

использовании техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБНУ ВНИИТиН. – Тамбов, 2025. – С. 167-171.

13. Милюткин, В. А. Преимущества усовершенствованной конструкционной схемы голландского ликвилайзера на модуле мульти-инжектора «Туман» ООО «Пегас-Агро» (Самара-Россия) по эксплуатационно-технологическим показателям / В. А. Милюткин // В сборнике: Новые технологии при использовании техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве. Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию ФГБНУ ВНИИТиН. – Тамбов, 2025. – С. 171-175.

14. Милюткин, В. А. Полнокомплектный агрохимический модульный комплекс «Туман» в полеводстве: обработка посевов пестицидами и внесение удобрений (твердые, жидкие) / В. А. Милюткин // В сборнике: Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции. – Курск, 2025. – С. 442-447.

УДК 631.416.9:633.11 «323»

МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В СКЛОНОВЫХ ПОЧВАХ ЦЧР И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ С УРОЖАЙНОСТЬЮ ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Митрохина О. А.

ФГБНУ «Курский федеральный аграрный научный центр»

г. Курск, Российская Федерация

Аннотация. Исследования проводились с целью анализа содержания подвижных форм микроэлементов (цинк, медь, марганец) в пахотных почвах ЦЧР и их влияние на урожай сельскохозяйственных культур. Работа выполнялась на базе лаборатории агрохимии и агроэкологического мониторинга Курского ФАНЦ в многофакторном полевом опыте (МФПО) (Медвенский район, Курская область) на черноземах типичных тяжелосуглинистых, расположенных на различных элементах рельефа.

За период исследований (1985-2000 гг.) в склоновых почвах опытных полей Курского ФАНЦ наблюдалось снижение содержания изучаемых микроэлементов в зависимости от экспозиции склонов и применяемых удобрений. Интенсивность снижения меди в расчете на один год составила 0,15 мг/кг, цинка 0,03 мг/кг, марганца 1,34 мг/кг. Исследования по вопросу влияния микроэлементного состава почв на урожайность сельскохозяйственных культур установлено, что микроэлементы оказывают существенное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Summary. The research was conducted to analyze the content of mobile forms of trace elements (zinc, copper, manganese) in the arable soils of the Central Asian Republic and their effect on crop yields. The work was carried out on the basis of the laboratory of agrochemistry and agroecological monitoring of the Federal Agricultural Kursk Research Center in a multifactorial field experiment (MFPO) (Medvensky district, Kursk region) on typical heavy loamy chernozems located on various relief elements. During the research period (1985-2000), a decrease in the content of the studied

trace elements was observed in the slope soils of the experimental fields of the Federal Agricultural Kursk Research Center, depending on the exposure of the slopes and the fertilizers used. The reduction rate of copper per year was 0.15 mg/kg, zinc 0.03 mg/kg, and manganese 1.34 mg/kg. Studies on the effect of the trace element composition of soils on crop yields have shown that trace elements have a significant impact on crop yields.

Ключевые слова: склон, микроэлементы, содержание, ячмень, озимая пшеница.

Key words: slope, trace elements, content, barley, winter wheat.

На сегодняшний день сохранение и повышение плодородия пахотных почв является главной задачей современного земледелия. Элементы, участвующие в минеральном питании растений, классифицируются в зависимости от их содержания в почвах и растениях на макро и микроэлементы [1].

Азот, фосфор и калий относятся к макроэлементам, и их содержание составляет от сотых долей процента до нескольких десятков процентов. К микроэлементам относятся элементы, содержание которых не превышает тысячных долей процента: медь, цинк, марганец, бор, кобальт и др. [2].

Микроэлементам принадлежит важная роль в развитии и жизни живых организмов. Они являются своеобразными строителями растительных организмов, так как составляют определенную долю массы их сухого вещества [3].

Пахотные почвы большинства регионов России характеризуются низкой обеспеченностью основными микроэлементами (медь, цинк, марганец) [1].

По данным ряда исследователей, содержание подвижных форм микроэлементов в почвах Курской области является низким, а изучение их динамики указывает на то, что дефицит элементов в почвах увеличивается (в 2020 году содержание подвижной меди составило 0,10 мг/кг, цинка 0,70 мг/кг, содержание марганца – 8,0 мг/кг) [4-5].

Урожай сельскохозяйственных культур имеет огромное значение для обеспечения продовольственной безопасности, экономического благосостояния и выживания человечества. При этом его качество зависит от многих факторов: климата, плодородия почв, применения удобрений, технологий, но нельзя забывать о значении микроэлементов в этом вопросе. Кроме того, в настоящее время, вопрос недостатка в почвах определенных микроэлементов является недооцененным фактором, вопрос потребности растений в каждом элементе обуславливает необходимость дальнейшего изучения данного вопроса для оптимального ее удовлетворения.

Цель исследований – выявить особенности изменения содержания подвижных микроэлементов в почвах и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур.

Исследования проводили в 1984-2000 гг. на многофакторном поле-вом опыте ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (п. Панино, Медвенский район, Курская область).

В геоморфологическом отношении территория Медвенского рай-она, как правило, холмистая равнина с частыми балками и оврагами, с достаточно высоким уровнем колебания высот [10].

