,33	64
Zn _{1,5}	686	50	15,33	66
Cu _{0,5}	686	50	14,59	68
Cu _{1,0}	688	50	13,57	64
Cu _{1,5}	684	51	13,51	68
Mn _{0,5}	686	50	14,02	62
Mn _{1,0}	691	51	13,68	68
Mn _{1,5}	684	51	13,60	67
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	684	50	13,22	68
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	692	49	14,59	68
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	690	50	15,59	67
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	688	49	13,79	65

1	2	3	4	5
2011 г.				
$N_{30}P_{60}K_{60}$ - фон	636	49	13,74	67
$Zn_{0,5}$	635	48	14,31	68
$Zn_{1,0}$	636	41	14,71	77
$Zn_{1,5}$	635	48	14,12	69
$Cu_{0,5}$	640	46	14,42	88
$Cu_{1,0}$	640	41	14,02	76
$Cu_{1,5}$	640	45	14,05	72
$Mn_{0,5}$	642	45	14,38	72
$Mn_{1,0}$	642	43	14,25	65
$Mn_{1,5}$	641	42	14,30	69
$Zn_{0,5}Cu_{0,5}$	641	44	13,74	63
$Zn_{0,5}Mn_{0,5}$	641	45	13,96	63
$Cu_{0,5}Mn_{0,5}$	640	45	13,95	65
$Zn_{0,5}Cu_{0,5}Mn_{0,5}$	640	50	13,91	62

Качество урожая зерна яровой пшеницы при применении
регулятора роста (2014-2016 гг.)

Доза препарата, мл/га	Белок, %	Клейковина, %	Стекловидность, %	Натура, г/л
2014 г.				
Предшественник – пар				
0	18,8	34,6	59	776
50	19,4	36,6	65	772
100	19,4	36,6	71	806
150	20,0	36,0	69	757
200	20,0	36,1	67	767
Предшественник – пшеница по пару				
0	17,5	36,6	69	765
50	17,5	36,1	72	804
100	18,1	36,3	62	802
150	18,1	36,3	63	805
200	18,1	36,1	70	786
2015 г.				
Предшественник – пар				
0	18,6	32,9	62	776
50	19,1	34,0	65	782
100	19,1	33,8	70	788
150	19,0	33,8	69	787
200	18,9	33,7	69	767
Предшественник – пшеница по пару				
0	17,6	36,6	71	760
50	17,5	36,1	72	764
100	18,0	36,3	70	762
150	17,8	36,3	69	760
200	17,4	36,1	70	766
2016 г.				
Предшественник – пар				
0	19,0	33,6	64	784
50	19,1	34,0	65	782
100	19,4	34,4	67	790
150	19,6	34,7	67	787
200	19,6	34,7	69	788
Предшественник – пшеница по пару				
0	17,4	30,9	71	764
50	17,5	31,0	72	768
100	17,6	31,3	70	764
150	17,7	31,4	69	768
200	17,6	31,3	70	766

Качество урожая зерна ярового ячменя при применении регулятора роста

Доза препарата, мл/га	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Белок, %
2014 г.				
Предшественник – пар				
0	610	49,0	44	15,1
50	611	49,6	44	15,2
100	613	49,4	48	15,3
150	614	48,0	47	15,3
200	615	48,8	48	15,3
Предшественник – пшеница по пару				
0	618	40,0	45	14,8
50	621	48,4	44	14,6
100	620	48,3	46	14,8
150	624	48,0	45	14,7
200	621	48,2	44	14,8
2015 г.				
Предшественник – пар				
0	620	51,2	46	15,5
50	623	49,8	45	15,4
100	618	49,0	46	15,5
150	619	50,0	48	15,4
200	619	51,4	47	15,4
Предшественник – пшеница по пару				
0	610	45,2	43	14,8
50	629	48,2	45	14,8
100	627	53,0	46	14,9
150	617	47,2	47	14,6
200	618	47,1	48	14,8
2016 г.				
Предшественник – пар				
0	618	49,0	47	15,8
50	616	49,6	49	15,9
100	616	49,4	48	15,9
150	620	49,0	49	16,0
200	615	49,4	46	17,3
Предшественник – пшеница по пару				
0	609	48,2	45	14,6
50	649	48,2	47	14,9
100	647	49,4	46	14,8
150	637	49,2	48	14,9
200	617	48,8	46	15,0

Аминокислотный состав белка зерновых культур в зависимости от форм удобрений, мг/100 г сухого вещества (среднее)

Доза удобрения	Урожайность, т/га	Содержание белка, %	Аминокислота																Доля незаменимых аминокислот, %
			Аргинин	Лизин	Тирозин	Фенилаланин	Гистидин	Лейцин+изолейцин	Метионин	Валин	Пролин	Треонин	Серин	Аланин	Глицин	незаменимые	критические	сумма	
Контроль	3,52	2,78	0,87	0,34	0,39	0,62	0,31	1,54	0,29	0,54	1,80	0,51	0,85	0,50	0,53	3,84	1,14	9,09	42,2
N ₁₀	3,74	2,79	0,72	0,27	0,36	0,56	0,25	1,32	0,28	0,50	1,57	0,47	0,70	0,47	0,52	3,40	1,02	7,99	42,6
N ₃₀	3,83	2,83	0,82	0,35	0,42	0,65	0,38	1,60	0,33	0,63	1,92	0,46	0,73	0,52	0,57	4,02	1,14	9,38	42,9
N ₁₀ + N ₃₀	3,90	2,89	0,84	0,33	0,41	0,61	0,33	1,57	0,32	0,65	1,92	0,53	0,73	0,49	0,55	4,01	1,18	9,28	43,2
N ₁₂₈ P ₉₈ – фон	4,40	2,89	0,75	0,32	0,44	0,71	0,30	1,59	0,35	0,59	1,92	0,56	0,83	0,51	0,55	4,12	1,23	9,42	43,7
N ₁₀	4,42	2,91	0,88	0,33	0,44	0,71	0,34	1,76	0,35	0,61	1,97	0,56	0,87	0,57	0,58	4,32	1,24	9,97	43,3
N ₃₀	4,56	2,99	0,80	0,36	0,44	0,65	0,38	1,58	0,37	0,63	1,89	0,46	0,71	0,50	0,58	4,05	1,19	9,35	43,3
N ₁₀ + N ₃₀	4,55	3,03	0,80	0,34	0,45	0,66	0,34	1,60	0,38	0,64	1,90	0,44	0,73	0,51	0,54	4,06	1,16	9,33	43,5

Качество зерна яровой пшеницы в зависимости от форм N-удобрений
(2020-2021 гг.)

Припосевное внесение	Послепосевное внесение											
	натура, г/л			белок, %			стекловидность, %			клейковина, %		
	без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	без подкормки	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)
2020 г.												
Контроль	701	715	721	16,6	15,7	16,1	55	55	54	30,8	30,0	30,8
N ₃₀ (ас)	748	735	749	16,8	16,5	16,2	56	55	56	31,1	31,2	30,5
N ₃₀ (к)	760	759	739	15,8	16,0	15,7	59	59	62	29,6	30,4	29,7
N ₃₀ (КАС)	798	725	719	16,8	15,4	15,6	56	62	58	31,1	29,9	29,9
2021 г.												
Контроль	708	720	725	15,5	15,7	15,7	54	57	57	28,8	30,0	30,1
N ₃₀ (ас)	741	734	746	15,7	16,0	16,2	54	58	57	29,1	30,2	30,5
N ₃₀ (к)	755	744	741	15,7	16,0	16,2	56	60	59	29,4	30,4	30,7
N ₃₀ (КАС)	787	753	751	15,7	15,9	16,0	57	60	55,9	29,2	30,9	30,6

Качество зерна ячменя в зависимости от форм N-удобрений (2020-2021 гг.)

