

Ильченко Я.И., Бирюкова О.А., Ерин В.А. Влияние минеральных удобрений на содержание микроэлементов в агрочерноземе при использовании технологии No-till

.....
**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**
=====

УДК 631.4

Влияние минеральных удобрений на содержание микроэлементов в агрочерноземе при использовании технологии No-till

Ильченко Я.И., Бирюкова О.А., Ерин В.А.

Южный Федеральный Университет

Аннотация

В статье приведены результаты исследований по изучению влияния минеральных удобрений на содержание Zn, Cu в почве и растениях озимой пшеницы при использовании технологии No-till. В полевом опыте вносили аммофос (N12P52) и калимагнезию (K32Mg12S20) при посеве на фоне двух подкормок аммиачной селитрой (N34) - N30 в фазу кущения, N70 - в фазу выхода в трубку. Установлено низкое содержание подвижных соединений Zn и Cu в агрочерноземе южной зоны Ростовской области. Внесение аммиачной селитры, аммофоса, калимагнезии не пополняет запасы биомикроэлементов в почве. Баланс Zn и Cu по всем вариантам опыта был отрицательный: Zn - 115–154 г/га; Cu – 39,0–56,0 г/га. Полученные результаты свидетельствуют о нарушении круговорота микроэлементов в агроценозах озимой пшеницы и доказывают необходимость применения микроудобрений для получения стабильных урожаев зерна с хорошим качеством.

Ключевые слова: АГРОЧЕРНОЗЕМ, ЦИНК, МЕДЬ, ОЗИМАЯ ПШЕНИЦА, УДОБРЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ NO-TILL

Введение

Функционирование агроценозов основано на систематическом отчуждении больших количеств биогенных элементов, в том числе и микроэлементов. Поэтому одним из условий сохранения плодородия почвы является регулярное применение минеральных и органических удобрений, которые компенсируют вынос питательных веществ. Удобрения создают оптимальный режим питания растений по макро- и микроэлементам, направленно регулируют основные свойства почв, непосредственно определяющие их

Ильченко Я.И., Бирюкова О.А., Ерин В.А. Влияние минеральных удобрений на содержание микроэлементов в агрочерноземе при использовании технологии No-till

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур. Несоответствие норм внесения различных видов удобрений с реальной потребностью возделываемых культур отрицательно сказывается на их эффективности. Источниками микроэлементов для растений могут быть не только микроудобрения, но и макроудобрения [1, 2]. При внедрении ресурсосберегающих агротехнологий требования к содержанию микронутриентов в почвах увеличиваются. Это связано с более высоким их выносом урожаями сельскохозяйственных культур, связанным с интенсификацией производства.

Цель исследования – изучение влияния минеральных удобрений на содержание меди и цинка в агрочерноземе при выращивании озимой пшеницы по ресурсосберегающей технологии No-till.

Объекты и методы

Исследования проведены в условиях полевого опыта [3]. Опыты были заложены в ЗАО им. Кирова Песчанокопского района Ростовской области (рис. 1).