Объектом научно-теоретических исследований являются взаимо-связи между содержанием микроэлементов в изучаемых почвах и уро-жайностью сельскохозяйственных культур.

Работа проводилась в зернопропашном севообороте с чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – сахарная свекла – яровой яч-мень. Влияние минеральных удобрений исследовалось на двух уровнях: без удобрений; двойная доза – $N_{280}P_{300}K_{320}$ за ротацию севооборота. Ос-новная обработка – вспашка.

Исследовались чернозем типичный тяжелосуглинистый незэродиро-ванный (водораздельное плато), среднезэродированный (склон южной экспозиции) и слабозэродированный чернозем (склон северной экспози-ции).

В почвах опытных участков ФГБНУ «Курский ФАНЦ» за период с 1984-2000 гг. установлено снижение содержания подвижной меди (рису-нок 1а). Зафиксировано, что в начале освоения опыта (1984 г.) почвы имели высокую обеспеченность микроэлементом на всех элементах релье-фа независимо от применения минеральных удобрений. Содержание меди на варианте без удобрений (контроль) северного склона составляло 5,45 мг/кг почвы; на удобренном – 5,40 мг/кг; на водораздельном плато – контроль 5,54 мг/кг; на варианте с внесением минеральных удобрений – 5,50 мг/кг. На южном склоне содержание подвижной меди как на удоб-ренном, так и на контрольном варианте составило 5,20 мг/кг почвы.

В 2000 году уровень содержания меди на территории северного склона в контрольном варианте понизился и составил 3,96 мг/кг (сниже-ние на 30 %), на удобренном варианте – 3,14 мг/кг (42 %). На водораз-дельном плато содержание меди также уменьшалось. Снижение соста-вило на варианте без внесения удобрений 38 %, на удобренном варианте 47,3 % (рис. 1 а).

На контрольном варианте южного склона содержание подвижной меди снизилось на 40 %, на варианте с внесением удобрений – 44 %. Ин-тенсивность снижения меди в расчете на один год составила 0,15 мг/кг ($r=0,93$). Таким образом, почвы опыта по уровню обеспеченности меди остались в группе с высоким содержанием данного микроэлемента, но

более интенсивное снижение элемента происходило на вариантах с внесением минеральных удобрений. Использование удобрений улучшает корневое питание культур, что ведет к повышению урожайности и выносу из почвы значительной части микроэлементов.

Выявлено, что в почвах опытов содержание подвижного цинка также снижается (рисунок 1б). Изначально исследуемые почвы имели низкое содержание подвижного цинка. В почвах контрольного варианта северного склона оно составляло 0,75 мг/кг, на удобренном варианте 0,80 мг/кг по прошествии изучаемого периода оно уменьшилось до 0,36 мг/кг и 0,10 мг/кг соответственно. Следовательно, снижение микроэлемента на контрольном варианте составило 52 %, на удобренном варианте – 87 %.

Спустя 16 лет после начала ведения опыта на территории водораздельного плато уровень содержания подвижного цинка на контрольном и удобренном вариантах опыта имел тенденцию к снижению.

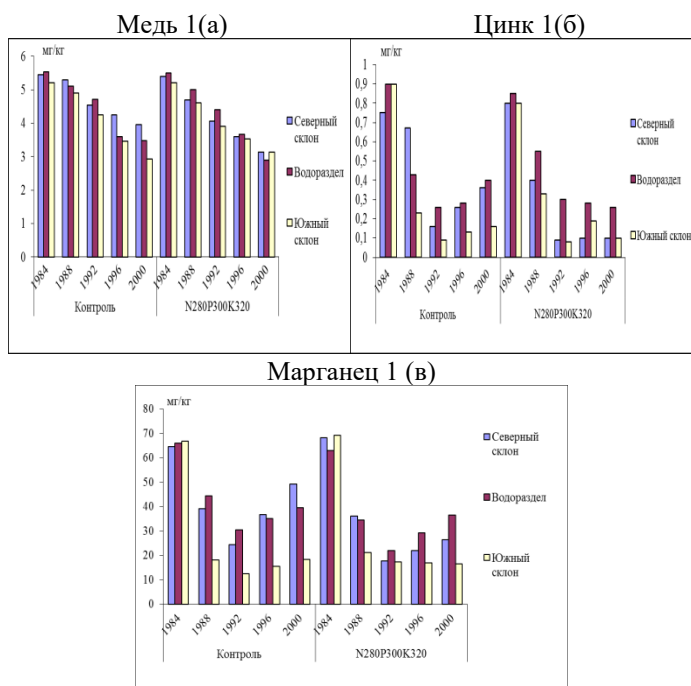


Рисунок 1 – Динамика содержания подвижных микроэлементов в зависимости от экспозиции склона и доз удобрений, мг/кг почвы

Исходное содержание подвижного цинка в варианте без внесения удобрений составляло 0,90 мг/кг. К 2000 году оно составило 0,40 мг/кг. Содержание подвижного цинка на удобренном варианте с 0,85 мг/кг понизилось через шестнадцать лет исследований до 0,26 мг/кг. Понижение на контроле составило 55 %, на удобренном варианте – 69 %. За изучаемый период времени исследованиями установлено, что в почвах склона южной экспозиции на контрольном варианте степень снижения подвижного цинка составила 82,2 %, на удобренном при систематическом внесении минеральных удобрений 87,5 %. Следовательно, увеличение доз применяемых удобрений повышает вынос микроэлементов растениями, а высокий уровень минерального питания способствует его увеличению в сравнении с вариантами без удобрений. Интенсивность снижения цинка в год составила 0,03 мг/кг ($r=-0,59$).