Припосевное внесение	Послепосевное внесение								
	натура, г/л			стекловидность, %			белок, %		
	Без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	Без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)	Без удобрений	N ₃₀ (к)	N ₃₀ (КАС)
2020 г.									
Контроль	558	564	625	44	44	47	12,4	12,8	12,7
N ₃₀ (ас)	599	606	634	46	48	47	12,6	12,8	13,0
N ₃₀ (к)	623	577	642	46	46	46	12,6	12,8	12,6
N ₃₀ (КАС)	668	652	584	47	46	45	12,5	12,8	13,0
2021 г.									
Контроль	611	620	634	44	43	43	12,4	12,6	12,6
N ₃₀ (ас)	632	631	632	44	46	44	12,6	13,1	13,0
N ₃₀ (к)	630	642	638	43	45	46	12,6	12,8	12,6
N ₃₀ (КАС)	631	645	644	43	45	46	12,9	12,7	12,5

Аминокислотный состав белка зерновых культур в зависимости от форм удобрений

Доза удобрения	Аминокислота																	Доля незаменимых аминокислот
	аргинин*	лизин**,**	тирозин	фенилаланин*	гистидин*	лейцин+изолейцин*	метионин**,**	валин*	пролин	треонин**,**	серин	аланин	глицин	незаменимые*	критические**	сумма		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Пшеница																		
Контроль	0,72	0,21	0,45	0,69	0,32	1,49	0,27	0,60	1,87	0,48	0,81	0,51	0,55	3,74	0,96	8,97	41,7	
Нас (припосевное)	0,74	0,26	0,48	0,69	0,35	1,55	0,28	0,67	1,90	0,54	0,81	0,51	0,55	3,99	1,08	9,33	42,8	
Нк (припосевное)	0,80	0,31	0,50	0,72	0,38	1,58	0,32	0,65	2,01	0,56	0,84	0,56	0,60	4,14	1,19	9,83	42,1	
Нкас (припосевное)	0,81	0,34	0,52	0,72	0,32	1,57	0,32	0,64	2,04	0,50	0,82	0,54	0,57	4,09	1,16	9,71	42,1	
Нк (послепосевное)	0,82	0,32	0,51	0,70	0,31	1,58	0,36	0,62	2,00	0,55	0,89	0,50	0,56	4,13	1,23	9,72	42,5	
Нкас (послепосевное)	0,73	0,31	0,47	0,67	0,31	1,55	0,27	0,62	1,87	0,47	0,82	0,57	0,57	3,89	1,05	9,23	42,1	
Нас (припосевное) + Нк (послепосевное)	0,74	0,23	0,44	0,72	0,34	1,50	0,29	0,61	1,89	0,49	0,84	0,54	0,57	3,84	1,01	9,20	41,7	
Нас (припосевное) + Нкас (послепосевное)	0,73	0,29	0,43	0,65	0,34	1,49	0,27	0,62	1,89	0,52	0,81	0,50	0,54	3,84	1,08	9,08	42,3	
Нк (припосевное) + Нк (послепосевное)	0,81	0,30	0,49	0,71	0,34	1,54	0,31	0,64	2,02	0,55	0,85	0,54	0,58	4,05	1,16	9,68	41,8	
Нк (припосевное) + Нкас (послепосевное)	0,82	0,32	0,51	0,70	0,30	1,56	0,30	0,66	2,05	0,56	0,87	0,53	0,56	4,1	1,18	9,74	42,1	
Нкас (припосевное) + Нк (послепосевное)	0,80	0,30	0,50	0,71	0,30	1,57	0,35	0,64	2,01	0,55	0,86	0,51	0,55	4,12	1,20	9,65	42,7	
Нкас (припосевное) + Нкас (послепосевное)	0,74	0,32	0,46	0,68	0,30	1,54	0,26	0,63	1,88	0,48	0,84	0,52	0,56	3,91	1,06	9,21	42,5	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Ячмень																	
Контроль	0,78	0,36	0,38	0,59	0,28	1,24	0,23	0,54	1,67	0,40	0,54	0,45	0,48	3,36	0,99	7,94	42,3
Нас (припосевное)	0,82	0,41	0,41	0,63	0,29	1,30	0,26	0,57	1,74	0,41	0,61	0,49	0,47	3,58	1,08	8,41	42,6
Нк (припосевное)	0,80	0,37	0,40	0,60	0,28	1,31	0,29	0,61	1,77	0,45	0,54	0,47	0,49	3,63	1,11	8,38	43,3
Нкас (припосевное)	0,82	0,39	0,40	0,64	0,28	1,27	0,26	0,60	1,74	0,45	0,55	0,46	0,44	3,61	1,10	8,30	43,5
Нк (послепосевное)	0,82	0,45	0,45	0,65	0,30	1,31	0,30	0,67	1,78	0,44	0,57	0,47	0,50	3,82	1,19	8,71	43,9
Нкас (послепосевное)	0,80	0,44	0,45	0,78	0,25	1,60	0,29	0,72	2,00	0,45	0,60	0,54	0,49	4,28	1,18	9,41	45,5
Нас - припосевное + Нк (послепосевное)	0,79	0,38	0,40	0,61	0,29	1,28	0,29	0,55	1,77	0,42	0,56	0,46	0,49	3,53	1,09	8,29	42,6
Нас (припосевное) + Нкас послепосевное	0,84	0,39	0,45	0,64	0,26	1,33	0,24	0,61	1,78	0,40	0,59	0,48	0,48	3,61	1,03	8,49	42,5
Нк (припосевное) + Нк (послепосевное)	0,82	0,38	0,41	0,62	0,27	1,30	0,28	0,60	1,78	0,44	0,55	0,46	0,48	3,62	1,10	8,39	43,1
Нк (припосевное)+ Нкас (послепосевное)	0,84	0,37	0,42	0,65	0,24	1,29	0,25	0,58	1,73	0,39	0,54	0,45	0,45	3,53	1,01	8,20	43,0
Нкас (припосевное) + Нк (послепосевное)	0,81	0,40	0,44	0,64	0,28	1,30	0,29	0,65	1,75	0,42	0,53	0,47	0,49	3,7	1,11	8,47	43,7
Нкас (припосевное) + Нкас (послепосевное)	0,79	0,43	0,43	0,76	0,29	1,58	0,28	0,71	2,07	0,39	0,61	0,53	0,48	4,15	1,10	9,35	44,4

Структура урожая и высота растений яровой пшеницы в зависимости от хелатных микроудобрений
(Zn, Cu на лугово-черноземной почве (2017-2019 гг.))