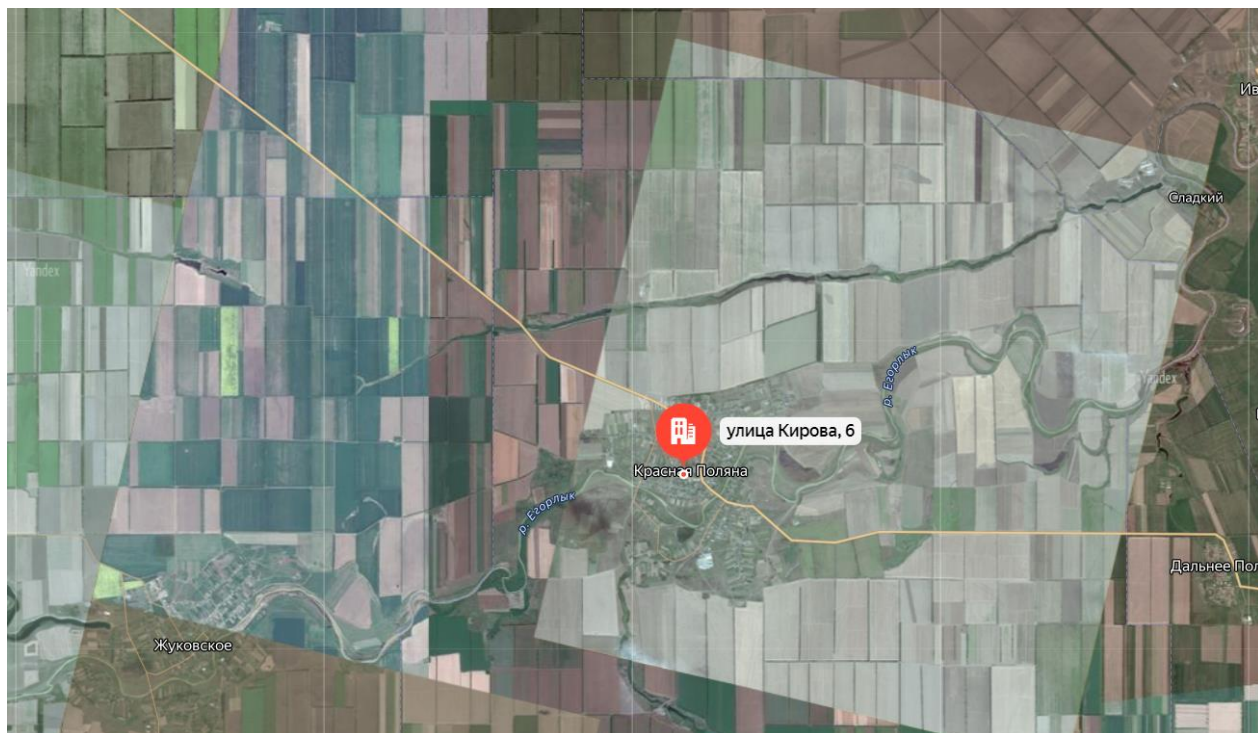


Рис. 1. Район проведения исследований (<https://yandex.ru/maps/-/CDDI7ENB>)

Преобладающими почвами ЗАО им. С. М. Кирова являются агрочерноземы миграционно сегрегационные [4] по классификации ФАО и WRB – Naplic Chernozem [5].

Изучаемая почва характеризуется следующими физико-химическими показателями: содержание гумуса – 4,3 %, общего азота – 0,21 %, валовых форм фосфора и калия – 0,19 и 2,5 % соответственно; сумма обменных катионов ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) составляет 34,0 мг-экв/100 г почвы; содержание CaCO_3 – с поверхности 1,8 %, увеличиваясь до 12,2 % – в горизонте Bca; количество физической глины – 55,8 %, ила – 32,0 %; pH в верхней части профиля около 7,9 – 8,0, в нижней – 8,3 [6].

Опытная культура – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.), сорт - «Гром». Включён в Госреестр по Северо-Кавказскому и Нижневолжскому регионам. Средняя урожайность в Северо-Кавказском регионе - 53,7 ц/га. Масса 1000 зёрен - 33–48 г. Среднеспелый. Вегетационный период - 223–278 дней. Зимостойкость на уровне сортов Дон 95, Зерноградка 10. Высота растений 64–89 см. Устойчив к полеганию. Засухоустойчивость на уровне или несколько выше стандартов Батько, Зерноградка 10, Краснодарская 99, Дон 93. Хлебопекарные качества хорошие. Ценная пшеница. Умеренно устойчив к бурой ржавчине. Восприимчив к твёрдой головне. Высокоустойчив к мучнистой росе и жёлтой ржавчине; умеренно устойчив к септориозу. Умеренно восприимчив к фузариозу колоса; восприимчив к стеблевой ржавчине [7].

Схема опыта: 1) Контроль; 2) N12P52 при посеве + N30 в фазу кущения + N70 в фазу выхода в трубку; 3) K32Mg12S20 при посеве + N30 в фазу кущения + N70 в фазу выхода в трубку; 4) N12P52 + K32Mg12S20 при посеве + N30 в фазу кущения + N70 в фазу выхода в трубку; 5) N12P52 + K32Mg12S20 при посеве на глубину 10 см + N30 в фазу кущения + N70 в фазу выхода в трубку. На контрольном варианте удобрения не применяли (б/у). В качестве удобрений использовали аммофос (N12P52), калимагнезию (K32Mg12S20), аммиачную селитру (N34). Предшественник – лён (*Linum*L.). Повторность опыта – четырёхкратная. Площадь делянки – 110 м².

Для посева озимой пшеницы использовали трактор МТЗ 1523 + сеялку SemeatoTDNG 420 производства Бразилии. Норма высева семян – 5 млн. штук всхожих семян на 1 га, глубина заделки – 4 см. Учёт урожайности проводили комбайном ACROS 585 по достижении полной спелости зерна озимой пшеницы.

Отбор почвенных образцов проводили до посева и в фазу выхода в трубку по слоям: 0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 см. Общее содержание Cu и Zn определено с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (спектроскан МАКС-GV). Для определения подвижных Zn, Cu использовали ацетатно-аммонийный буферный раствор (pH 4,8) с

применением атомно – абсорбционной спектрометрии (отношение почвы к раствору 1:10) [8]. Анализы растительных образцов (солома и зерно) выполнены в лаборатории «Агроанализ-Дон».

Математическая обработка экспериментальных данных проведена с использованием программы STATISTICA 13.3 с 5 % уровнем значимости ($P < 0.05$).

Результаты и обсуждение

Особого внимания из большого числа микроэлементов заслуживает цинк. По данным A. Ram et al. [9] 50,0 % почв мира, используемых для производства зерна, характеризуются низким содержанием Zn, доступного для растений. Часть Zn (от 30 до 60%) может быть связана с органическим веществом или адсорбирована на минеральных коллоидах, т. е. быть недоступной для растений [10].

Согласно полученным данным содержание подвижных соединений цинка в почве по всем вариантам опыта низкое (рис. 2), что характерно для данного региона и объясняется связыванием биомикроэлемента кальцием в нерастворимые соли. Кроме того, цинк фиксируется поглощающим комплексом почвы и закрепляется в форме органических комплексных соединений [2]. В исследуемом регионе выявлена прямая средняя зависимость валового содержания цинка ($r = 0,51$ при $p < 0,05$) от содержания гумуса [11]. Низкая обеспеченность почв доступным для растений цинком оказывает негативное влияние на многие физиолого-биохимические процессы: нарушается синтез белка и углеводный обмен, задерживается образование сахарозы, крахмала и хлорофилла, увеличивается накопление органических кислот, снижается содержание ауксина. При цинковом голодании замедляется превращение минеральных фосфатов в органические формы. На зерновых культурах зрелые листья имеют неравномерные коричневые пятна с тёмно-коричневыми границами [12]. Визуальная оценка состояния растений озимой пшеницы в полевом опыте не обнаружила признаков цинкового голодания.

