

На правах рукописи

Олейников Андрей Юрьевич

**ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ
МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ
И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ
НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ**

06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ставрополь – 2012

Работа выполнена на кафедре агрохимии и физиологии растений
ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Есаулко Александр Николаевич

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Подколзин Олег Анатольевич –
заведующий кафедрой землеустройства
и кадастра Ставропольского государственного
аграрного университета

кандидат сельскохозяйственных наук
Овсянникова Галина Владимировна –
ведущий специалист лаборатории технологии
возделывания зерновых и кормовых культур
ВНИИЗК им. И. Г. Калиненко

Ведущая организация: Государственное научное учреждение
«Ставропольский научно-исследовательский
институт сельского хозяйства» РАСХН

Защита состоится 30 мая 2012 г. в 13 часов на заседании диссертационно-го совета Д 220.062.03 при ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12, ауд. 4, тел/факс (8652) 34-58-70.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Автореферат размещён на официальном сайте ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» www.stgau.ru

Автореферат разослан «___» _____ 2012 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



А. П. Шутко

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Одной из главных задач сельского хозяйства в современных условиях остается повышение продуктивности земледелия. Для увеличения производства высококачественной сельскохозяйственной продукции наряду с основными удобрениями важное значение имеют микроудобрения, содержащие микроэлементы. В условиях интенсификации сельского хозяйства рост урожаев сопровождается увеличением выноса всех питательных элементов, в том числе микроэлементов.

При возделывании интенсивных сортов применение микроудобрений высокоэффективно не только на почвах с низкой обеспеченностью, но и среднеобеспеченных одноименным микроэлементом. Однако при решении вопроса о внесении микроудобрений необходимо знать, что оно может дать ожидаемый результат лишь на фоне высокой культуры земледелия.

При применении микроудобрений помимо их запасов в почве и генетико-сортовых особенностей культур необходимо учитывать почвенно-климатические условия зоны, уровень применения и способы внесения минеральных и органических удобрений, агрохимическую характеристику конкретного типа и подтипа почвы, условия, способствующие накоплению, изменению в почве подвижных форм микро- и макроэлементов.

Цель и задачи исследований. Цель исследований – изучить влияние способов применения жидких комплексных микроудобрений и минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном. В задачи исследований входило:

- изучить влияние способов и доз внесения макро- и микроудобрений на агрохимические показатели чернозема выщелоченного в течение вегетации озимой пшеницы;
- установить влияние макро- и микроудобрений на рост и химический состав растений;
- определить урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от способов и доз применения макро- и микроудобрений;
- дать экономическую оценку эффективности изучаемых приёмов.

Научная новизна. Впервые на чернозёме выщелоченном Ставропольской возвышенности изучено влияние способов применения жидких комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл в сочетании с минеральными удобрениями на показатели почвенного плодородия, урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Экономически обоснована целесообразность применения новых комплексных микроудобрений на фоне способов и доз внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном.

Достоверность полученных результатов подтверждается большим количеством наблюдений и учетов в лабораторных и полевых опытах, критериями статистической обработки результатов исследований и положительными результатами при внедрении.

Основные положения, выносимые на защиту:

- способы внесения макроудобрений влияют на содержание в 0–20 см слое почвы нитратного и аммонийного азота, подвижного фосфора в течение вегетации озимой пшеницы;
- динамика содержания в 0–20 см слое почвы подвижных форм меди, цинка и марганца зависит от фазы развития культуры и условий увлажнения;
- содержание в растениях культуры азота и микроэлементов изменяется в зависимости от дозы азота и способа применения микроудобрения;

- урожайность и качество зерна озимой пшеницы определяются в большей степени погодными условиями, способами и дозами внесения макро- и микроудобрений;
- экономическая эффективность применения микроудобрений под озимую пшеницу зависит от способа применения, уровня урожайности и качества зерна.

Практическая значимость. Получены экспериментальные данные, позволяющие рекомендовать производству применение жидких комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл в зависимости от способов и доз внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном. Определен оптимальный способ применения микроудобрений Микромак и Микроэл, обеспечивающий максимальную агротехническую и экономическую эффективность.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований апробированы в СПК-колхоз «Дубовский» Шпаковского района и СПА «Колхоз имени Ворошилова» Новоалександровского района. Рекомендованные способы и дозы макро- и микроудобрений используются в технологии возделывания озимой пшеницы в хозяйствах.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на научно-практических конференциях Ставропольского государственного аграрного университета (2010–2011 гг.) и научной конференции Донского ГАУ (2011 г.).

Публикация результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 5 работ, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК РФ.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, шести глав, выводов и предложений производству, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 162 страницах машинописного текста, включает 17 таблиц, 23 рисунка, 34 приложения. Список использованной литературы включает 180 источников, из них 16 – зарубежных авторов.

2. МЕСТО, УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТА

Место проведения полевых исследований – землепользование опытной сельскохозяйственной станции Ставропольского государственного аграрного университета. Опытный участок располагается в пределах Ставропольской возвышенности, на высоте 500–550 м над уровнем моря. Рельеф территории – слабоволнистая равнина, мезорельеф – северный пологий склон с крутизной около 1°.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный мощный малогумусный тяжелосуглинистый. В настоящее время чернозем выщелоченный характеризуется средними значениями показателей содержания гумуса (5,1–5,4 %), нитрификационной способности (16–30 мг/кг), содержания подвижного фосфора (20–25 мг/кг по Мачигину) и средним – обменного калия (220–270 мг/кг). Реакция почвенного раствора в верхних горизонтах почвы нейтральная, pH находится в пределах 6,1–6,8. Содержание общего азота – 0,25 %, общего фосфора – 0,13–0,15 %, общего калия – 2,3 %.

Содержание подвижных форм микроэлементов (по данным 2009 г.) следующее: марганца – среднее (16 мг/кг), цинка – низкое (0,7 мг/кг), бора – высокое (2,87 мг/кг).

По средним многолетним данным в зоне проведения опытов в год выпадает 550–650 мм, в т. ч. в период активной вегетации растений 450–470 мм осадков. Сумма эффективных температур за период активной вегетации колеблется от 3000 до 3200 °С. Гидротермический коэффициент колеблется в пределах 1,1–1,3, что согласно схеме агроклиматического районирования Ставропольского края позволяет расположить место проведения исследований на границе умеренно влажной и зоны неустойчивого увлажнения.

Годы проведения исследований характеризовались неравномерным выпадением осадков, уступающим многолетней норме на 43–89 мм (за исключением 2009/10 г.), на фоне повышенного температурного режима (+1,1–1,4 °С). Наиболее благоприятные агрометеорологические условия для формирования урожая культуры сложились в 2010/11 г. Сумма выпавших осадков (580 мм) уступала норме 7 %, однако их равномерное распределение способствовало оптимальной влагообеспеченности посевов и формированию наибольшей урожайности озимой пшеницы. Среднегодовая температура воздуха оказалась на 1,4 °С выше многолетних значений, достигнув 10,6 °С.