Доза удобрения	Высота растений, см	Кустистость		Главный колос			М 1000 зерен, г
		общая	продуктивная	количество зерен, шт.	масса колоса, г	масса зерна, г	
1	2	3	4	5	6	7	8
2017 г.							
Контроль	103	3,0	2,5	42,3	1,75	1,48	31,4
Обработка семян, г/100 кг							
Zn ₁₀	110	3,4	2,9	45,3	2,01	1,73	31,2
Zn ₂₀	110	3,6	3,1	43,4	1,91	1,64	31,1
Zn ₃₀	118	4,0	3,3	36,5	1,84	1,52	32,1
Cu ₁₀	116	3,2	2,8	36,4	1,73	1,45	31,0
Cu ₂₀	110	2,8	2,7	41,8	1,82	1,55	32,3
Cu ₃₀	104	3,0	2,5	34,2	1,33	1,11	33,3
Zn ₁₀ Cu ₁₀	109	3,5	3,0	43,6	1,86	1,59	36,5
Zn ₂₀ Cu ₁₀	109	3,3	2,7	39,8	1,83	1,57	39,5
Zn ₃₀ Cu ₁₀	112	3,7	3,2	35,9	1,68	1,41	39,3
Zn ₁₀ Cu ₂₀	108	2,9	2,6	37,4	1,91	1,66	34,4
Zn ₁₀ Cu ₃₀	115	3,2	3,0	43,7	2,05	1,68	38,4
Zn ₂₀ Cu ₂₀	113	3,4	3,1	42,8	2,09	1,82	39,5
Zn ₂₀ Cu ₃₀	111	3,8	3,4	47,4	2,06	1,78	37,6

1	2	3	4	5	6	7	8
Zn ₃₀ Cu ₃₀	109	3,5	3,0	43,6	1,86	1,59	36,5
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га							
Zn ₁₀	110	3,4	3,3	34,6	1,42	1,16	35,2
Zn ₂₀	111	3,5	3,4	39,7	1,64	1,36	35,5
Zn ₃₀	113	4,1	3,9	37,8	1,67	1,37	34,9
Cu ₁₀	111	3,1	3,0	37,5	1,71	1,42	35,7
Cu ₂₀	105	3,0	2,8	38,6	1,68	1,35	32,8
Cu ₃₀	110	2,9	2,8	36,4	1,38	1,14	33,2
Zn ₁₀ Cu ₁₀	113	3,7	3,1	35,7	1,40	1,19	33,3
Zn ₂₀ Cu ₁₀	108	3,5	2,9	33,7	1,61	1,35	33,1
Zn ₃₀ Cu ₁₀	109	3,2	3,1	35,0	1,53	1,25	35,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	109	3,5	3,1	37,5	1,59	1,35	36,0
Zn ₁₀ Cu ₃₀	111	3,1	3,1	42,0	1,96	1,53	36,4
Zn ₂₀ Cu ₂₀	114	3,8	3,6	42,1	1,96	1,59	36,8
Zn ₂₀ Cu ₃₀	116	3,6	3,3	39,5	1,85	1,42	36,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	115	4,0	3,7	34,8	1,58	1,21	34,8
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га							
Zn ₁₀	109	3,4	3,2	38,6	1,81	1,49	30,9
Zn ₂₀	109	3,4	3,1	40,3	1,89	1,46	31,7
Zn ₃₀	109	3,4	2,9	39,2	1,82	1,49	30,3
Cu ₁₀	108	3,1	2,8	40,9	1,97	1,57	31,8

1	2	3	4	5	6	7	8
Cu ₂₀	110	3,5	2,8	37,5	1,62	1,21	31,7
Cu ₃₀	113	3,6	3,2	44,3	1,71	1,35	31,5
Zn ₁₀ Cu ₁₀	112	3,6	3,3	36,3	1,65	1,35	37,2
Zn ₂₀ Cu ₁₀	110	3,3	3,2	41,7	1,92	1,64	39,3
Zn ₃₀ Cu ₁₀	106	3,3	3,0	40,9	1,93	1,60	39,1
Zn ₁₀ Cu ₂₀	108	3,8	3,0	44,0	1,98	1,71	38,9
Zn ₁₀ Cu ₃₀	107	3,7	3,2	43,2	1,95	1,58	38,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	109	3,3	3,1	44,7	2,06	1,79	38,2
Zn ₂₀ Cu ₃₀	113	3,8	3,3	41,8	2,04	1,72	35,2
Zn ₃₀ Cu ₃₀	110	3,3	3,1	40,7	1,93	1,56	38,3
2018 г.							
Контроль	110	3,2	2,9	44,4	1,82	1,40	28,7
Обработка семян, г/100 кг							
Zn ₁₀	108	3,9	3,3	46,5	2,00	1,47	29,8
Zn ₂₀	108	3,6	3,3	47,3	1,82	1,42	28,7
Zn ₃₀	108	3,4	3,1	46,4	1,89	1,37	28,3
Cu ₁₀	110	3,4	3,1	45,0	2,05	1,41	29,5
Cu ₂₀	108	3,6	3,1	46,4	1,87	1,41	29,1
Cu ₃₀	108	3,7	3,3	48,7	2,05	1,57	30,5
Zn ₁₀ Cu ₁₀	108	3,9	3,6	52,0	2,30	1,73	33,3
Zn ₂₀ Cu ₁₀	113	3,4	3,3	52,5	1,95	1,62	30,9

1	2	3	4	5	6	7	8
Zn ₃₀ Cu ₁₀	110	3,6	3,2	48,5	1,80	1,59	32,8
Zn ₁₀ Cu ₂₀	110	3,0	2,8	46,3	2,04	1,49	32,2
Zn ₁₀ Cu ₃₀	110	3,8	2,9	48,8	2,00	1,65	33,8
Zn ₂₀ Cu ₂₀	110	3,6	3,0	49,0	2,10	1,70	33,9
Zn ₂₀ Cu ₃₀	105	3,5	3,1	48,9	1,95	1,61	32,9
Zn ₃₀ Cu ₃₀	110	3,4	3,1	47,4	2,00	1,42	30,0
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га							
Zn ₁₀	108	3,5	3,2	45,0	1,86	1,53	31,5
Zn ₂₀	105	3,7	3,2	47,2	2,21	1,51	31,5
Zn ₃₀	105	3,8	3,3	46,5	2,07	1,60	30,0
Cu ₁₀	110	3,6	3,2	46,9	1,93	1,53	30,6
Cu ₂₀	108	3,5	3,2	45,8	1,84	1,48	29,7
Cu ₃₀	105	3,6	3,3	44,8	2,01	1,47	30,1
Zn ₁₀ Cu ₁₀	105	3,2	3,1	46,0	1,80	1,50	32,6
Zn ₂₀ Cu ₁₀	100	3,5	3,2	44,9	1,50	1,38	30,7
Zn ₃₀ Cu ₁₀	108	3,6	3,2	45,5	1,75	1,32	29,0
Zn ₁₀ Cu ₂₀	105	3,5	3,2	48,2	1,95	1,50	31,2
Zn ₁₀ Cu ₃₀	113	4,2	3,6	46,4	1,92	1,42	30,6
Zn ₂₀ Cu ₂₀	111	4,0	3,7	46,3	1,99	1,61	33,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	108	3,6	3,2	47,8	1,87	1,53	32,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	113	3,7	3,3	43,7	1,93	1,46	33,4

1	2	3	4	5	6	7	8
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га							
Zn ₁₀	105	3,5	3,2	49,9	2,08	1,64	30,3
Zn ₂₀	105	3,5	3,2	44,8	2,06	1,36	30,8
Zn ₃₀	108	4,1	3,6	46,1	1,91	1,35	27,9
Cu ₁₀	108	4,1	3,8	46,2	1,79	1,37	28,4
Cu ₂₀	105	4,3	3,7	44,1	1,94	1,26	27,7
Cu ₃₀	108	3,4	3,0	47,5	1,81	1,45	28,9
Zn ₁₀ Cu ₁₀	110	4,2	3,7	40,2	1,72	1,08	26,9
Zn ₂₀ Cu ₁₀	110	4,0	3,1	45,8	1,76	1,38	30,1
Zn ₃₀ Cu ₁₀	108	3,1	2,9	45,3	2,10	1,49	32,9
Zn ₁₀ Cu ₂₀	108	3,5	3,0	45,2	1,86	1,34	29,7
Zn ₁₀ Cu ₃₀	109	3,9	3,6	46,6	2,11	1,60	31,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	110	4,3	3,9	47,9	2,05	1,64	32,4
Zn ₂₀ Cu ₃₀	108	3,5	3,2	46,8	1,93	1,52	32,5
Zn ₃₀ Cu ₃₀	110	3,7	3,4	47,9	1,87	1,52	31,8
2019 г.							
Контроль	103	3,5	3,1	39,0	1,79	1,25	29,7
Обработка семян, г/100 кг							
Zn ₁₀	105	3,2	3,2	33,2	1,53	1,12	30,7
Zn ₂₀	101	3,4	3,3	42,5	1,58	1,26	30,0
Zn ₃₀	102	4,2	4,0	37,7	1,59	1,19	31,7

