

**Кашинская Александра Петровна**

аспирант

**Жаркова Наталья Николаевна**

д-р с.-х. наук, доцент, профессор

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный  
университет им. П.А. Столыпина»

г. Омск, Омская область

## **СОДЕРЖАНИЕ ZN, MN, CU В ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ ПРИ ВНЕСЕНИИ ХЕЛАТНЫХ ФОРМ МИКРОУДОБРЕНИЙ**

*Аннотация: в статье представлены результаты, которые показали, как внесение различных доз микроэлементов цинка (Zn) и марганца (Mn) влияет на содержание их подвижных форм и меди (Cu) в почве при выращивании мяты перечной (*Mentha piperita*) в условиях южной лесостепи Западной Сибири (Омская область). Объектами исследований являются мята перечная сорта Кубанская б и лугово-чернозёмная почва. Предшественник – чистый пар. Хелатные формы цинка и марганца вносили на фоне N90P60. Дозы цинковых и марганцевых удобрений были рассчитаны с учетом содержания их в почве до посадки и ПДК и составили, соответственно 13,3; 26,6; 39,9 и 53,2 кг д. в./га и 36, 72, 108, 144 кг д. в./га.*

**Ключевые слова:** мята перечная (*Mentha piperita*), эссенциальные микроэлементы, лугово-черноземная почва.

В последние годы наблюдается повышенный интерес к изучению содержания микроэлементов в почвах, особенно в контексте повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Одной из ключевых проблем сельского хозяйства является дефицит необходимых микроэлементов, таких как цинк (Zn), марганец (Mn) и медь (Cu), которые играют важную роль в физиологических процессах растений. Нехватка этих элементов может значительно снижать как урожайность, так и качество продукции [3; 5].

Микроэлементы, которые выносятся с урожаем, практически не восстанавливаются в почве, поэтому восполнить их можно только внесением минеральных и органических удобрений. В связи с тем, что в течение более чем 20 лет уровень применения удобрений был крайне низким, обеспеченность почв пашни микроэлементами почти на всей территории РФ существенно снизилась [1].

Использование хелатных форм микроудобрений стало популярным методом для улучшения доступности этих важных элементов для растений. Хелаты обеспечивают стабильность и растворимость металлов в почве, что способствует их лучшему усвоению корневыми системами растений. Особенно это актуально для лугово-черноземных почв, которые характерны для многих сельскохозяйственных регионов.

*Материалы и методы.* Исследования проводились на опытном поле Омского ГАУ в условиях вегетационных опытов 2024 г., заложенных на лугово-чернозёмной малогумусовой маломощной среднесуглинистой почве. В опытах с мятой перечной (*Mentha piperita*) в качестве фона использовали азотно-фосфорные удобрения в расчёте  $N_{90}P_{60}$ . Дозы цинковых и марганцевых удобрений были рассчитаны с учетом агрохимической характеристики почв до посадки (см табл.1) и ПДК (ПДК<sub>Zn</sub> = 23 мг/кг; ПДК<sub>Mn</sub> = 140 мг/кг) и составили, соответственно 13,3; 26,6; 39,9 и 53,2 кг д. в./га и 36, 72, 108, 144 кг д. в./га.

Предшественником мяты перечной в опыте был чистый пар. Схема полевого опыта включала 10 вариантов в четырехкратной повторности (см табл. 2). Общая и учётная площадь делянки составляла 1 м<sup>2</sup>.

Таблица 1

*Агрохимическая характеристика почвы (слой 0 – 20 см)*

pH	Массовая доля органического вещества, %	N-NO <sub>3</sub>	Подвижные соединения фосфора	Обменный калий мг/кг	Массовая доля подвижных соединений Zn мг/кг	Массовая доля подвижных соединений Mn мг/кг	Массовая доля подвижных соединений Cu мг/кг
7,5	3,4	10,1	146	Более 400	0,9	80	0,10

Погодные условия в период проведения исследования были близки к среднемноголетним значениям. Месяц май отличался низкой температурой воздуха. В июле наблюдалось превышение количества осадков в 2,5 раза по сравнению с среднемноголетними показателями.

В своих исследованиях вносили минеральные удобрения: аммонийную селитру – 34,5%; двойной суперфосфат – 46%; хелат Mn – 13%; хелат Zn – 15%. Основное внесение удобрений производили весной с последующей их заделкой.