Погодные условия для формирования урожая озимой пшеницы в 2008/09 и 2009/10 гг. сложились удовлетворительно. На фоне повышенного температурного режима (+1,1–1,3 °С) неравномерное распределение осадков в весенне-летний период оказало неблагоприятное влияние на формирование урожая озимой пшеницы. Количество осадков в 2008/09 гг. оказалось меньше многолетней годовой нормы на 89 мм, а в 2009/10 гг. соответствовало ей.

Схема 3-факторного опыта, представленная в таблице 1, построена по методу расщепленных делянок, повторность – 3-кратная, площадь делянки – 50 м². Ширина делянки – 8 м, длина – 6,25 м. Общая площадь делянки – 50 м². В качестве предшественника в годы проведения опытов использовалась озимая пшеница.

Таблица 1 – Схематическое расположение делянок в опыте

Способ внесения					
минеральных удобрений		микроудобрений			
Допосевное	Подкормка	Контроль (без обработки)	Обработка семян ММ*	Двукратное опрыскивание МЭ (2 р.)**	Обработка семян + двукратное опрыскивание ММ + МЭ (2 р.)
N ₀ P ₀ K ₀	0	1	2	3	4
	N30	5	6	7	8
	N60	9	10	11	12
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0	13	14	15	16
	N30	17	18	19	20
	N60	21	22	23	24
N _{7,5} P ₃₀ K ₃₀	0	25	26	27	28
	N30	29	30	31	32
	N60	33	34	35	36

Здесь и далее. *ММ – обработка семян Микромаком в дозе 2 л/т.

**МЭ (2 р.) – некорневая подкормка Микроэлом в дозе 0,2 л/га 2 раза: 1 – в фазу кущения, 2 – в конце фазы выхода в трубку.

Объектом исследований являлся интенсивный сорт озимой пшеницы краснодарской селекции Старшина, включенный в Госреестр по Северо-Кавказскому (6) региону.

Предметом исследований являлись способы применения жидких комплексных микроудобрений (Микромак, Микроэл) и минеральных удобрений. В опыте на 3 фонах питания (контроль, N₃₀P₃₀K₃₀, N_{7,5}P₃₀K₃₀ – допосевной способ) изучалось действие

различных доз (0, 30, 60 кг/га д. в. – послепосевной способ) ранневесенних азотных подкормок, а также отдельного и совместного применения микроудобрений на продуктивность озимой пшеницы.

В качестве допосевого удобрения, вносимого под предпосевную культивацию, использовали аммиачную селитру, аммофос, нитроаммофоску, хлористый калий. В качестве послепосевого удобрения, вносимого рано весной в фазу кущения, использовали аммиачную селитру. Применение микроэлементов совмещалось с основными агротехническими приемами: обработка Микромаком – с протравливанием семян, 2-кратная некорневая обработка Микроэлом (в фазу кущения и в конце фазы выхода в трубку) – с применением пестицидов.

Изучаемые препараты – высокоэффективные комплексные микроэлементные удобрения, предназначенные соответственно для предпосевной обработки семян и некорневой обработки посевов сельскохозяйственных культур (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание микро- и макроэлементов в изучаемых комплексных микроудобрениях, %

Препарат	Микроэлемент									Макроэлемент		
	Cu	Zn	B	Mn	Fe	Mo	Co	V	Mg	N	P	K
Микромак	3,6	3,3	0,38	0,32	0,45	0,58	0,23	0,08	1,4	4,8	0,9	7,0
Микроэл	0,64	1,36	0,15	0,29	0,40	0,44	0,084	–	0,89	0,49	–	0,06

Технология возделывания озимой пшеницы соответствовала рекомендациям для Центральной зоны Ставропольского края.

В опытах проводились следующие наблюдения, учеты и анализы. В почвенных образцах определяли нитратный азот по Грандваль-Ляжу, ГОСТ 26488–91; аммонийный азот колориметрированием с реактивом Несслера, ГОСТ 26489–91; подвижный фосфор и обменный калий по методу Мачигина в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26205–91; влажность почвы весовым методом по Б. А. Доспехову (1987); содержание подвижных соединений марганца, меди и цинка атомно-абсорбционной спектрофотометрией.

В растительных образцах определяли динамику линейного роста и структуру урожая по методике ГСИ (1971); содержание в растениях азота, фосфора и калия по Б. А. Ягодину (1987); содержание в растениях марганца, меди и цинка атомно-абсорбционным методом; проводили анализ качества зерна зерновых культур: белок – ГОСТ 10846–91, массовая доля клейковины – ГОСТ 13586.1, стекловидность – ГОСТ 10987, масса 1000 зерен – ГОСТ 10842–89; учет урожая сплошным методом с помощью комбайна «САМПО-500»; статистическую обработку экспериментальных данных методами корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа (Доспехов Б. А., 1985); рассчитывали экономическую эффективность систем удобрений по технологическим картам с использованием действующих нормативных затрат и цен.

Отбор растительных и почвенных проб и их анализ были приурочены к основным фазам развития озимой пшеницы: перед посевом, выход в трубку, колошение, полная спелость.

3. ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ

На основании анализа полученных результатов в данном разделе представлены средние значения вариантов, в которых изучались способы применения микроэлементов. Это связано с тем, что изучаемые приемы внесения микроудобрений не оказали определенного влияния на агрохимические показатели чернозема выщелоченного.

3.1. Динамика продуктивной влаги

Изучаемые фоны и дозы азотных удобрений в подкормку не изменяли направленности динамики продуктивной влаги в течение вегетации озимой пшеницы. Дисперсионный анализ свидетельствует о том, что в течение вегетации культуры изучаемые фоны основного удобрения не оказали достоверного влияния на содержание продуктивной влаги в обрабатываемом слое почвы по сравнению с контролем. Сравнение средних данных по опыту показало, что допосевное внесение макроудобрений снижало по сравнению с естественным агрохимическим фоном содержание продуктивной влаги несущественно, на 0,5 и 0,3 мм соответственно.

Азотные удобрения на протяжении всей вегетации способствовали заметному снижению запасов продуктивной влаги в 0–20 см слое почвы, и разница с контролем составляла 0,5–0,9 мм (табл. 3). Следует отметить, что внесение в подкормку N60 достоверно снижало содержание продуктивной влаги в среднем за период вегетации в 0–20 см слое почвы, что косвенным образом свидетельствует о более интенсивном потреблении влаги растениями озимой пшеницы за счет формирования культурой более мощной вегетативной массы.

Таблица 3 – Динамика содержания продуктивной влаги (мм) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, среднее за 2009–2011 гг.

Способ внесения						А, НСР ₀₅ = 0,8	В, НСР ₀₅ = 0,8
макроудобрений		микроудобрений, С*					
Допосевное, А	Подкормка, В	Срок отбора					
		Перед посевом	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
N ₀ P ₀ K ₀	0	25,8	28,8	24,3	19,9	24,2	24,4
	30	24,3	28,2	23,4	20,6		23,9
	60	26,0	27,3	22,6	19,3		23,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0	24,8	27,9	24,0	18,9	23,7	
	30	25,8	27,3	22,7	20,0		
	60	24,5	26,3	22,2	20,0		
N _{7,5} P ₃₀ K ₃₀	0	26,3	28,4	23,3	20,4	23,9	
	30	24,6	27,7	23,2	18,5		
	60	25,0	27,4	22,0	19,7		
С, НСР ₀₅ = 0,5		25,2	27,7	23,1	19,7	НСР ₀₅ = 2,4, Sx=3,3	

* Здесь и далее. С – среднее содержание по способам внесения микроудобрений.