1	2	3	4	5	6	7	8
Cu ₁₀	108	3,5	2,9	42,0	1,65	1,30	31,0
Cu ₂₀	107	3,1	2,9	33,9	1,34	0,97	28,7
Cu ₃₀	102	3,8	3,4	38,4	1,90	1,34	30,0
Zn ₁₀ Cu ₁₀	111	3,5	3,0	36,8	1,46	1,04	28,3
Zn ₂₀ Cu ₁₀	104	2,9	2,7	40,1	1,50	1,08	26,9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	112	3,7	3,6	41,4	1,83	1,19	28,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	107	3,1	2,8	35,0	1,40	0,95	27,1
Zn ₁₀ Cu ₃₀	113	4,4	3,6	45,3	1,89	1,42	31,4
Zn ₂₀ Cu ₂₀	110	4,2	3,7	45,6	1,90	1,45	31,6
Zn ₂₀ Cu ₃₀	114	3,1	2,8	43,7	1,59	1,29	29,5
Zn ₃₀ Cu ₃₀	102	3,3	3,1	43,8	1,72	1,36	31,1
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га							
Zn ₁₀	107	3,3	3,0	34,8	1,52	0,99	29,7
Zn ₂₀	110	4,8	4,7	47,3	1,77	1,42	30,0
Zn ₃₀	108	3,6	3,4	35,5	1,59	1,06	30,0
Cu ₁₀	109	3,9	3,5	36,9	1,50	1,14	31,0
Cu ₂₀	106	3,6	3,2	31,5	1,32	0,86	30,3
Cu ₃₀	111	3,5	3,2	37,0	1,52	1,06	30,7
Zn ₁₀ Cu ₁₀	103	3,7	3,4	45,7	1,92	1,52	33,3
Zn ₂₀ Cu ₁₀	101	3,8	3,7	40,1	1,77	1,28	31,9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	104	3,5	3,2	33,3	1,35	0,96	28,8

1	2	3	4	5	6	7	8
Zn ₁₀ Cu ₂₀	110	3,9	3,4	40,7	1,70	1,29	31,7
Zn ₁₀ Cu ₃₀	112	4,3	3,8	39,6	1,66	1,27	32,1
Zn ₂₀ Cu ₂₀	112	4,0	3,7	46,9	1,87	1,56	33,3
Zn ₂₀ Cu ₃₀	110	4,2	3,7	45,5	1,97	1,50	33,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	108	4,1	3,7	32,9	1,57	0,93	28,3
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га							
Zn ₁₀	110	3,4	3,0	36,8	1,58	1,10	30,0
Zn ₂₀	112	4,0	3,6	36,2	1,47	0,98	30,3
Zn ₃₀	112	4,8	3,8	51,0	1,65	1,43	28,0
Cu ₁₀	105	3,7	3,5	40,3	1,68	1,21	30,0
Cu ₂₀	108	3,4	2,9	38,2	1,72	1,18	31,0
Cu ₃₀	109	4,2	3,7	38,8	1,47	1,15	29,7
Zn ₁₀ Cu ₁₀	110	3,9	3,3	41,0	1,53	1,28	31,2
Zn ₂₀ Cu ₁₀	108	3,9	3,4	38,6	1,77	1,17	30,3
Zn ₃₀ Cu ₁₀	107	4,6	4,1	39,0	1,64	1,12	28,7
Zn ₁₀ Cu ₂₀	112	4,3	3,9	37,8	1,66	1,13	29,9
Zn ₁₀ Cu ₃₀	103	4,7	4,4	41,4	1,68	1,53	32,3
Zn ₂₀ Cu ₂₀	114	4,4	4,0	42,7	1,78	1,61	33,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	108	4,2	3,9	40,8	1,55	1,14	27,9
Zn ₃₀ Cu ₃₀	105	3,6	3,4	48,4	1,70	1,48	30,6

1	2	3	4	5	6	7	8
среднее							
Контроль	105	3,2	2,8	41,9	1,79	1,38	29,9
Обработка семян, г/100 кг семян							
Zn ₁₀	108	3,5	3,1	41,7	1,85	1,44	30,6
Zn ₂₀	106	3,5	3,2	44,4	1,77	1,44	29,9
Zn ₃₀	109	3,9	3,5	40,2	1,77	1,36	30,7
Cu ₁₀	111	3,4	2,9	41,1	1,81	1,39	30,5
Cu ₂₀	108	3,2	2,9	40,7	1,68	1,31	30,0
Cu ₃₀	105	3,5	3,1	40,4	1,76	1,34	31,3
Zn ₁₀ Cu ₁₀	109	3,6	3,2	44,1	1,87	1,45	32,7
Zn ₂₀ Cu ₁₀	109	3,2	2,9	44,1	1,76	1,42	32,4
Zn ₃₀ Cu ₁₀	111	3,7	3,3	41,9	1,77	1,40	33,6
Zn ₁₀ Cu ₂₀	108	3,0	2,7	39,6	1,78	1,37	31,2
Zn ₁₀ Cu ₃₀	113	3,8	3,2	45,9	1,98	1,58	34,5
Zn ₂₀ Cu ₂₀	111	3,7	3,3	45,8	2,03	1,66	35,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	110	3,5	3,1	46,7	1,87	1,56	33,3
Zn ₃₀ Cu ₃₀	107	3,4	3,1	44,9	1,86	1,46	32,5
Листовая подкормка в фазу кущения, г/га							
Zn ₁₀	108	3,4	3,2	38,1	1,60	1,23	32,1
Zn ₂₀	109	4,0	3,8	44,7	1,87	1,43	32,3
Zn ₃₀	109	3,8	3,5	39,9	1,78	1,34	31,6

1	2	3	4	5	6	7	8
Cu ₁₀	110	3,5	3,2	40,4	1,71	1,36	32,4
Cu ₂₀	106	3,4	3,1	38,6	1,61	1,23	30,9
Cu ₃₀	109	3,3	3,1	39,4	1,64	1,22	31,3
Zn ₁₀ Cu ₁₀	107	3,5	3,2	42,5	1,71	1,40	33,1
Zn ₂₀ Cu ₁₀	103	3,6	3,3	39,6	1,63	1,34	31,9
Zn ₃₀ Cu ₁₀	107	3,4	3,2	37,9	1,54	1,18	31,2
Zn ₁₀ Cu ₂₀	108	3,6	3,2	42,1	1,75	1,38	33,0
Zn ₁₀ Cu ₃₀	112	3,9	3,5	42,7	1,85	1,41	33,0
Zn ₂₀ Cu ₂₀	112	3,9	3,7	45,1	1,94	1,59	34,4
Zn ₂₀ Cu ₃₀	111	3,8	3,4	44,3	1,90	1,48	33,7
Zn ₃₀ Cu ₃₀	112	3,9	3,6	37,1	1,69	1,20	32,2
Листовая подкормка в фазу выхода в трубку, г/га							
Zn ₁₀	108	3,4	3,1	41,8	1,82	1,41	30,4
Zn ₂₀	109	3,6	3,3	40,4	1,81	1,27	30,9
Zn ₃₀	110	4,1	3,4	45,4	1,79	1,42	28,7
Cu ₁₀	107	3,6	3,4	42,5	1,81	1,38	30,1
Cu ₂₀	108	3,7	3,1	39,9	1,76	1,22	30,1
Cu ₃₀	110	3,7	3,3	43,5	1,66	1,32	30,0
Zn ₁₀ Cu ₁₀	111	3,9	3,4	39,2	1,63	1,24	31,8
Zn ₂₀ Cu ₁₀	109	3,7	3,2	42,0	1,82	1,40	33,2
Zn ₃₀ Cu ₁₀	107	3,7	3,3	41,7	1,89	1,40	33,6