*Результаты и обсуждение.* Результаты показали, как внесение различных доз микроэлементов цинка (Zn) и марганца (Mn) влияет на содержание их подвижных форм и меди (Cu) в почве (см. табл.2).

Таблица 2

*Содержание подвижных форм цинка и марганца, меди в почве  
после внесения микроэлементов*

Вариант опыта	Содержание, мг/кг		
	Zn	Mn	Cu
1. Без удобрений (контроль)	0,7	23	0,1
2. Фон	0,8	25	0,1
3. Фон+ 0,25 ПДК Zn (13,3 кг д. в./га)	0,95	26	0,1
4. Фон+ 0,50 ПДК Zn (26,6 кг д. в./га)	1,0	25	0,1
5. Фон+ 0,75 ПДК Zn (39,9 кг д. в./га)	1,1	24	0,2
6. Фон+ 1,0 ПДК Zn (53,2 кг д. в./га)	1,3	26	0,2
7. Фон+0,25 ПДК Mn (36 кг д. в./га)	0,70	27	0,1
8. Фон+ 0,50 ПДК Mn (72 кг д. в./га)	0,60	28	0,2
9. Фон+ 0,75 ПДК Mn (108 кг д. в./га)	0,65	32	0,1
10. Фон+ 1,0 ПДК Mn (144 кг д. в./га)	0,58	33	0,1

В контрольных и фоновых вариантах содержание подвижного цинка составляет 0,7–0,8 мг/кг.

При внесении цинка в дозах, приближающихся к ПДК (от 13,3 до 53,2 кг д. в./га), наблюдается постепенное увеличение содержания цинка в почве (от 0,8 до 1,3 мг/кг). Это свидетельствует о высокой эффективности внесения цинка в повышении его подвижных форм.

Влияние на марганец при внесении цинка минимально: уровень Mn остается в диапазоне 24–26 мг/кг, что указывает на слабое или отсутствующее негативное влияние цинка на марганец.

Медь (Cu) практически не изменяется (остается на уровне 0,1 мг/кг), что говорит о минимальном взаимодействии между цинком и медью в данных условиях.

Варианты с внесением марганца в дозах, приближающихся к ПДК (от 36 до 144 кг д. в./га), вызывают увеличение содержания Mn в почве (от 25 до 33 мг/кг).

В то же время наблюдается снижение уровня цинка (от 0,8 до 0,58–0,65 мг/кг), что может свидетельствовать о конкуренции между Mn и Zn за поглощение или подвижность в почве.

Уровень меди остается стабильным (0,1 мг/кг), что указывает на слабое взаимодействие между марганцем и медью.

*Вывод.* Внесение цинка и марганца в дозах, приближающихся к ПДК, способствует увеличению их подвижных форм без существенного влияния друг на друга или на медь.

Взаимодействие между этими микроэлементами в почве в исследованных условиях проявляется слабо, что говорит о возможности их совместного применения без значительного снижения эффективности или риска токсичности.

### ***Список литературы***

1. Микроудобрения на хелатной основе: опыт и перспективы использования / Е.Ю. Гейгер, Л.Д. Варламова, В.В. Семенов // Агрономический вестник. – 2017. – №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/mikroudobreniya-na-helatnoy-osnove-optyut-i-perspektivy-ispolzovaniya> (дата обращения: 21.03.2025). EDN YKJTAZ

2. Осипов А.И. Эффективность применения хелатных микроудобрений / А.И. Осипов, Е.С. Шкрабак // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ (Ставрополь, 04–05 октября 2018 г.). – Ставрополь: Секвойя, 2018. – С. 97–100. EDN YLYOJF

3. Применение макро- и микроудобрений при возделывании зерновых культур в Омской области: рекомендации производству / И.А. Бобренко, Н.В. Гоман, В.П. Кормин [и др.]. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2021.

4. Регидин А.А. Перспективы применения хелатных микроудобрений / А.А. Регидин, Л.Г. Стрельцова // Научные и технологические подходы в развитии аграрной науки: материалы III Международной научно-практической конференции молодых учёных (Соленое Займище, 13–15 мая 2014 г.). – Соленое Займище: Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 2014. – С. 117–120. EDN VKOKQX

5. Шафронов О.Д. Эффективность применения микроудобрений в Нижегородской области / О.Д. Шафронов, Н.П. Егоров, Р.С. Куликов // Агрохимический вестник. – 2009. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-mikroudobreniy-v-nizhegorodskoy-oblasti> (дата обращения: 21.03.2025). – EDN LLZYLR