В течение вегетации озимой пшеницы влажность в 0–20 см слое почвы в среднем за три года имела единый ход: это достижение максимальных величин в фазу выхода в трубку и постепенное достоверное снижение запасов продуктивной влаги с достижением минимальных значений в фазу полной спелости. На контроле максимальное содержание влаги отмечалось в фазу выхода в трубку – 29,7 мм, после чего содержание постепенно снижалось, достигнув своего минимума (19,9 мм) к фазе полной спелости. На вариантах с применением допосевого удобрения содержание продуктивной влаги изменялось аналогично естественному агрохимическому фону, но абсолютные величины были несколько ниже и разница с контролем составляла: в фазу выхода в трубку – 0,9 и 0,3 мм, в фазу колошения – 0,4 и 0,6 мм, в фазу полной спелости – 0,3 и 0,4 мм соответственно.

3.2. Динамика нитратного азота

Согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту (табл. 4) содержание нитратного азота в почве при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ по сравнению с контрольным вариантом существенно увеличилось – на 3 мг/кг, а доза $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ способствовала незначительному его уменьшению.

Таблица 4 – Влияние основного удобрения на динамику нитратного азота (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2011 гг.

Способ внесения		Срок отбора				A, НСР ₀₅ = 1,2
макроудобрений	микроудобрений, С*					
	Перед посевом	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость		
Допосевное, А						
$N_0P_0K_0$	6,0	25,2	18,0	10,7	14,9	
$N_{30}P_{30}K_{30}$	8,6	28,8	21,3	13,1	17,9	
$N_{7,5}P_{30}K_{30}$	6,3	25,5	16,7	10,7	14,8	
С, НСР ₀₅ = 1,3	6,9	26,5	18,7	11,5	НСР ₀₅ = 2,6, S _x = 3,8	

Перед посевом культуры концентрация элемента была минимальной, изучаемые фоны незначительно увеличивали его концентрацию, на 0,3–2,6 мг/кг. В фазу выхода в трубку концентрация элемента при внесении $N_{30}P_{30}K_{30}$ существенно возрастала, на 3,6 мг/кг почвы. Применение $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ незначительно увеличивало содержание нитратного азота на 0,3 мг/кг. В период колошения озимой пшеницы на фоне полного минерального питания содержание нитратного азота в почве составило 21,3 мг/кг, что на 5,1 мг/кг больше значения контрольного варианта и выше наименьшей существенной разницы (НСР = 2,6 мг/кг). На фоне $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ концентрация в почве нитратов незначительно снижалась, на 1,3 мг/кг почвы. В период полной спелости фон с применением полной дозы азота $N_{30}P_{30}K_{30}$ незначительно увеличивал содержание нитратного азота в почве по сравнению с контролем, на 2,4 мг/кг.

Азотные подкормки увеличивали содержание нитратного азота в почве (табл. 5), и разница по сравнению с контролем составила 1,1–3,5 мг/кг.

Таблица 5 – Влияние азотной подкормки на динамику нитратного азота (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2011 гг.

Способ внесения					В, НСР ₀₅ = 2,1
макроудобрений	микроудобрений, С*				
	Срок отбора				
Подкормка, В	Перед посевом	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
0	7,0	23,5	16,7	10,4	14,4
N30	7,1	25,9	17,8	11,0	15,5
N60	6,8	30,1	21,6	13,1	17,9
С, НСР ₀₅ = 3,6	6,9	26,5	18,7	11,5	НСР ₀₅ = 4,8, S _x = 3,3

Минимальное содержание его отмечается перед посевом культуры – 6,9 мг/кг, максимальное в фазу выхода в трубку – 26,5 мг/кг, в дальнейшем происходит снижение содержания нитратного азота в почве. Внесение азота минеральных удобрений в дозе N60 обеспечивало достоверную разницу как относительно контроля, так и вариантов с внесением N30.

3.3. Динамика аммонийного азота

Данные, приведенные в таблице 6, указывают, что в течение вегетации озимой пшеницы динамика содержания аммонийного азота в пахотном слое чернозема выщелоченного имела единый ход – увеличение концентрации от посева к фазе выхода в трубку и дальнейшее непрерывное снижение концентрации аммония с достижением минимальных величин в фазу полной спелости культуры.

Таблица 6 – Влияние основного удобрения на динамику аммонийного азота (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2011 гг.

Способ внесения					А, НСР ₀₅ = 2,3
макроудобрений	микроудобрений, С*				
	Срок отбора				
Допосевное, А	Перед посевом	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
N ₀ P ₀ K ₀	17,6	35,0	32,0	30,0	28,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	20,3	42,3	35,6	32,1	32,6
N _{7,5} P ₃₀ K ₃₀	17,9	35,7	32,4	28,2	28,5
С, НСР ₀₅ = 1,3	18,6	37,7	33,3	30,1	НСР ₀₅ = 4,4, S _x = 3,8

Изучаемые в опыте формы минеральных удобрений не изменили направленности динамики содержания аммонийного азота в 0–20 см слое почвы. В то же время согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту на фоне N₃₀P₃₀K₃₀

фиксируется достоверное увеличение накопления в почве аммонийного азота как по отношению к контролю – 3,9 мг/кг почвы, так и по отношению к фону $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ – 4,1 мг/кг почвы. Разница между последними незначительна.

Минеральные удобрения, внесенные перед посевом, способствовали накоплению в почве изучаемой формы азота. Так, по сравнению с контролем перед посевом в зависимости от дозы фонового удобрения содержание аммонийного азота увеличивалось на 0,3–2,4 мг/кг почвы; в фазу выхода в трубку эта разница составляла – 0,7–7,3 мг/кг почвы. В фазу колошения отмеченные ранее зависимости сохраняются, но разница между значениями вариантов нивелируется. Во все сроки отбора нами отмечается более значительное влияние на концентрацию в почве аммиачного азота дозы фонового удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$.

Статистическая обработка данных по влиянию различных доз азотной подкормки (табл. 7) показала неуклонное и достоверное снижение содержания аммонийного азота на протяжении всего вегетационного периода культуры начиная с фазы выхода в трубку, что является следствием его поглощения озимой пшеницей особенно в межфазный период выхода в трубку – полной спелости.

Таблица 7 – Влияние азотной подкормки на динамику аммонийного азота (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2011 гг.