окончание приложения 59

1	2	3	4	5	6	7	8
$Zn_{10}Cu_{20}$	109	3,9	3,3	42,3	1,83	1,39	32,8
$Zn_{10}Cu_{30}$	106	4,1	3,7	43,7	1,91	1,57	33,8
$Zn_{20}Cu_{20}$	111	4,0	3,7	45,1	1,96	1,68	34,5
$Zn_{20}Cu_{30}$	110	3,8	3,5	43,1	1,84	1,46	31,9
$Zn_{30}Cu_{30}$	108	3,5	3,3	45,7	1,83	1,52	33,6

Влияние хелатных микроудобрений (Zn, Cu) на качество семян яровой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве (2017-2019 гг.)

Доза удобрения	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контроль	94,5	90,5	95,0	93,3	98,0	98,0	96,0	97,3
Обработка семян, г/100 кг								
Zn ₁₀	99,0	92,5	93,0	94,8	99,5	96,5	97,0	97,7
Zn ₂₀	97,5	96,5	95,0	96,3	97,5	99,0	96,0	97,5
Zn ₃₀	98,0	93,0	92,0	94,3	99,5	99,5	94,0	97,7
Cu ₁₀	98,0	98,0	95,0	97,0	98,0	100	98,0	98,7
Cu ₂₀	98,0	97,5	94,0	96,5	100	98,5	97,0	98,5
Cu ₃₀	90,5	96,0	97,0	94,5	99,0	98,0	97,0	98,0
Zn ₁₀ Cu ₁₀	89,5	76,5	96,0	87,3	87,3	98,5	98,0	94,6
Zn ₂₀ Cu ₁₀	95,5	74,5	97,0	89,0	89,0	98,5	95,0	94,2
Zn ₃₀ Cu ₁₀	96,0	98,0	96,0	96,7	96,7	99,0	99,0	98,2
Zn ₁₀ Cu ₂₀	99,0	96,0	97,0	97,3	97,3	99,0	98,0	98,1
Zn ₁₀ Cu ₃₀	91,0	98,0	92,0	93,7	93,7	99,5	98,0	97,1
Zn ₂₀ Cu ₂₀	95,0	98,3	98,0	97,1	98,8	99,7	99,2	99,2
Zn ₂₀ Cu ₃₀	93,0	96,5	92,0	93,8	93,8	99,5	99,0	97,4
Zn ₃₀ Cu ₃₀	87,0	80,0	94,0	87,0	87,0	99,5	96,0	94,2
Опрыскивание в фазу кущения, г/га								
Zn ₁₀	95,5	97,0	95,0	95,8	99,5	99,0	98,0	98,8
Zn ₂₀	97,0	95,5	97,0	96,5	98,5	98,0	98,0	98,2
Zn ₃₀	96,5	98,0	96,0	96,8	100,0	99,0	97,0	98,7
Cu ₁₀	98,0	96,5	96,0	96,8	98,5	99,5	98,0	98,7
Cu ₂₀	99,5	96,5	98,0	98,0	99,5	98,5	98,0	98,7
Cu ₃₀	94,0	95,9	95,0	95,0	99,5	96,0	96,0	97,2

Zn ₁₀ Cu ₁₀	93,5	81,5	95,0	90,0	90,0	100	95,5	95,2
Zn ₂₀ Cu ₁₀	93,0	98,0	98,0	96,3	96,3	98,5	99,5	98,1
Zn ₃₀ Cu ₁₀	96,5	97,5	97,0	97,0	97,0	98,0	98,5	97,8
Zn ₁₀ Cu ₂₀	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	98,5	97,5	97,7
Zn ₁₀ Cu ₃₀	87,0	98,0	96,0	93,7	93,7	99,5	99,5	97,6
Zn ₂₀ Cu ₂₀	99,2	99,0	99,0	99,1	99,8	99,7	98,8	99,4
Zn ₂₀ Cu ₃₀	92,0	96,0	94,0	94,0	94,0	100	97,0	97,0
Zn ₃₀ Cu ₃₀	90,0	90,5	98,0	92,8	86,2	99,5	94,5	93,4
Опрыскивание в фазу выхода в трубку, г/га								
Zn ₁₀	96,5	92,5	96,0	95,0	98,0	98,0	97,0	97,7
Zn ₂₀	97,5	93,0	94,0	94,8	98,5	98,5	95,0	97,3
Zn ₃₀	93,5	98,0	94,0	95,2	99,0	99,5	96,0	98,2
Cu ₁₀	97,5	97,0	97,0	97,2	98,0	98,5	98,0	98,2
Cu ₂₀	95,0	91,0	93,0	93,0	99,5	96,5	96,0	97,3
Cu ₃₀	96,5	90,0	96,0	94,2	100	95,5	96,0	97,2
Zn ₁₀ Cu ₁₀	94,0	82,5	93,0	89,8	89,8	100	97,0	95,6
Zn ₂₀ Cu ₁₀	96,5	98,5	94,0	96,3	96,3	98,0	99,0	97,8
Zn ₃₀ Cu ₁₀	97,0	96,5	98,0	97,2	97,2	98,0	98,5	97,9
Zn ₁₀ Cu ₂₀	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0	98,0	98,0	97,7
Zn ₁₀ Cu ₃₀	97,3	98,5	98,0	97,9	97,0	98,3	98,1	97,8
Zn ₂₀ Cu ₂₀	90,5	98,0	92,0	93,5	93,5	99,0	98,5	97,0
Zn ₂₀ Cu ₃₀	88,0	81,5	92,0	87,2	87,2	99,0	95,5	93,9
Zn ₃₀ Cu ₃₀	90,0	82,5	96,0	89,5	89,5	98,0	96,5	94,7

Структура урожая и высота растений озимых культур в зависимости от способов применения Zn-удобрений

(среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Высота растений, см	Кустистость		Главный колос			Масса 1000 зерен, г
		общая	продуктивная	количество		масса зерна, г	
				колосков	зерен		
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая пшеница							
N ₃₀ - фон 1	91	9	9	16	37	1,51	42,3
Zn ₄	96	8	8	15	32	1,59	46,9
Zn ₈	102	8	8	16	39	1,78	45,2
Zn ₁₂	95	10	10	17	39	1,73	44,3
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	92	9	8	16	38	1,89	43,8
Zn ₄	94	9	8	16	39	1,69	43,1
Zn ₈	98	10	9	17	40	1,71	48,2
Zn ₁₂	92	7	7	17	39	1,74	42,5
Zn _{0,5} *	98	8	7	16	37	1,84	47,8
Zn _{1,0} *	95	13	9	17	40	1,99	49,4
Zn _{1,5} *	102	9	6	15	37	1,68	45,3
Озимая рожь							
N ₃₀ - фон 1	121	8	7	27	36	1,43	40,3
Zn ₄	127	8	7	28	37	1,57	41,1
Zn ₈	121	8	7	28	38	1,64	43,7