Установлено, что за изучаемый период в контрольном варианте (без удобрений) северного склона величина подвижного марганца (64,6 мг/кг) снизилась в сравнении с исходными данными на 24 % и составила 49,2 мг/кг. На варианте с применением минеральных удобрений содержание марганца снизилось с 68,3 мг/кг до 26,4 мг/кг; снижение составило 61 %. На территории водораздельного плато, на контрольном варианте снижение подвижного марганца составило 40 %, на удобренном – 43 %, в почвах южной экспозиции на контроле – 73 %, при удобрении – 76 % (рисунок 1в). Годовая интенсивность снижения марганца составила 1,34 мг/кг ($r=-0,45$).

Роль микроэлементов в получении высоких и полноценных урожаев сельскохозяйственных культур не менее значима, чем основных элементов минерального питания. Нами рассмотрено влияние микроэлементов на урожайность основных культур, возделываемых в ЦЧР.

Зависимость между содержанием микроэлементов в изучаемых почвах и урожайностью сельскохозяйственных растений выражена посредством построения и расчета уравнений регрессии.

$$У_{сах. свеклы} = 29,98 + 11,9 * Mn + 29,65 * Zn \quad R^2 = 74,49,$$

где Mn – содержание марганца в почве, мг/кг;

Zn – содержание цинка в почве, мг/кг;

У – урожайность культуры, т/га.

Следовательно, урожайность сахарной свеклы зависит от содержания в почве подвижных форм марганца и цинка. С увеличением содержания микроэлементов растет урожайность свеклы.

$$У_{ячменя} = -1,40 + 63,35 * Zn + 0,50 * Mn \quad R^2 = 82,23.$$

Полученные данные показывают, что преобладающее действие на уровень урожайности ячменя оказали содержание подвижных марганца и цинка в почве. Рост содержания этих микроэлементов в почве приводит к увеличению урожайности культуры.

$$У \text{ оз. пшеницы} = 43,84 - 0,22 * Mn + 36,92 * Zn \quad R^2 = 77,12.$$

Полученное регрессионное уравнение указывает на то, что повышение урожайности озимой пшеницы ведет к снижению содержания марганца в почве, вероятно, идет большой вынос данных элементов культурой.

В ходе проведенных исследований установлено содержание микроэлементов в почвах различных склонов снижается с разной интенсивностью. Склон южной экспозиции отличается наибольшим понижением содержания микроэлементов в сравнении с почвами северного склона и водораздельного плато.

В почвах склона южной экспозиции на контрольном варианте степень снижения подвижного цинка составила 82,2 %, на удобренном, при систематическом внесении минеральных удобрений – 87,5 %. Снижение содержания марганца в почвах южной экспозиции составило на контроле 73 %, на удобренном варианте удобренный 76 %. Понижение содержания меди составило на контрольном варианте 40 %, на варианте с внесением удобрений – 44 %. Это можно объяснить гидротермическим режимом данной территории и более интенсивным процессом эрозии, проходящем на этом склоне. В целом по уровню содержания подвижного цинка почвы относятся к низкообеспеченным, содержание меди и марганца высокое.

Определено существенное влияние подвижных микроэлементов на урожайность основных сельскохозяйственных культур на территории ЦЧР. Следовательно, в современных условиях сельскохозяйственного производства при выращивании сельскохозяйственных культур необходимо учитывать не только содержание макроэлементов в почвах, но и уровень содержания микроэлементного состава почв. Это указывает на то, что в современных условиях сельскохозяйственного производства для устранения дефицита микроэлементов и повышения урожайности сельскохозяйственных культур необходимо применение микроудобрений в качестве некорневых подкормок на посевах сельскохозяйственных культур, предпосевной обработки семенного материала и почвенного внесения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование и оценка уровня плодородия почвы / Н. И. Джаббаров [и др.] // Вестник МГУ. – 2024. – №3. – С. 407-422.
2. Современное состояние производства наноматериалов в РФ / А. О. Колупаева [и др.] // Инновационные решения для АПК: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Рязань: РГАТУ, 2023. – С. 133-136.
3. Самсонова, Н. Е. Влияние цеолита и минеральных удобрений на водный режим растений и урожайность яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) / Н. Е. Самсонова, Н. А. Антонова, И. А. Шупинская // Агрохимия. – 2016. – № 10. – С. 48-55.
4. Лукин, С. В. Мониторинг агроэкологического состояния пахотных почв Центрально-черноземного региона России / С. В. Лукин // Агрохимия. – 2023. – № 4. – С. 67-77. doi:10.31857/S0002188123040075.