Внесение аммофоса в почву на глубину посева озимой пшеницы (варианты 2, 4) существенно уменьшает подвижность цинка в слоях 0–5 и 5–10 см, вероятно, за счёт образования труднорастворимых соединений с фосфатами удобрения. Нами установлена значительная неоднородность в распределении подвижного цинка по исследуемым слоям почвы.

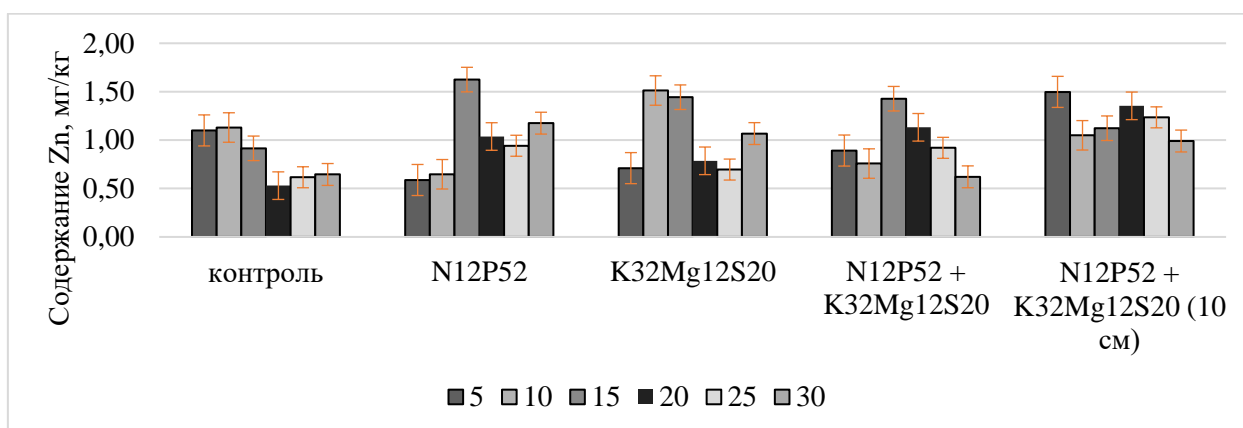


Рис. 2. Содержание подвижных соединений цинка по слоям почвы (0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 см) в фазу выхода в трубку, мг/кг (среднее за 2016–2018 гг.)

Коэффициент вариации высокий - на контрольном варианте составляет 56 %, при применении аммофоса и калимагнезии достигает 71 % и 73 % соответственно. Совместное внесение указанных удобрений снижает варьирование содержания подвижных соединений цинка по профилю почвы до 27 %.

Содержание подвижной меди в почве, как и цинка, по всем вариантам опыта низкое (рис. 3). Полученные результаты подтверждаются данными агрохимического мониторинга области [13]. Недостаток меди у зерновых культур вызывает задержку их роста, хлороз, потерю тургора и увядание, замедление колошения. При остром дефиците меди происходит побеление кончиков листьев и колосья совсем не образуются («белая чума») [14, 15]. Несмотря на низкую обеспеченность растений медью, внешних признаков дефицита этого биомикроэлемента в полевом опыте не выявлено.

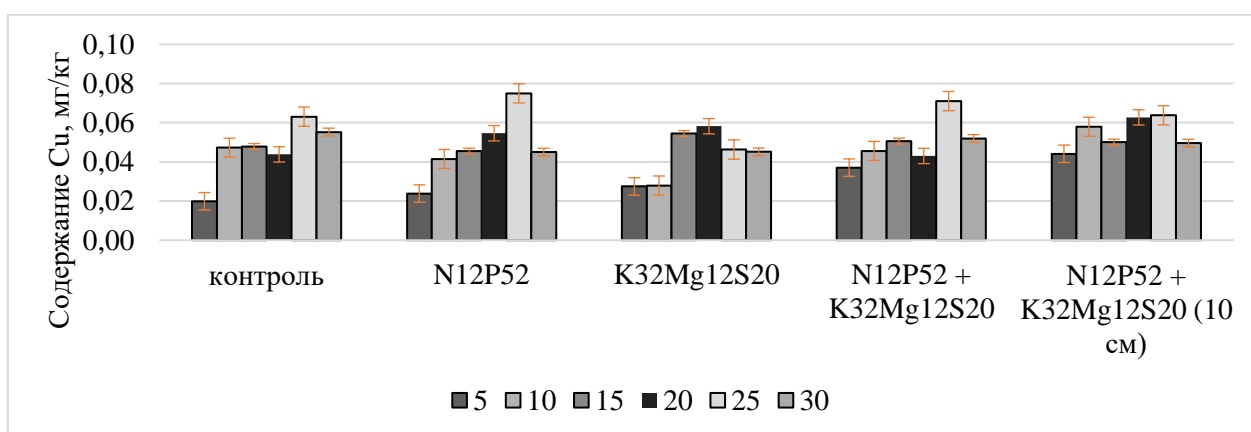


Рис. 3. Содержание подвижных соединений меди по слоям почвы (0–5, 5–10, 10–15, 15–20, 20–25, 25–30 см) в фазу выхода в трубку, мг/кг (среднее за 2016–2018 гг.)