1	2	3	4	5	6	7	8
Zn ₁₂	141	5	5	29	39	1,73	42,3
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	122	8	7	29	36	1,58	43,4
Zn ₄	123	9	8	28	39	1,62	45,0
Zn ₈	120	8	7	25	38	1,53	42,1
Zn ₁₂	148	8	7	27	38	1,57	42,0
Zn _{0,5} *	117	8	7	27	39	1,51	42,6
Zn _{1,0} *	123	9	8	28	40	1,74	45,1
Zn _{1,5} *	146	6	6	27	40	1,74	43,4
Озимое тритикале							
N ₃₀ - фон 1	103	7	7	24	42	1,7	38,1
Zn ₄	103	7	6	24	42	1,9	44,6
Zn ₈	103	6	5	25	43	1,9	44,1
Zn ₁₂	107	5	5	25	45	2,1	45,5
N ₃₀ P ₆₀ - фон 2	104	7	6	25	43	1,9	44,8
Zn ₄	102	5	5	25	42	1,9	44,5
Zn ₈	105	5	5	25	44	2,0	45,1
Zn ₁₂	108	6	6	25	48	2,4	49,0
Zn _{0,5} *	108	6	6	26	46	2,0	43,4
Zn _{1,0} *	113	6	6	25	42	1,9	44,6
Zn _{1,5} *	113	6	5	24	48	2,3	47,0

*- обработка семян кг соли на 1 тонну семян

Структура урожая и высота растений озимых зерновых культур при обработке семян микроудобрениями
(среднее 2008-2011 гг.)

Доза удобрения	Высота растений, см	Кустистость		Главный колос			Масса 1000 зерен, г
		общая	продуктивная	количество		масса зерна, г	
				колосков	зерен		
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая пшеница							
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	95	11	8	16	39	1,50	41,8
Zn _{0,5} *	97	9	8	17	37	1,34	42,3
Zn _{1,0}	99	9	8	16	39	1,61	45,1
Zn _{1,5}	96	7	7	17	36	1,62	44,9
Cu _{0,5}	98	8	8	17	38	1,42	42,9
Cu _{1,0}	98	7	7	16	37	1,61	45,1
Cu _{1,5}	96	7	7	16	35	1,69	41,9
Mn _{0,5}	96	7	7	16	40	1,39	41,9
Mn _{1,0}	98	10	10	18	40	1,75	44,0
Mn _{1,5}	96	9	9	15	37	1,60	42,8
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	89	10	8	17	39	1,69	45,8
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	86	7	7	16	39	1,65	44,4
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	93	9	9	16	39	1,55	40,4
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	84	9	9	16	38	1,61	44,6
Озимая рожь							
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	120	6	6	27	36	1,53	41,8
Zn _{0,5} *	123	7	6	27	38	1,68	42,7
Zn _{1,0}	124	8	7	27	39	1,67	42,8

1	2	3	4	5	6	7	8
Zn _{1,5}	144	6	6	28	39	1,72	42,3
Cu _{0,5}	124	6	6	25	37	1,58	42,0
Cu _{1,0}	122	6	6	26	36	1,60	42,7
Cu _{1,5}	142	8	7	28	37	1,58	44,7
Mn _{0,5}	122	7	7	27	39	1,69	43,7
Mn _{1,0}	126	6	6	27	37	1,59	42,4
Mn _{1,5}	140	6	6	28	38	1,70	42,6
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	122	5	5	28	38	1,61	42,1
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	125	7	7	27	39	1,70	44,9
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	146	8	8	28	38	1,69	43,0
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	126	7	7	28	34	1,61	42,2
Озимое тритикале							
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀ - фон	101	8	7	22	34	1,64	39,7
Zn _{0,5} *	108	8	8	23	37	1,89	46,6
Zn _{1,0}	112	9	8	26	44	2,30	48,8
Zn _{1,5}	111	8	7	25	42	2,30	45,0
Cu _{0,5}	110	7	6	24	42	2,24	46,6
Cu _{1,0}	107	6	6	23	41	1,94	45,3
Cu _{1,5}	105	7	6	24	41	1,98	44,1
Mn _{0,5}	110	7	6	25	44	2,08	46,3
Mn _{1,0}	105	5	5	22	39	1,82	41,3
Mn _{1,5}	104	6	5	22	38	1,78	42,0
Zn _{0,5} Cu _{0,5}	106	6	6	23	37	1,81	41,8
Zn _{0,5} Mn _{0,5}	108	7	7	24	38	1,89	44,3
Cu _{0,5} Mn _{0,5}	107	7	7	24	37	1,91	43,4
Zn _{0,5} Cu _{0,5} Mn _{0,5}	105	8	7	21	35	1,59	41,8

Структура урожая яровой пшеницы при применении регулятора роста
(2014-2016 гг.)

Доза пре- парата, мл/га	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	масса 1000 зерен, г	отношение зерна к соломе	масса 1000 зерен, г	отношение зерна к соломе	масса 1000 зерен, г	отношение зерна к соломе
Предшественник – пар						
0	38,4	1,62	39,4	1,58	40,1	1,64
50	39,5	1,65	40,1	1,60	41,2	1,66
100	41,3	1,69	40,0	1,61	40,8	1,65
150	42,8	1,66	41,8	1,59	41,4	1,64
200	41,5	1,68	42,0	1,60	41,0	1,70
Предшественник – пшеница по пару						
0	37,0	1,58	38,0	1,52	42,0	1,58
50	37,7	1,59	38,4	1,54	41,8	1,56
100	38,2	1,58	37,9	1,53	40,4	1,58
150	39,7	1,57	38,4	1,56	41,6	1,60
200	38,5	1,60	39,0	1,58	41,2	1,62

Структура урожая и высота растений ячменя при применении регулятора роста
(2014-2016 гг.)

Доза пре- парата, мл/га	2014 г.		2015 г.		2016 г.	
	высота расте- ний, см	отноше- ние зерна к соломе	высота расте- ний, см	отноше- ние зерна к соломе	высота расте- ний, см	отноше- ние зерна к соломе
Предшественник – пар						
0	56	1,55	59	1,57	61	1,61
50	55	1,59	60	1,58	65	1,64
100	53	1,56	63	1,56	63	1,62
150	57	1,55	64	1,56	67	1,65
200	59	1,58	62	1,58	69	1,63
Предшественник – пшеница по пару						
0	49	1,48	51	1,51	54	1,51
50	50	1,49	50	1,50	55	1,49
100	48	1,50	53	1,52	55	1,51
150	47	1,45	55	1,55	57	1,47
200	49	1,48	54	1,55	59	1,48

Урожайность зерна яровой пшеницы в зависимости от доз
микроудобрений и валового содержания в растениях (обработка семян, кг/т),
среднее 2017-2019 гг.

Доза удобрений	Содержание в растении, мг/ кг			Урожайность, т/га
	кущение	выход в трубку	колошение	
Цинк				
Контроль	22,8	16,4	16,4	2,20
Zn ₁₀	34,0	27,0	25,2	2,28
Zn ₂₀	44,5	28,9	25,1	2,40
Zn ₃₀	61,4	14,5	26,7	2,35
Медь				
Контроль	3,94	0,69	1,98	2,20
Cu ₁₀	5,11	5,61	2,73	2,25
Cu ₂₀	4,68	3,21	1,90	2,34
Cu ₃₀	7,81	0,74	0,42	2,35

Зависимость урожайности яровой пшеницы (Y, т/га) от валового содержания микроэлементов в растениях (X, мг/кг сухого вещества) в течение вегетации (обработка семян) (среднее 2017-2019 гг.)