Способ внесения					А, НСР ₀₅ = 2,3
макроудобрений	микроудобрений, С*				
	Срок отбора				
Подкормка, В	Перед посевом	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	
0	18,7	34,7	31,3	28,3	28,2
N30	18,4	37,3	33,2	29,6	29,6
N60	18,7	40,9	35,6	32,4	31,9
В, НСР ₀₅ = 1,3	18,6	37,6	33,4	30,1	НСР ₀₅ = 4,4, Sx = 3,8

Максимальное содержание аммонийного азота в 0–20 см слое почвы на протяжении всей вегетации озимой пшеницы обеспечивала доза N60, и разница по отношению к другим вариантам составила: в фазу выхода в трубку 3,6–6,2 мг/кг почвы, в фазу колошения 2,4–4,3 мг/кг почвы, в фазу полной спелости 2,8–4,8 мг/кг почвы. Применение микроудобрений в эти сроки не оказало достоверного влияния на минеральные формы азота в почве, что в большей мере связано с более поздними сроками проведения двух подкормок микроэлементсодержащим препаратом Микроэл.

3.4. Динамика микроэлементов

Цинк. Внесённые азотные удобрения не оказали существенного влияния на содержание цинка в чернозёме выщелоченном, при этом доза минерального азота 60 кг/га способствовала незначительному увеличению его концентрации на 0,02 мг как относительно контроля, так и одинарной дозы.

Изучаемые фоны питания оказали положительное влияние на концентрацию цинка лишь в начале вегетации озимой пшеницы, когда разница с контролем составила от 0,03 до 0,06 мг/кг почвы. В то же время согласно результатам дисперсионного анализа средних данных по опыту на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ в фазу выхода в трубку по отношению к контрольному фону увеличивалось содержание в почве подвижного цинка, и разница по отношению к контролю составила 0,06 мг/кг почвы. Это можно объяснить тем, что внесенные минеральные удобрения в подкормку озимой пшеницы приводили к подкислению почвенного раствора и повышали подвижность этого элемента в почве (рис. 1).

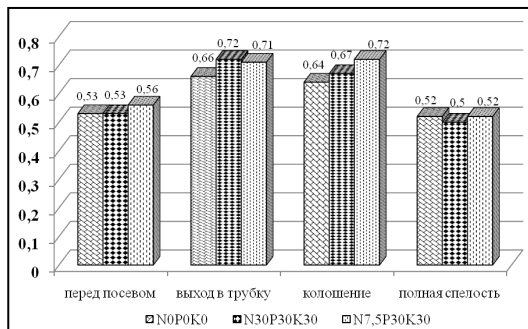


Рисунок 1. Динамика содержания цинка (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2011 гг.

В следующий срок отбора – фазу колошения озимой пшеницы – было установлено, что на фоне $N_{7.5}P_{30}K_{30}$ фиксируется максимальное содержание элемента, и разница по отношению к контролю составила 0,08 мг/кг почвы.

К фазе полной спелости отмечалось устойчивое снижение концентрации цинка, что связано как с условиями увлажнения, так и с особенностями потребления микроэлемента растениями озимой пшеницы.

Марганец. Содержание подвижных форм марганца при всех фонах основного удобрения возрастает от посева до фазы колошения с достижением максимальных величин, а к фазе полной спелости наблюдается резкое снижение содержания элемента (рис. 2).

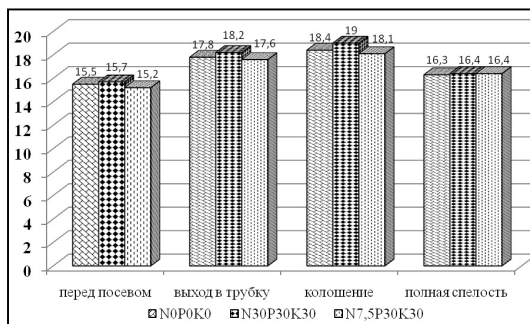


Рисунок 2. Динамика содержания марганца (мг/кг почвы) в 0–20 см слое чернозема выщелоченного, 2009–2011 гг.

Перед посевом в почве опытного участка содержание марганца на всех фонах было практически одинаковым и колебалось в пределах 15,2–15,7 мг/кг почвы. В фазе выхода в трубку содержание марганца в почве на всех фонах возросло и находилось в пределах 17,6–18,2 мг/кг почвы.

Внесение основного удобрения в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ способствовало возрастанию содержания марганца в почве относительно контроля в фазу выхода в трубку на 0,4 мг/кг почвы, а в фазу колошения – на 0,6 мг/кг почвы.

Двойная доза азота обеспечивала более значительное увеличение содержания марганца в почве на всех анализируемых фонах основного удобрения. Так, на естественном агрохимическом фоне существенная прибавка содержания элемента отмечена в фазу колошения, где прибавка относительно контроля составила 3,1 мг/кг почвы. На фоне внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ двойная доза подкормки существенно увеличивала содержание элемента в фазы выхода в трубку и колошения, где разница с контролем составила 2 и 2,5 мг/кг почвы соответственно. На фоне внесения $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ азотная подкормка в дозе N60 во все фазы развития обеспечивала существенное увеличение содержания марганца в почве. Так, в фазу выхода в трубку прибавка относительно контроля составила 2,9 мг/кг, в фазу колошения – 1,8 мг/га, а в фазу полной спелости – 2,3 мг/кг почвы.

4. ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

4.1. Динамика линейного роста

Основное удобрение увеличивало высоту растений озимой пшеницы, и разница по сравнению с неудобренным фоном составила 3,4–5,9 см, при этом только фон $N_{30}P_{30}K_{30}$ обеспечивал достоверное увеличение анализируемого показателя.

Подкормки озимой пшеницы существенно увеличивали линейный рост растений относительно контроля на 8,9–12,7 см.

Вне зависимости от фона питания во все фазы развития наибольшую высоту растений обеспечивали варианты с двойной дозой подкормки аммиачной селитрой. Максимальные показатели линейного роста в течение вегетации в опыте обеспечивала подкормка в дозе 60 кг/га д. в. азота на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$.

4.2. Динамика элементов питания в растениях озимой пшеницы

Содержание азота. Рассматриваемые факторы не изменили направленности процесса – снижение концентрации элемента с достижением минимальных величин к фазе полной спелости. В зависимости от фона питания концентрация азота снижалась от 3,5–3,8 % в фазу выхода в трубку до 1,1–1,2 % в фазу полной спелости, что объясняется так называемым ростовым разбавлением и перераспределением элемента между товарной и побочной продукцией. Внесение до посева доз минеральных удобрений $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ способствовало достоверному увеличению концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы вне зависимости от фазы развития культуры.

Рассматриваемые дозы азотных подкормок оказали положительное влияние на содержание азота в растениях озимой пшеницы. В течение вегетации растений наибольший показатель формировал вариант с внесением двойной дозы азотной подкормки – 2,32 %, существенно превышающий другие фоны питания.

При анализе влияния доз азотных подкормок на концентрацию элемента в зависимости от фазы развития культуры необходимо отметить, что удобренные варианты увеличивали концентрацию азота в фазы выхода в трубку и колошения на 0,1–0,2 %, а в фазу полной спелости содержание элемента с удобренных и контрольных вариантов

находилось в пределах ошибки опыта. Существенное увеличение содержания азота в растениях относительно контроля было отмечено лишь при применении подкормки в дозе 60 кг азота на га по д. в., а разница составила в фазу выхода в трубку 0,3 %. Применение одинарной дозы несущественно увеличивало содержание азота в растениях. К фазе полной спелости влияние азотной подкормки нивелировалось.