Минимальное содержание подвижной меди обнаружено в слое 0–5 см. Вниз по профилю количество этого биомикроэлемента увеличивается. Низкое содержание подвижной меди в верхних слоях почвы, возможно, связано с повышением в почве органического вещества, что ранее установлено в исследованиях А. М. Медведевой с соавторами [16].

В результате исследования установлено высокое варьирование подвижных форм меди по слоям почвы. На контрольном варианте коэффициент вариации составляет 38,0%. Внесение аммофоса и калимагнезии на глубину посева культуры, как отдельно, так и совместно, усиливают изменчивость подвижной меди по слоям почвы ($V=42,0-46,0$ %). Однако внесение аммофоса с калимагнезией на глубину 10 см уменьшает изменчивость содержания подвижной меди по слоям почвы. Коэффициент вариации в этом варианте снижается до 15,0%.

По данным рис. 4 в среднем за 3 года полевых исследований на естественном фоне урожайность зерна озимой пшеницы составила 60,3 ц/га. Применение азотно-фосфорных (N12P52) и азотных (N30+N70) удобрений повышает уровень урожайности до 67,8 ц/га. Прирост урожайности в этом варианте по отношению к контролю был минимальный – 7,5 ц/га (12,0 %). Припосевное внесение калимагнезии (K32Mg12S20) с двумя подкормками аммиачной селитры в фазу кущения (N30) и в фазу выхода в трубку (N70) увеличивает урожайность культуры до 71,2 ц/га. Прибавка урожайности к контролю составила 10,9 ц/га или 18,0 %. Применение аммофоса (N12P52) совместно с калимагнезией (K32Mg12S20) на глубину посева с подкормками аммиачной селитрой (N30+N70) позволило получить 74,8 ц/га. Разница с контролем – 14,5 ц/га (24,0 %). Выявлено, что глубина внесения удобрений оказывает существенное влияние на их эффективность. Наиболее высокий положительный результат получен при использовании тех же удобрений, что и в предыдущем варианте, но при внесении их на глубину 10 см – 83,8 ц/га. Прибавка урожайности озимой пшеницы к контролю составила 23,5 ц/га или 39,0 %.

За период исследования урожайность озимой пшеницы положительно коррелировала с содержанием микроэлементов в почве (рис. 5). Полученные данные свидетельствуют, что низкая обеспеченность агрочернозема Cu и Zn является лимитирующим фактором повышения урожая зерна озимой пшеницы.

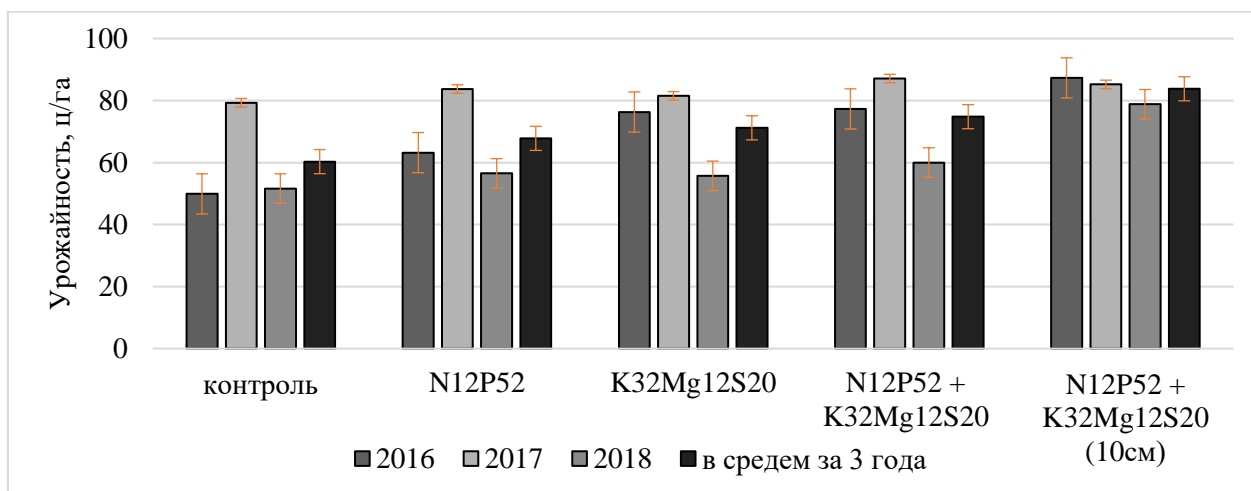


Рис. 4. Урожайность озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений в системе No-till, ц/га