Фаза развития	Уравнение	r	№
Цинк			
Кущение	$Y = 1,75 + 0,03X - 0,0002X^2$	0,82	(135)
Выход в трубку	$Y = 4,65 - 0,24X + 0,006X^2$	0,77	(136)
Колошение	$Y = 1,42 + 0,07X - 0,001X^2$	0,68	(137)
Медь			
Кущение	$Y = 1,70 + 0,18X - 0,013X^2$	0,77	(138)
Выход в трубку	$Y = 2,22 + 0,08X - 0,014X^2$	0,76	(139)
Колошение	$Y = 2,24 - 0,07X - 0,008X^2$	0,65	(140)

Урожайность зерна озимой пшеницы в зависимости от доз Zn-удобрений и содержания подвижного Zn в почве и валового в растениях на оптимальном азотно-фосфорном фоне

Вариант	Содержание Zn в растении, мг/ кг					Урожайность, т/га
	всходы	кущение (осень)	кущение (весна)	выход в трубку	колошение	
N ₃₀ P ₆₀ - фон	20,3	23,7	22,4	13,3	11,8	3,16
Zn ₄	24,8	24,2	27,9	14,2	14,2	3,08
Zn ₈	25,5	26,4	29,4	15,4	14,8	3,42
Zn ₁₂	25,8	26,0	29,4	14,9	14,7	3,32

Зависимость урожайности озимой пшеницы (Y, т/га) от валового содержания
микроэлементов в растениях (X, мг/кг сухого вещества)

в течение вегетации

Фаза развития	Уравнение	r	
Цинк			
Всходы	$Y = 29,5 - 2,4X + 0,05X^2$	0,79	(141)
Кущение (осень)	$Y = 61,5 - 4,8X + 0,1X^2$	0,88	(142)
Кущение (весна)	$Y = 22,1 - 1,5X + 0,03X^2$	0,82	(143)
Выход в трубку	$Y = 30,3 - 3,9X + 0,14X^2$	0,73	(144)
Колошение	$Y = 36,1 - 5,2X + 0,19X^2$	0,66	(145)
Медь			
Всходы	$Y = -2008 + 726X + 65,5X^2$	0,83	(146)
Кущение (осень)	$Y = 8,56 - 3,53X + 0,56X^2$	0,79	(147)
Кущение (весна)	$Y = 7,2 - 3,17X + 0,62X^2$	0,75	(148)
Выход в трубку	$Y = 17,9 + 22,8X - 6,1X^2$	0,85	(149)
Колошение	$Y = 2,55 + 0,37X$	0,65	(150)
Марганец			
Всходы	$Y = -11,1 + 0,37X - 0,0023X^2$	0,86	(151)
Кущение (осень)	$Y = 6,57 - 0,08X + 0,0005X^2$	0,89	(152)
Кущение (весна)	$Y = -57,5 + 2,21X - 0,02X^2$	0,63	(153)
Выход в трубку	$Y = -292 + 14,3X - 0,17X^2$	0,89	(154)
Колошение	$Y = 4286 - 154,3X + 1,39x^2$	0,88	(155)

Схема действия цинка удобрений на концентрацию
микроэлементов в растениях озимой пшеницы в течение вегетации

Доза удобрения	Всходы	Кущение осеннее	Кущение весеннее	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость (солома)	Полная спелость (зерно)
Цинк							
N ₃₀ Zn ₄	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
N ₃₀ Zn ₈	↑	↑	↓	↓	↓	→	→
N ₃₀ P ₆₀ Zn ₄	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
N ₃₀ P ₆₀ Zn ₈	↑	↑	↑	↑	↑	→	↑
N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{0,5} *	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{1,0} *	↑	↑	↑	↑	↑	→	↑
Медь							
N ₃₀ Zn ₄	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑
N ₃₀ Zn ₈	↓	↓	↓	↑	↑	↓	↓
N ₃₀ P ₆₀ Zn ₄	↑	↑	↓	↑	↑	↑	↑
N ₃₀ P ₆₀ Zn ₈	↓	↑	↑	↑	↓	↑	↑
N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{0,5} *	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{1,0} *	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Марганец							
N ₃₀ Zn ₄	↓	→	↓	↓	↓	→	→
N ₃₀ Zn ₈	↑	→	↓	↓	↓	↓	↓
N ₃₀ P ₆₀ Zn ₄	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N ₃₀ P ₆₀ Zn ₈	↓	→	↓	↓	→	↓	↓
N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{0,5} *	→	↓	↓	↓	↓	↓	↓
N ₃₀ P ₆₀ + Zn _{1,0} *	↓	↓	→	↓	↓	↓	↓

* – обработка семян кг соли на 1 тонну семян, концентрация ↑ – увеличивается, ↓ – уменьшается, → – существенно не меняется..

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«РУСКОМ-Агро»
 (ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Корниловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,
 тел: (3812) 551-452, (3812) 637-414, e-mail: info-agro@sibkolbasy.ru
 ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673
 Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 ПАО Сбербанк г. Омск, К/счет 30101810900000000673

Акт

о внедрении в производственную деятельность
 результатов научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны

Проведены внедрение результатов исследований по теме «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири» в ООО «РУСКОМ-Агро» Корниловского района Омской области при возделывании сельскохозяйственных культур:

- озимой пшеницы Омская 4 на лугово-черноземной почве на площади 1107 га. Это позволило получить урожайность зерна 3,25 т/га при использовании цинковых удобрений в рекомендуемой дозе 5,8 кг д.в./га;

- озимой ржи сорта Сибирь 3 на лугово-черноземной почве на площади 807 га позволило при использовании расчётной дозы цинковых удобрений – 4,2 кг д.в./га получить урожайность зерна 3,42 т/га;

- озимого тритикале сорта Сибирский на лугово-черноземной почве на площади 500 га позволило при использовании расчётной дозы цинковых удобрений – 6 кг д.в./га получить урожайность зерна 3,12 т/га.

18 сентября 2017 г.

Заместитель генерального директора
 ООО «РУСКОМ-Агро»



В.В. Заздравных

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«ЭйТи-Трейд»

Россия, 646926, Омская область, р-н Калачинский, д. Осокино, ул. Гагарина, д. 22
 ИНН 5528203865 КПП 551501001 ОГРН 1095543014159, ОКПО 61366229,
 ОКАТО 52218824000, ОКОПФ 12300,
 р/сч 40702810309000001610 в ОМСКОМ РФ АО "РОССЕЛЬХОЗБАНК"
 к/сч 30101810900000000822, БИК 045209822

Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны по теме:
 «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

Внедрение результаты исследований в южной лесостепи Западной Сибири» проводилось в ООО «ЭйТи-Трейд» Омской области на площади 3550 га на посевах яровой пшеницы:

На площади 1600 га применяли расчётную дозу азотных удобрений 84 кг/га при основном внесении, что обеспечило получение средней урожайности зерна 3,05 т/га, без удобрений – 2,53.

На площади 500 га применяли расчётные дозы $N_{102}P_{71}$ в основное внесение и N_{18} в подкормку, что обеспечило получение урожайности зерна 3,80 т/га, без удобрений – 2,12.

На площади 1450 га применяли расчётную дозу N_{32} в подкормку, это обеспечило получение урожайности зерна 3,55 т/га, без удобрений – 3,29.