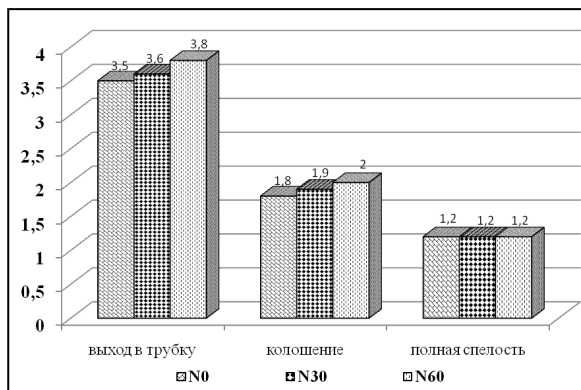


Рисунок 3. Влияние доз азотной подкормки на динамику содержания азота (%) в растениях озимой пшеницы, 2009–2011 гг.

Анализ данных, приведенных в таблице 8, позволил сделать вывод, что все изучаемые факторы способствовали увеличению концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы в фазу полной спелости.

Таблица 8 – Влияние способов внесения макро- и микроудобрений на содержание общего азота (%) в зерне озимой пшеницы, 2009–2011 гг.

Способ внесения						A, HCP ₀₅ = 0,03	B, HCP ₀₅ = 0,03
макроудобрений		микроудобрений, C*					
Допосевное, A	Подкормка, B	Контроль	MM*	МЭ (2 р.)**	MM + МЭ (2 р.)		
N ₀ P ₀ K ₀	0	1,14	1,14	1,16	1,18	1,17	1,18
	N30	1,17	1,18	1,17	1,2		1,20
	N60	1,15	1,19	1,18	1,23		1,22
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0	1,19	1,2	1,21	1,24	1,24	
	N30	1,22	1,23	1,24	1,27		
	N60	1,26	1,25	1,27	1,3		
N _{7,5} P ₃₀ K ₃₀	0	1,16	1,16	1,16	1,19	1,18	
	N30	1,17	1,17	1,18	1,2		
	N60	1,18	1,19	1,2	1,22		
C, HCP ₀₅ = 0,03		1,18	1,19	1,20	1,23	HCP ₀₅ = 0,11, S _x = 4,0 %	

Основное внесение удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ в среднем по опыту способствовало существенному увеличению содержания азота в растениях озимой пшеницы по отношению к контролю на 0,07 %. Результаты, полученные на фоне внесения $N_{7,5}P_{30}K_{30}$, незначительно превышали показатели относительно фона без внесения основного удобрения – 0,01 %, но достоверно снижали показатели относительно полной дозы основного удобрения – 0,06 %.

Азотные подкормки оказали положительное влияние на содержание общего азота в растениях, но существенные прибавки содержания были отмечены только на вариантах с двойной дозой азотной подкормки – 0,04 %, относительно варианта без применения ранневесенней азотной подкормки.

При анализе влияния способов внесения комплексных микроудобрений можно констатировать, что как предпосевная обработка семян, так и двукратная подкормка растений озимой пшеницы на всех фонах минерального питания не оказали существенного влияния на содержание азота в растениях, прибавка составляла 0,01 и 0,02 % и находилась в пределах ошибки опыта. В то же время совместное применение микроудобрений способствовало существенному увеличению содержания азота в растениях в среднем по опыту по отношению к контрольному варианту без применения удобрений микроэлементами.

Среди изучаемых способов внесения макро- и микроудобрений наибольшее содержание общего азота в растениях озимой пшеницы формируется на фоне основного удобрения $N_{30}P_{30}K_{30}$, внесённого до посева культуры. Дальнейшее насыщение системы удобрения минеральным азотом до 60 кг д. в/га в подкормку способствует увеличению рассматриваемого показателя. Применение жидких комплексных микроудобрений при обработке семян и двукратном опрыскивании посевов озимой пшеницы на фоне $N_{60}P_{30}K_{30}$ способствовало получению максимального показателя концентрации общего азота в растениях озимой пшеницы в фазу полной спелости – 1,30 %.

Цинк. Анализ данных, представленных на рисунке 4, показывает, что изучаемые способы применения макро- и микроудобрений оказывали различное влияние на содержание цинка в зерне озимой пшеницы.

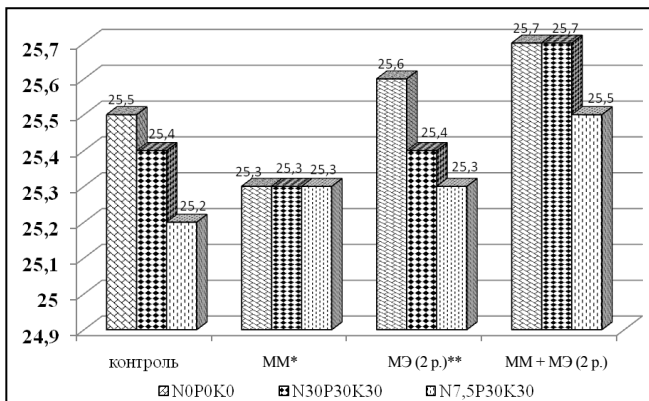


Рисунок 4. Влияние способов применения микро- и макроудобрений на содержание цинка (мг/кг) в зерне озимой пшеницы, среднее за 2009–2011 гг.

Изучаемые дозы основного удобрения не оказали существенного влияния на концентрацию элемента в основной продукции. Внесение до посева $N_{30}P_{30}K_{30}$ способствовало возрастанию содержания цинка в зерне озимой пшеницы по всем способам обработки микроэлементами относительно аналогичных значений на контрольном варианте. Разница по отношению к другим фонам составила 0,1 мг/кг. Применение основной дозы удобрений $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ не оказывало существенного влияния на содержание микроэлемента в зерне озимой пшеницы.

Внесение двойной дозы N_{60} азотных удобрений в ранневесеннюю подкормку существенно снижало содержание цинка в зерне озимой пшеницы, по отношению к другим вариантам содержание оказалось ниже на 0,2 мг/кг. Одинарная доза азота формировала содержание цинка на уровне контроля.

Вне зависимости от способа внесения минеральных удобрений раздельное использование микроудобрений Микромакс (обработка семян) и Микроэлз (двукратное опрыскивание по вегетации) не оказало существенного влияния на концентрацию цинка в зерне. Совместное применение вышеназванных микроудобрений способствует значительному увеличению содержания цинка в зерне озимой пшеницы, и разница по отношению к другим вариантам составила 0,2–0,3 мг/кг в зерне озимой пшеницы (НСР 0,11 мг/кг).

Марганец. В проведенных нами исследованиях рассмотрено влияние способов применения микроудобрений и фонов питания на содержание марганца в зерне озимой пшеницы в фазе полной спелости (рис. 5).