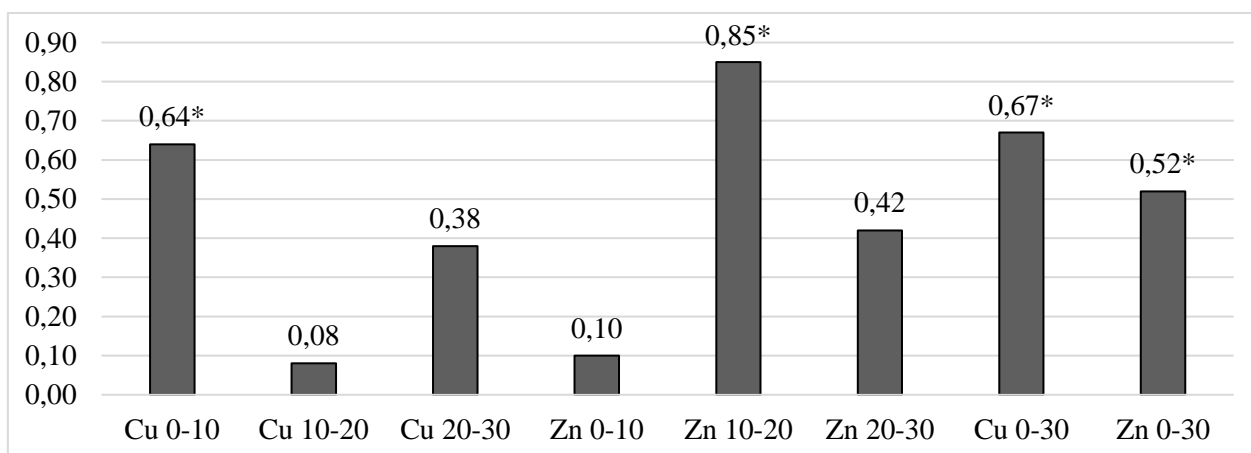


Рис. 5. Зависимость урожайности озимой пшеницы от содержания подвижных Cu и Zn в почве в фазу выхода в трубку (* – значимые корреляции при $p < 0,05$)

В среднем за годы исследования содержание белка в зерне озимой пшеницы на контрольном варианте составляло 12,4 % (рис. 6). Допосевное применение аммофоса с двумя подкормками аммиачной селитры увеличивает содержание белка до 13,0 %, что на 4,0% больше по отношению к контролю. Внесение калимагнезии с аммиачной селитрой также повышает содержание белка на 4,0 % по сравнению с контролем. Содержание белка в зерне при совместном применении аммофоса и калимагнезии практически такое же, как и при внесении одного аммофоса. Максимальное содержание белка (13,4%) установлено в варианте N12P52+K32Mg12S20 (на глубину 10 см) + N30 в фазу кущения + N70 в фазу выхода в трубку. При этом увеличение содержания белка составило 8,0 % по отношению

к контролю. Накопление белка в зерне озимой пшеницы положительно коррелировало с содержанием подвижных соединений Cu и Zn в почве в фазу выхода в трубку (рис. 7).

Полученное в опыте зерно соответствует 3 классу. Для улучшения качества зерна озимой пшеницы на карбонатных почвах необходима оптимизация минерального питания культуры не только макро-, но и микроэлементами.

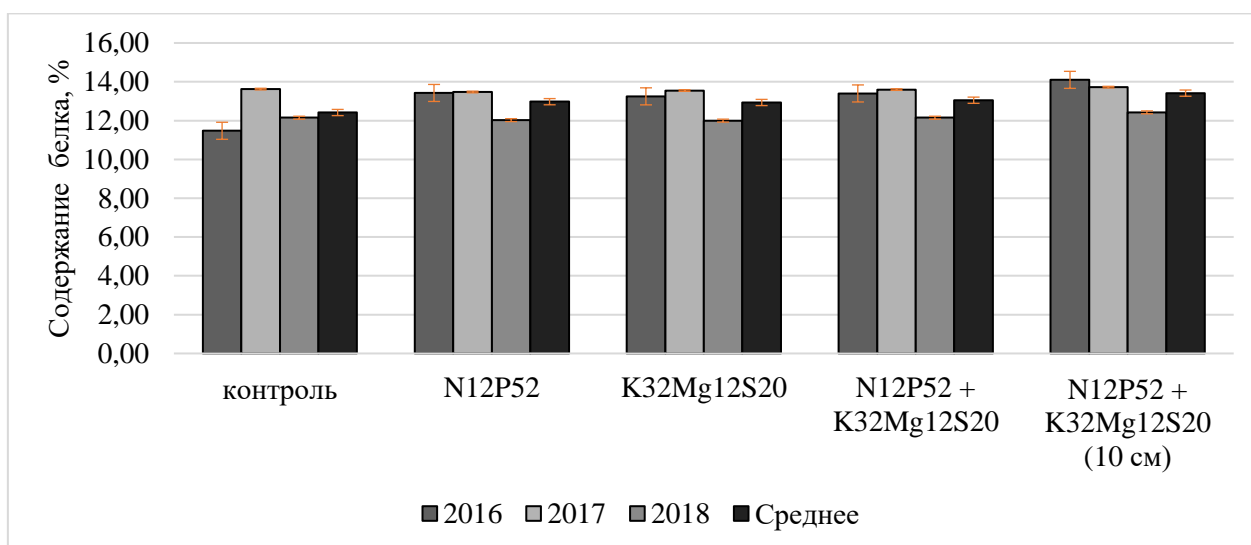


Рис. 6. Содержание белка в зерне озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений в системе No-till, %