23 сентября 2020 г.

Генеральный директор
 ООО «ЭйТи-Трейд»



Е.А. Новосельский

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«РУСКОМ-Агро»
(ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Корниловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,
тел: (3812) 551-452, (3812) 637-414, e-mail: info-agro@sibkolbazy.ru
ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673
Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 ПАО Сбербанк г. Омск, К/счет 30101810900000000673

Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов
научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны
по теме: «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур
на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

В ООО «РУСКОМ-Агро Корниловского района Омской области на посевах общей площади 4800 га были внедрены результаты исследований по применению некорневых азотных подкормок яровой пшеницы Памяти Азиева. Рекомендованные дозы азотных удобрений в подкормку позволили ежегодно получать высокие урожаи зерна.

На площади 2700 га внесено 39 кг/га в подкормку в фазу выхода в трубку, получена урожайность зерна – 3,52 т/га, без применения удобрений составила 3,1 т/га.

На площади 2100 га внесено 37 кг/га в подкормку в фазу выхода, получена урожайность зерна – 3,30 т/га, без применения удобрений составила 3,08 т/га.

14 октября 2022 г.

Заместитель генерального директора
ООО «РУСКОМ-Агро»



В.В. Заздравных

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«РУСКОМ-Агро»
 (ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормиловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,
 тел: (3812) 551-452, (3812) 637-414, e-mail: info-agro@sibkolbasy.ru
 ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673
 Расчет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 ПАО Сбербанк г. Омск, К/счет 30101810900000000673

Акт
 о внедрении в производственную деятельность результатов
 научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны
 по теме: «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур
 на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

В ООО «РУСКОМ-Агро» Кормиловского района Омской области на посевах общей площади 3500 га были внедрены результаты исследований по применению некорневых подкормок яровой пшеницы Памяти Азиева:

на площади 2800 га в фазу кущения цинком в хелатной форме в дозе 17 г/га (в растворе 250 л/га) позволило получить урожайность зерна 2,38 т/га;

На площади 700 га в фазу выхода в трубку медью в дозе 8 г/га (в растворе 250 л/га), что позволило получить урожайность зерна 2,77 т/га.

20 сентября 2019 г.

Заместитель генерального директора
 ООО «РУСКОМ-Агро»



В.В. Заздравных

ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ

«РУСКОМ-Агро»

(ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормилковский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,
 тел: (3812) 551-452, (3812) 637-414, e-mail: info-agro@sibkolbazy.ru
 ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673
 Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 ПАО Сбербанк г. Омск, К/счет 30101810900000000673

Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов
 научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны
 по теме: «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур
 на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

В ООО «РУСКОМ-Агро» Кормилковского района Омской области на посевах общей площади 1500 га были внедрены результаты исследований Гоман Натальи Викторовны по применению некорневых подкормок озимой пшеницы в фазу весеннего кущения цинком в хелатной форме в дозе 34 г/га (в растворе 250 л/га), что позволило получить урожайность зерна 3,08 т/га.

2 октября 2016 г.

Заместитель генерального директора
 ООО «РУСКОМ-Агро»



В.В. Заздравных

ООО «Молочный завод «Кормиловский»

646970, Омская область, р.п. Кормиловка, ул. Заводская д. 15
р/сч 40702810145230100208 в Омское отделение № 8634 Сбербанка России
к/сч 3010181010000000673 БИК 045209673 ИНН 5517008118 КПП 551701001 ОГРН
1045531000184

Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны по теме: «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

В ООО «Молочный завод «Кормиловский» Кормиловского района Омской области на общей площади 410 га были внедрены результаты исследований по применению расчетной дозы цинка в основное внесение на планируемую прибавку 0,3 т/га яровой пшеницы Памяти Азиева, расчетная доза цинковых удобрений составила 7,9 кг/га. При ее применении получена прибавка урожайности зерна 0,26 т/га (без удобрений урожайность 2,77 т/га), что составило 87% от плановой.

Генеральный директор



Ширин С.В.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
КООПЕРАТИВ ИМЕНИ КИРОВА

646925. Омская область, Калачинский район, с. Царицыно, ул. Школьная, д. 7
ИНН 5515000280, КПП 551501001, ОГРН 1025501597450, р/сч. 40702810945100100295 в
Омском отд. №8634 СБЕРБАНКА РОССИИ. БИК 045209673 К.С 30101810900000000673
ОКПО 03660116

Тел./факс: (381-55) 47-122

АКТ

о внедрении в производственную деятельность результатов
научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны
по теме: «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур
на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

Производственная проверка результатов исследований Гоман Н.В. проводилась в СПК имени Кирова Омской области на лугово-черноземной почве на общей площади 225 га.

При возделывании озимой ржи Сибирь 3 расчет дозы минерального удобрения проводился на плановую урожайность 3,50 т/га. Расчетная доза составила 125 кг/га, ее применение обеспечило получение урожайности 3,40 т/га.

29 сентября 2017 г.



ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ
«РУСКОМ-Агро»
 (ООО «РУСКОМ-Агро»)

Россия, 646987, Омская область, р-н Кормиловский, д. Сосновка, ул. Школьная, д. 32,
 тел: (3812) 551-452, 373-600, (38170) 35-435, e-mail: info@sibkolbasy.ru
 ИНН 5507220958 КПП 551701001 ОГРН 1105543034673 БИК 045209673
 Р/счет 40702810245000003177 ОМСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ N 8634 СБЕРБАНКА РОССИИ, К/счет 30101810900000000673

Акт

о внедрении в производственную деятельность результатов
 научно-исследовательской работы Гоман Натальи Викторовны
 по теме: «Оптимизация системы управления питанием зерновых культур
 на основе комплексной диагностики в лесостепи Юга Западной Сибири»

Внедрение результатов исследований проводилось в ООО «РУСКОМ-Агро» Омской области на лугово-черноземной почве. Применение регулятора роста Зеребра Агро позволило получить урожайность зерна от листовой подкормки в фазу кущения при возделывании яровой пшеницы первой культурой после пара в дозе 100 мл/га и составила 3,05 т/га (прибавка 0,23 т/га) (общая площадь 3000 га), второй культурой после пара – в дозе 150 мл/га – 2,00 т/га (0,28 т/га) (общая площадь 1500 га); при возделывании ячменя первой культурой после пара - в дозе 150 мл/га – 3,11 т/га (0,24 т/га) (общая площадь 910 га), второй культурой после пара – в дозе 200 мл/га – 2,10 т/га (0,33 т/га) (общая площадь 820 га).

28 сентября 2023 г.

Заместитель генерального директора

ООО «РУСКОМ-Агро»




В.В. Заздравных

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ П.А. СТОЛЫПИНА»



Утверждаю проректор по образовательной
деятельности ФГБОУ ВО Омский ГАУ

 С.Ю. Комарова

« » 2023 г.

Справка

об использовании результатов диссертации Гоман Натальи Викторовны по теме
«Оптимизация системы управления питанием зерновых культур на основе
комплексной диагностики в лесостепи юга Западной Сибири»

Материалы диссертационной работы Гоман Н.В. используются в учебном
процессе ФГБОУ ВО Омский ГАУ при подготовке:

бакалавров по направлениям 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение и
35.03.04 Агрономия по дисциплинам Агрохимия и Диагностика питания
растений;

магистров по направлениям 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение и
35.04.04 Агрономия по дисциплинам Инновационные технологии в агрохимии и
почвоведении и Комплексная диагностика питания культурных растений.

Заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения,
доктор с.-х. наук, профессор



И.А. Бобренко