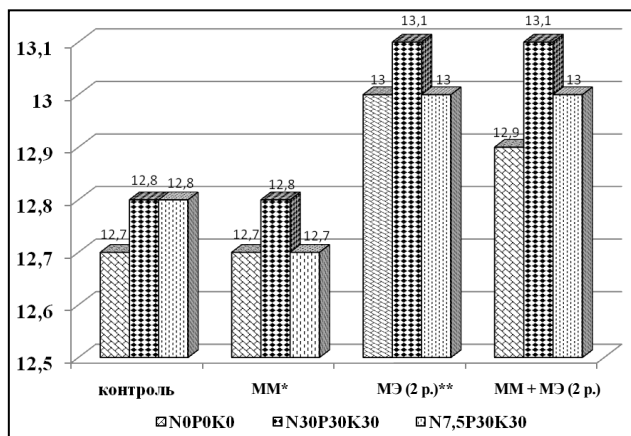


Рисунок 5. Влияние способов применения микро- и макроудобрений на содержание марганца (мг/кг) в растениях озимой пшеницы в фазу полной спелости, среднее за 2009–2011 гг.

Данные, отображенные на рисунке 5, свидетельствуют о том, что рассматриваемые способы внесения минеральных удобрений – фоны питания и дозы азотной подкормки не оказали существенного влияния на содержание марганца в зерне озимой пшеницы. Внесение до посева полной дозы минерального удобрения незначительно, на 0,1 мг/кг, повысило концентрацию марганца в зерне. Мы отмечаем существенную прибавку содержания рассматриваемого элемента на вариантах с двукратной

обработкой посевов препаратом Микроэл и совместное применение микроудобрений Микромак и Микроэл. Применение микроудобрения только при обработке семян не оказало достоверного влияния на содержание подвижного марганца в зерне озимой пшеницы относительно контроля.

4.3. Продуктивность озимой пшеницы в связи с изучаемыми приёмами

4.3.1. Формирование структуры урожая. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что совместное применение жидких комплексных удобрений Микромак и Микроэл на всех способах внесения макроудобрений оказывало положительное влияние на показатели структуры урожая озимой пшеницы.

Максимальные показатели элементов структуры урожая были получены на фоне основного внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ при совместном применении Микромака и Микроэла и азотной подкормки в дозе N60. Разница с контролем по основным элементам структуры урожая составила: количество растений – 36 шт., общее количество стеблей – 190 шт., продуктивный стеблестой – 178 шт. Высота растений увеличилась на 25,7 см. Коэффициент общей и продуктивной кустистости оказался выше контроля на 0,5 и 0,4 ед. соответственно. Соотношение массы зерна и соломы на контроле составляет 1:1,5, а на рассматриваемом варианте – 1:1.

4.3.2. Урожайность зерна. Трехлетние данные свидетельствуют о том, что изучаемые в опыте удобрения, внесённые до посева (фактор А), и азотные удобрения, применяемые в ранневесеннюю подкормку (фактор В), существенно увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно естественного агрохимического фона (табл. 9).

Таблица 9 – Влияние способов внесения макро- и микроудобрений на урожайность (т/га) озимой пшеницы (2009–2011)

Способ внесения						А, НСП _{0,5} = 0,14 т/га	В, НСП _{0,5} = 0,14 т/га
макроудобрений		микроудобрений, С*					
Допосевное, А	Подкормка, В	Контроль	ММ*	МЭ (2 р.)*	ММ + МЭ (2 р.)		
$N_0P_0K_0$	0	2,87	3,34	3,36	3,46	3,26	3,52
	N30	3,46	3,73	3,66	3,89		3,90
	N60	3,70	3,84	3,77	4,01		4,10
$N_{30}P_{30}K_{30}$	0	3,35	3,84	3,82	3,97	3,75	
	N30	4,03	4,13	4,10	4,28		
	N60	4,29	4,39	4,30	4,55		
$N_{7,5}P_{30}K_{30}$	0	3,10	3,65	3,89	3,74	3,60	
	N30	3,67	3,91	3,86	4,13		
	N60	3,93	4,07	4,07	4,27		
С, НСП _{0,5} = 0,12 т/га		3,60	3,89	3,87	4,03	НСП _{0,5} = 0,42 т/га, S _x = 4,4 %	

Анализ результатов изучаемого опыта говорит о значительной роли основного удобрения (А) в формировании урожайности культуры, прибавка в зависимости от фона питания составила 0,34–0,49 т/га. При выборе системы удобрения под

озимую пшеницу, расположенную после озимой пшеницы, в зоне неустойчивого увлажнения на чернозёме выщелоченном следует учитывать эффективность различных видов удобрений. Так, снижение дозы азота до 7,5 кг д. в/га от полной дозы N₃₀ при равных количествах Р и К – по 30 кг д. в/га обеспечило существенное снижение продуктивности на 0,15 т/га относительно полной дозы основного удобрения N₃₀P₃₀K₃₀.

Максимальная прибавка урожая зерна – 0,49 т/га была получена при применении в качестве фона питания N₃₀P₃₀K₃₀, урожайность за три года исследований составила 3,75 т/га.

Наибольшая прибавка урожая зерна вне зависимости от фона питания фиксируется в 2008/09 сельскохозяйственном году и составляет от 0,49 до 0,71 т/га в зависимости от дозы азота, применяемого в подкормку.

В среднем за три года исследований на всех фонах прибавка от допосевого внесения азотных удобрений была существенной и составила 0,42–0,58 т/га. Максимальные значения продуктивности озимой пшеницы обеспечило применение в ранневесеннюю подкормку аммиачной селитры в дозе 60 кг д. в/га, в зависимости от года исследований урожайность составила от 3,52 до 4,78 т/га.

Применение микроудобрений в опыте (фактор С) как прием повышения продуктивности озимой пшеницы оказывает существенное и неоднозначное влияние на урожайность культуры в зависимости от допосевого внесения (фактор А), применения азотной подкормки (фактор В) и способа применения самих микроудобрений (фактор С).

Изучаемые микроудобрения в опыте существенно увеличивали продуктивность культуры, и в зависимости от способа их применения прибавка составила 0,27–0,43 т/га относительно фона без применения агрохимикатов. В год с неблагоприятными погодными условиями, 2008/09, прибавка была минимальной – 0,26 т/га, в отличие от благоприятного 2009/10 г., когда прибавка составила 0,44 т/га.

Различие в уровне урожайности между отдельным применением микроудобрений Микромак, Микроэл и их совместным использованием существенно, в среднем за 3 года прибавка относительно контроля составила 0,06–0,11 т/га. Лучшим является вариант с совместным применением микроудобрений при обработке семян и двукратном опрыскивании во время вегетации озимой пшеницы – 3,79 т/га, который существенно превышал не только фон – без микроудобрений, но и варианты с отдельным применением ММ и МЭ. Вариант, обеспечивший максимальный уровень продуктивности озимой пшеницы – 4,55 т/га на протяжении всего периода исследований, формируется на фоне питания N₃₀P₃₀K₃₀ с применением в ранневесеннюю подкормку 60 кг азота на гектар с обработкой семян до посева препаратом Микромак и двукратным опрыскиванием растений Микроэлом.