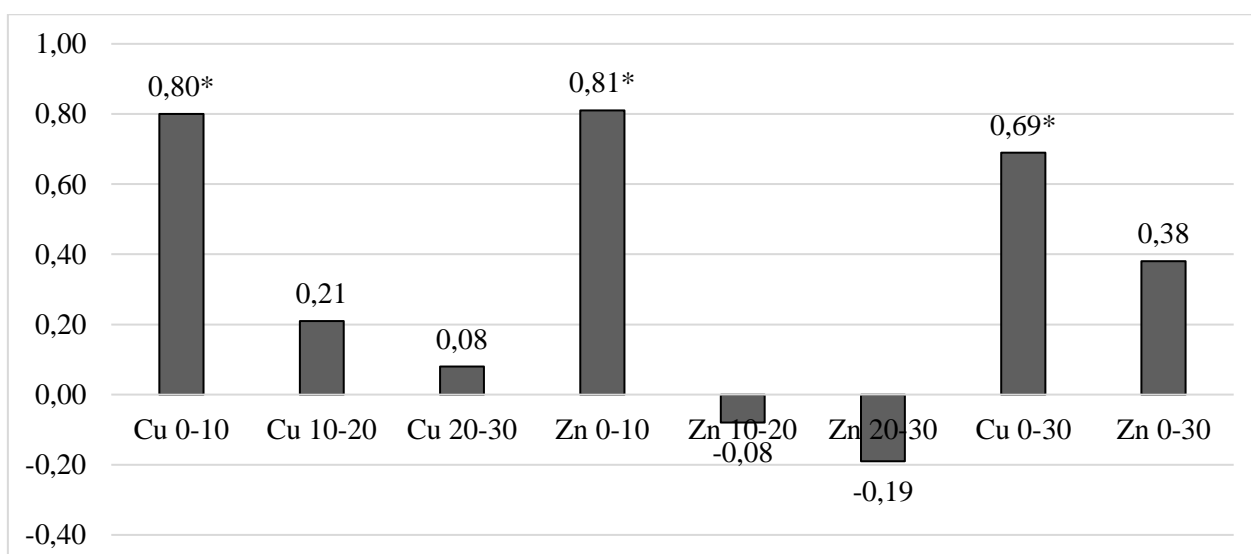
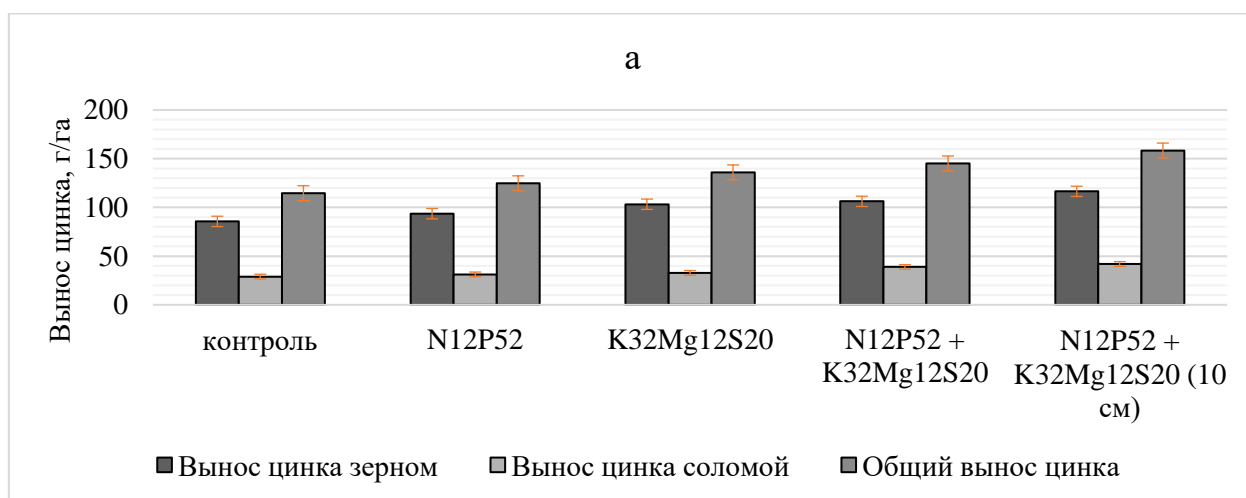


Рис. 7. Зависимость содержания белка в зерне озимой пшеницы от количества подвижных Cu и Zn в почве в фазу выхода в трубку (* – значимые корреляции при $p < 0,05$)

Указанная проблема актуальна для многих регионов России. Среди причин низкой обеспеченности пахотных почв подвижными соединениями меди и цинка исследователи выделяют их отрицательный баланс в агроценозах, вызванный недостаточным уровнем использования минеральных и органических удобрений на протяжении последних 25 лет [17-19]. Кроме того, в последнее время сельскохозяйственные предприятия используют высококонцентрированные безбалластные минеральные удобрения, увеличивая дефицит мезо- и микроэлементов в почве [12].

Результаты исследования показали, что содержание Zn как в зерне, так и в соломе озимой пшеницы по вариантам опыта существенно не изменялось. Оно варьировало в пределах от 13,8 до 14,5 мг/кг в зерне, в соломе - 4,6–5,2 мг/кг. Разница в выносе этого микроэлемента при внесении удобрений обусловлена увеличением урожайности. Максимальный вынос Zn установлен при совместном внесении аммофоса с калимагнезией на глубину 10 см на фоне двух подкормок аммиачной селитрой - 158,0 г/га против 115,0 г/га - на контроле (рис. 8а).

Содержание Cu в растениях озимой пшеницы меньше, чем Zn. Её уровень в зерне находился в пределах 3,8–4,2 мг/кг, в соломе – 2,0–2,8 мг/кг. Применение удобрений не оказало существенного влияния на накопление Cu в растениях озимой пшеницы. Вынос Cu, как и Zn, обусловлен повышением урожайности озимой пшеницы по вариантам опыта (рис. 8б).



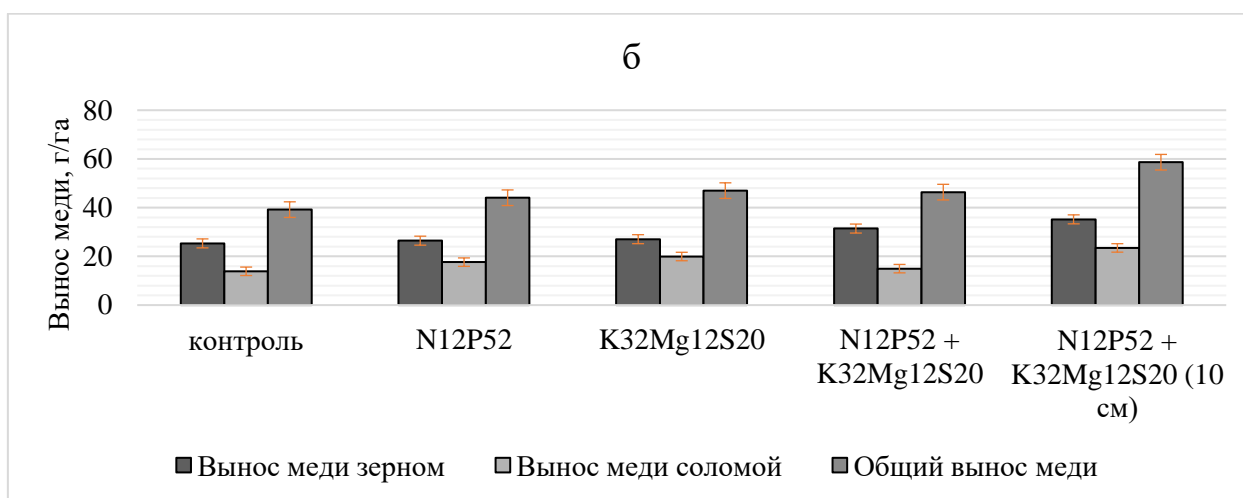


Рис. 8. Вынос цинка (а) и меди (б) растениями озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений в системе No-till, г/га

Полученные данные свидетельствуют, что расход Zn и Cu на формирование урожая превосходит их поступление с изучаемыми удобрениями. Баланс этих элементов отрицательный по всем вариантам опыта. На контроле недостаток Zn и Cu составляет 115,0 и 39,0 г/га соответственно. Максимальный дефицит микроэлементов получен на варианте с наибольшей продуктивностью озимой пшеницы – 154,0 и 56,0 г/га соответственно для Zn и Cu.

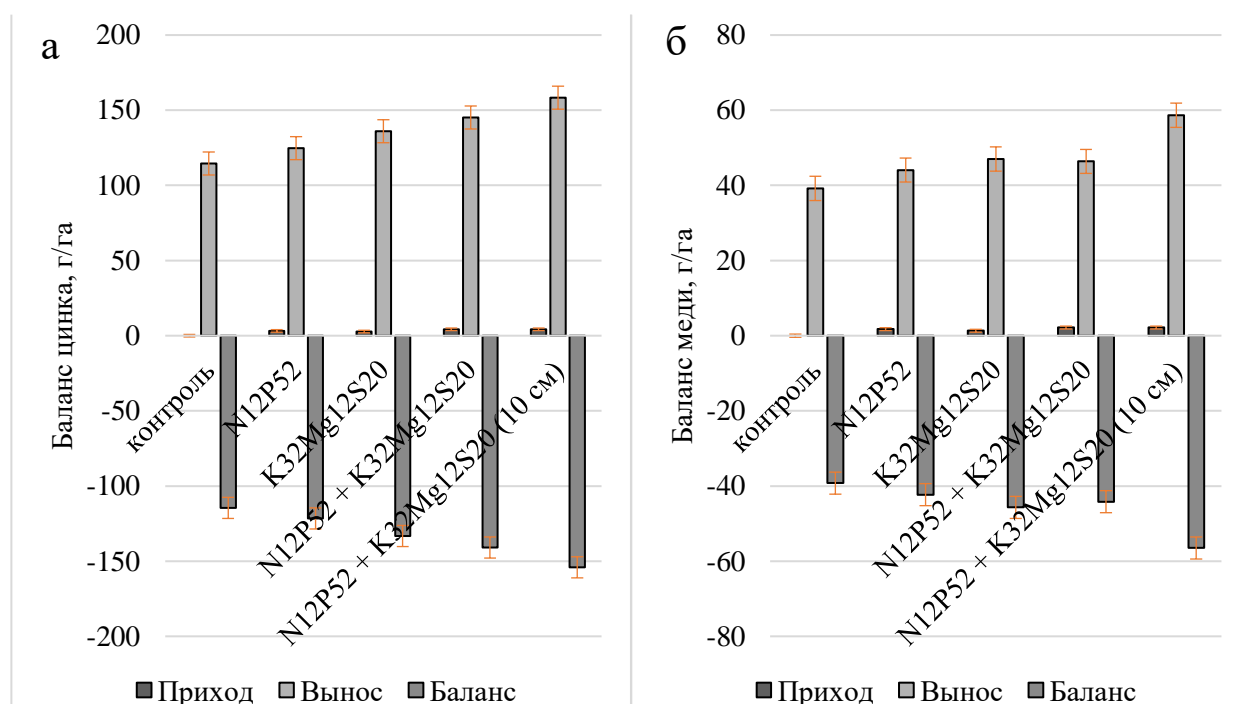


Рис. 9. Баланс цинка (а) и меди (б) в агроценозах озимой пшеницы при использовании технологии No-till, г/га