4.3.3. Качество зерна. Изучаемые способы внесения микро- и макроудобрений оказывали значительное влияние на один из главных показателей качества зерна – содержание сырой клейковины. Данные, приведенные в таблице 10, показывают, что в среднем за три года все изучаемые способы микроудобрения увеличивали содержание клейковины по сравнению с вариантами без обработки микроэлементами на 0,6–1,5 %. При этом существенная разница относительно контроля была получена на вариантах с совместным применением микроудобрений.

Содержание клейковины в зерне при совместном применении микроудобрений было существенно выше не только вариантов без обработки микроэлементами, но и вариантов с отдельным применением препарата Микромак (обработка семян) – на 0,9 %.

Таблица 10 – Влияние способов внесения макро- микроудобрений на содержание сырой клейковины (%) в зерне озимой пшеницы (среднее за 2009–2011 гг.)

Способ внесения						A, HCP ₀₅ = = 0,80	B, HCP ₀₅ = = 0,80
макроудобрений		микроудобрений, С*					
Допосевное, А	Подкормка, В	Контр-роль	ММ*	МЭ (2 р.)**	ММ+МЭ (2 р.)		
N ₀ P ₀ K ₀	0	16,5	16,7	17,1	18,0	21,5	18,5
	N30	21,3	22,7	23,8	24,6		24,1
	N60	23,0	24,1	24,9	25,0		25,2
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	0	18,1	19,2	19,8	20,3	23,8	
	N30	25,5	25,4	24,7	25,5		
	N60	26,3	27,1	27,0	27,5		
N _{7,5} P ₃₀ K ₃₀	0	17,6	18,6	19,3	20,9	22,6	
	N30	24,0	24,4	23,0	24,3		
	N60	24,7	24,0	24,9	24,9		
С, HCP ₀₅ = 0,90		21,9	22,5	22,7	23,4	HCP ₀₅ = 2,6 % Sx = 3,7 %	

Все изучаемые фоны питания и дозы азотных подкормок также обеспечивали существенное увеличение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы по сравнению с естественным агрохимическим фоном. При этом с ростом дозы азота как в основном удобрении (с 7,5 до 30 кг/га д.в.), так и в подкормке (с 30 до 60 кг/га д.в.) среднее значение анализируемого показателя пропорционально увеличивалось по сравнению с контролем на 1,1–2,3 и 5,6–6,7 % соответственно. К тому же дозы подкормки N60 как и фона N₃₀P₃₀K₃₀ достоверно превосходили дозы N30 и фона N_{7,5}P₃₀K₃₀ соответственно.

Наибольшее содержание клейковины (27,5 %) было получено на вариантах с совместным применением препаратов на фоне N₃₀P₃₀K₃₀ + N60 (в подкормку). Необходимо отметить, что на удобренных фонах при совместном применении анализируемых микроудобрений достоверной разницы в содержании клейковины между вариантами N30 и N60, применяемыми в подкормку, выявлено не было.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ МАКРО- И МИКРОУДОБРЕНИЙ

В таблице 11 представлены результаты расчетов показателей экономической эффективности относительно контроля вариантов с совместным применением обработки семян комплексным жидким микроудобрением Микромак и двукратным опрыскиванием растений озимой пшеницы Микроэлом в фазу кущения и выхода в трубку для вариантов естественного агрохимического фона, N₃₀P₃₀K₃₀ + N30 и N₃₀P₃₀K₃₀ + N60.

Таблица 11 – Экономическая эффективность производства зерна озимой пшеницы в зависимости от способов применения макро- и микроудобрений (среднее за 2009–2011 гг.)

Показатель	Контроль, N ₀ P ₀ K ₀	Обработка семян Микромаком (2 л/т) + + двукратное опрыскивание Микрозлом (0,2 л/га)		
		N ₀ P ₀ K ₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N30	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + N60
Урожайность, т/га	2,87	3,46	4,28	4,55
Цена 1 т зерна, руб.	5000	5500	5900	5900
Денежная выручка с 1 га, руб.	14350	19030	25252	26845
Затраты труда на 1 га, ч	12,8	13,3	13,8	14,1
Затраты труда на 1 т, ч	4,46	3,84	3,22	3,10
Производственные затраты на 1 га, руб.	11250	11720	15250	15860
Себестоимость 1 т, руб.	3920	3387	3563	3486
Прибыль на 1 га, руб.	3100	7310	10002	10985
Уровень рентабельности, %	28	62	66	69

Как видно из данных, приведённых в таблице 11, по сравнению с контролем применение жидких комплексных микроудобрений путем обработки семян Микромаком и двукратным опрыскиванием растений озимой пшеницы Микрозлом в фазу кущения и выхода в трубку оказалось очень эффективным и увеличивало среднегодовую урожайность озимой пшеницы на 21 %; денежную выручку с 1 га на 4680 руб., затраты труда на 1 га на 4 %; производственные затраты – на 470 руб.; прибыль – на 4210 руб. Благодаря полученной прибавке урожая более высокого качества микроудобрения снижали по сравнению с контролем затраты труда на 1 т – на 14 %, себестоимость – на 533 руб., а уровень рентабельности превосходил контроль на 34 %.

При сравнении основных показателей экономической эффективности производства зерна озимой пшеницы относительно контроля на фоне допосевого внесения N₃₀P₃₀K₃₀ и доз азотной подкормки N30 и N60 отмечается незначительное преимущество в пользу двойной дозы азота. Так, по сравнению с контролем внесение N₃₀P₃₀K₃₀ + N30 + MM + МЭ (2 р.) и N₃₀P₃₀K₃₀ + N60 + MM + МЭ увеличивало среднегодовую урожайность озимой пшеницы на 49–59 %; денежную выручку с 1 га на 10902–12495 руб., затраты труда на 1 га – на 8–10 %; производственные затраты – на 4000–4610 руб.; прибыль – на 6902–7885 руб. Благодаря полученной прибавке урожая более высокого качества макро- и микроудобрения снижали по сравнению с контролем затраты труда на 1 т на 28–30 %, себестоимость на 344–357 руб., а уровень рентабельности превосходил контроль на 38–41 %.

ВЫВОДЫ

1. Способы внесения макро- и микроудобрений не изменили направленность динамики продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы. Изучаемые дозы допосевого удобрения не достоверно (0,3–0,5 мм) снижали содержание продуктивной влаги в 0–20

см слое почвы по сравнению с контролем. Внесение в подкормку N60 существенно (0,9 мм) уменьшало содержание продуктивной влаги в среднем за период вегетации.

2. Изучаемые способы внесения макро- и микроудобрений не изменяли направленности динамики в почве нитратного азота. Достоверное увеличение концентрации нитратного азота относительно контроля на протяжении вегетации озимой пшеницы в среднем обеспечивало допосевное внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ (+3 мг/кг) и проведение ранневесенней подкормки N60 (+3,5 мг/кг почвы).