Следует помнить, что среди множества факторов, влияющих на рост и развитие растений, минеральное питание наиболее доступно для регулирования. При низкой обеспеченности почв биомикроэлементами внесение микроудобрений может повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 12,0 % и более [18].

Заключение

Агрочерноземы южной природно-климатической зоны Ростовской области характеризуются низкой степенью обеспеченности подвижными Zn и Cu, что является региональной особенностью данных почв. Низкий уровень содержания подвижных соединений этих биомикроэлементов в почве обусловлен также интенсивным выносом их растениями озимой пшеницы при отсутствии сбалансированной компенсации микроудобрениями.

Внесение аммиачной селитры (N100), аммофоса (N12P52), калимагнезии (K32Mg12S20) не пополняют почвенные запасы Zn и Cu, что свидетельствует о необходимости применения микроудобрений при выращивании озимой пшеницы на карбонатных почвах по технологии No-till.

Финансирование

Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета ("Приоритет 2030").

Список использованных источников:

1. Аристархов А. Н. Оптимизация полиэлементного состава в агроэкосистемах России. Эколого-агрохимическая оценка состояния дефицита, резервов, способов и средств его устранения – М.: ВНИИА, 2019. – 832 с.
2. Минеев В. Г. Агрохимия: учебное пособие – М.: ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, 2017. – 854 с.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) – М.: Колос, 1985. – 416 с.
4. Классификация и диагностика почв России. Шишов Л. Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И. И., Герасимова М. И. - Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014,

Update 2015. International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

6. Ильченко Я. И., Бирюкова О. А. Влияние минеральных удобрений на плодородие чернозема обыкновенного при возделывании озимой пшеницы по технологии No-till: монография / Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2023. – 114 с.

7. Гром. Государственная комиссия РФ по испытанию и охране селекционных достижений (ФГБУ «ГОССОРТКОМИССИЯ») [Электрон. ресурс]. – URL:<https://gossortrf.ru/> (дата обращения: 13.09.2024).

8. Минеев В. Г. Практикум по агрохимии – М: МГУ, 2001.– 689 с.

9. Ram H. & Rashid A. & Zhang W. & Duarte A. & Phattarakul N. & Simunji S. & Kalayci M. & Freitas R. & Rerkasem B. & Bal R. & Mahmood K. & Savasli E. & Lungu O. & Wang Z. & Barros V. & Malik S. & Zafer R. & Guo J. & Sohu V. & Cakmak I. Biofortification of wheat, rice, and common bean by applying foliar zinc fertilizer along with pesticides in seven countries. Plant and Soil. – 2016. – P. 2–13.

10. Alonso F. P. Agronomic implications of the supply of lime and gypsum by-products to palexerults from Western Spain // Soil Science. – 2006. –171(1) – P. 65-81.

11. Medvedeva A. The effect of resource-saving tillage technologies on the mobility, distribution, and migration of trace elements in soil [Электрон. ресурс] // Environ Geochem Health. – 2022. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10653-021-01193-6> (дата обращения 16.09.2024).

12. Шеуджен, А. Х., Агробиогеохимия – Майкоп: ООО «Полиграф ЮГ», 2018. – 308 с.

13. Экологический вестник Дона / Министерство природных ресурсов и экологии Ростовской области, 2021. – 376 с.

14. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур [Текст]: справочник / В. В. Церлинг. – Агропромиздат, 1990. –234 с.

15. Ермохин Ю. И., Взаимосвязи в питании растений: монография – Омск: Изд-во ФГБОУ ВПО ОмГАУ, 2015. – 200 с.

16. Медведева А. М. Содержание и запас гумуса в черноземе обыкновенном при использовании различных систем основной обработки // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 1. – С. 29–34.

17. Лукин С. В. Микроэлементы в почвах ЦЧО // Земледелие, 2015. – № 5. – С. 26–28.

18. Агафонов Е. В. Микроэлементы- ТМ в исследованиях кафедры агрохимии ДонГАУ – Изд-во ООО «ПК ЭСМА-ПРИНТ», р. п. Каменоломни, 2012. – 262 с.

19. Вильдфлуш И. Р. Агрохимия. Удобрения и их применение в современном земледелии – Горки: БГСХА, 2019. – 405 с.

Ильченко Я.И., Бирюкова О.А., Ерин В.А. Влияние минеральных удобрений на содержание микроэлементов в агрочерноземе при использовании технологии No-till

.....
Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
=====

Цитирование:

Анищенко В.А., Воробьева Л.А., Смольский Е.В. Урожайность люпина узколистного и качество продукции на загрязнённых радионуклидами дерново-подзолистых песчаных почвах [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/5/st_510.pdf DOI: <https://doi.org/10.51419/202145510>.