3. Допосевное внесение минеральных удобрений дозой $N_{30}P_{30}K_{30}$ способствовало существенному увеличению в почве аммонийного азота по отношению к контролю на 3,9 мг/кг почвы. Максимальное содержание аммонийного азота в 0–20 см слое почвы на протяжении всей вегетации озимой пшеницы обеспечивала доза N60, и разница с контролем составила в фазу выхода в трубку 3,6–6,2 мг/кг, колошения 2,4–4,3 мг/кг, в фазу полной спелости – 2,8–4,8 мг/кг почвы.

4. Содержание подвижных форм фосфора и калия в 0–20 см слое почвы в течение вегетации озимой пшеницы неуклонно снижается с достижением минимальных величин в фазу полной спелости культуры. Допосевное внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ и $N_{7,5}P_{30}K_{30}$ достоверно увеличивало среднее содержание в почве подвижного фосфора, и разница по отношению к контролю составляла 1,8 и 2,6 мг/кг почвы. Изучаемые способы применения микроудобрений и дозы азотных подкормок не оказали существенного влияния на содержание в 0–20 см слое чернозема выщелоченного обменного калия и подвижного фосфора.

5. Способы и дозы внесения макро- и микроудобрений не оказали существенно и определенного влияния на содержание в 0–20 см слое почвы подвижных форм микроэлементов. Максимальное их содержание в среднем по вариантам отмечается в фазу выхода в трубку, что связано с условиями увлажнения и подкислением реакции почвенного раствора. К фазе полной спелости содержание микроэлементов снижается, а разница находится в пределах ошибки. Азотные подкормки не оказывали существенного влияния на содержание подвижных форм цинка и меди в почве.

6. На содержание общего азота в растениях озимой пшеницы существенное влияние относительно средних данных контроля оказали допосевное внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$, проведение азотной подкормки N60, совместное применение жидких комплексных удобрений Микромак и Микроэл. Способы внесения макроудобрений значительно увеличивали содержание азота в растениях по сравнению с контролем, в фазу выхода в трубку – на 0,1–0,3 % и в фазу колошения – на 0,2 %.

7. Динамика содержания фосфора и калия в растениях в течение вегетации имела единый ход – достоверное снижение показателей в период вегетации с достижением минимальных величин в фазу полной спелости. Изучаемые способы и дозы макро- и микроэлементов не оказали существенного влияния на направленность и величины содержания элементов.

8. Между содержанием микроэлементов в зерне и дозами допосевного удобрения тесной связи не выявлено. Увеличение дозы азота в системе удобрения за счёт подкормки снижает несущественно концентрацию в зерне меди и марганца, а содержание цинка – существенно. Существенное влияние на содержание в зерне озимой пшеницы цинка, меди и марганца оказали двукратное опрыскивание препаратом Микроэл и совместное применение комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл, увеличивая содержание микроэлементов на 0,2–0,4 мг/кг.

9. Максимальные показатели элементов структуры урожая озимой пшеницы формировались на фоне допосевного внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ проведения азотной подкормки

дозами N30 и N60 и совместного применения комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл, которые относительно естественного агрохимического фона увеличивали количество продуктивных стеблей на 150–178 шт., коэффициент продуктивной кустистости – на 0,3–0,4 ед., массу 1000 зёрен – на 2,32–3,42 г.

10. Погодные условия оказали значительное влияние на эффективность применения изучаемых способов макро- и микроудобрений. Изучаемые дозы допосевого внесения минеральных удобрений достоверно (0,34–0,49 т/га) увеличивали урожайность озимой пшеницы относительно контроля. Максимальная средняя урожайность культуры – 3,75 т/га была получена при применении $N_{30}P_{30}K_{30}$, что существенно выше значений других вариантов. Внесение азотных подкормок обеспечило существенную прибавку (0,42–0,58 т/га) урожая, а среднее максимальное значение продуктивности озимой пшеницы обеспечило применение N60 – 4,1 т/га, достоверно превысив показатели сравниваемых вариантов.

Способы внесения микроудобрений существенно (0,27–0,43 т/га) увеличивали продуктивность культуры, а максимальная средняя урожайность (4,03 т/га) получена на варианте совместного применения Микромака и Микроэла. Максимальный уровень продуктивности озимой пшеницы (4,55 т/га) формируется на фоне допосевого внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$, ранневесенней подкормки N60 и совместного применения жидких комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл.

11. Изучаемые макро- и микроудобрения оказали положительное влияние на качественные показатели зерна озимой пшеницы, но получению зерна 3-го класса в среднем по опыту способствовали допосевное внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$, проведение ранневесенней подкормки дозами N30 и N60, совместное применение жидких комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл. Максимальные показатели стекловидности (55 %), содержания клейковины (27,5 %) и белка (14,2 %) были получены на вариантах с совместным применением микроудобрений на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N60 (в подкормку).

12. С экономической точки зрения наиболее эффективным оказалось совместное применение жидких комплексных микроудобрений Микромак и Микроэл. На фоне $N_0P_0K_0$ микроудобрения увеличивали: урожайность озимой пшеницы на 21 %, прибыль – на 4210 руб., уровень рентабельности – на 34 %. Совместное внесение микроудобрений оказалось эффективным и в сочетании со способами минеральных удобрений. По сравнению с контролем внесение $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N30 + ММ + МЭ (2 р.) и $N_{30}P_{30}K_{30}$ + N60 + ММ + МЭ увеличивало урожайность озимой пшеницы на 49–59 %, прибыль – на 6902–7885 руб., уровень рентабельности – на 38–41 %, а себестоимость 1 т зерна снижалась на 344–357 руб. На фоне допосевого внесения $N_{30}P_{30}K_{30}$ отмечается незначительное преимущество в пользу двойной дозы азота (N60).

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При возделывании озимой пшеницы на черноземе выщелоченном рекомендуется совместное применение жидких комплексных микроудобрений Микромак (обработка семян 2 л/т) и Микроэл (некорневая подкормка в фазу кущения и в конце фазы выхода в трубку по 0,2 л/га).

2. В зоне неустойчивого увлажнения для повышения эффективности внесения микроудобрений необходимо совмещать с основными агротехническими приемами и применением допосевого ($N_{30}P_{30}K_{30}$) и послепосевого способов удобрения (N30 и N60) озимой пшеницы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ

1. Есаулко, А. Н. Эффективность микроудобрений Микромак и Микроэл в посевах озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, В. А. Бузов, А. Ю. Олейников, Н. В. Редькина // Плодородие. – 2010. – № 1. – С. 24–26.

2. Есаулко, А. Н. Влияние микроудобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, А. Ю. Олейников // Агрехимический вестник. – 2011. – № 4. – С. 10–12.

Публикации в других изданиях:

3. 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.

4. Олейников, А. Ю. Влияние микроудобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / А. Ю. Олейников, А. Н. Есаулко, Е. А. Устищенко // 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.

5. 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. Устищенко // 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. 66–69.

Подписано в печать 27.04.2012. Формат 60x84 $\frac{1}{16}$.
Гарнитура «Таймс». Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,4.
Тираж 100. Заказ № 130.

Отпечатано в типографии издательско-полиграфического комплекса СтГАУ «АГРУС»,
г. Ставрополь, ул. Мира, 302.