

И.А. Удодов¹, С.А. Приходько², Н.Д. Щепина³, Д.В. Сыщиков², И.В. Агурова²

ПРИМЕНЕНИЕ ХЕЛАТНЫХ МИКРОУДОБРЕНИЙ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ *HELIANTHUS ANNUUS* L. В ДОНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ

¹Государственное бюджетное учреждение «НИИ «Реактивэлектрон»

²Государственное бюджетное учреждение «Донецкий ботанический сад»

³Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Донецкий национальный университет»

Разработаны составы и технологические методы получения жидких комплексных хелатных микроудобрений для оптимизации питания растений подсолнечника однолетнего. На основании микрополевых опытов показана высокая эффективность применения разработанных микроудобрений при выращивании растений подсолнечника. Отмечено отсутствие значительного уровня накопления биогенных и абиогенных микроэлементов в почве опытных участков.

Ключевые слова: жидкие комплексные хелатные микроудобрения, подсолнечник однолетний, урожайность, микроэлементы, почва

Цитирование: Удодов И.А., Приходько С.А., Щепина Н.Д., Сыщиков Д.В., Агурова И.В. Применение хелатных микроудобрений при выращивании *Helianthus annuus* L. в Донецком ботаническом саду // Промышленная ботаника. 2023. Вып. 23, № 1. С. 47–53. DOI: 10.5281/zenodo.7992498

Введение

Обеспечение продовольственной безопасности является одним из приоритетных направлений экономического развития государства. Важную роль в решении данной проблемы играет развитие растениеводства. Одним из наиболее эффективных способов повышения урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции растениеводства является улучшение питания растений путем использования, наряду с традиционно применяемыми органическими удобрениями, высокоэффективных комплексных микроудобрений на основе хелатов микроэлементов.

Для различных сельскохозяйственных культур существует группа наиболее важных микроэлементов, недостаток которых в питании (в особенности для высокопродуктивных сортов) вы-

зывает физиологические нарушения, приводящие к значительному снижению продуктивности. В связи с этим, при разработке химического состава комплексных удобрений необходимо учитывать потребность различных культур в тех или иных незаменимых микроэлементах. Подсолнечник относится к сельскохозяйственным культурам, которые наиболее чувствительны к недостатку подвижных форм незаменимых биогенных микроэлементов в почве [1, 3, 4].

К настоящему времени в ГБУ «НИИ «Реактивэлектрон» совместно с ГБУ «Донецкий ботанический сад» и кафедрой аналитической химии ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» разработаны составы и технологические методы получения жидких комплексных хелатных микроудобрений (далее – ЖКМУ) для опти-

мизации питания растений подсолнечника однолетнего. Химический состав ЖКМУ разработан как в соответствии с потребностями растений, так и с содержанием подвижных форм незаменимых биогенных микроэлементов в почве опытного участка ГБУ «Донецкий ботанический сад», с характерной для почв Донбасса слабощелочной реакцией (рН=7,75) и низким содержанием гумуса – 3,4 % [5, 6].

Цель и задачи исследований

Целью исследований было выявление эффективности внекорневого применения ЖКМУ, синтезированных ГБУ «НИИ «Реактивэлектрон», на рост и развитие подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus* L.) и накопление подвижных форм микроэлементов в почве опытного участка. В задачи исследований входило изучение влияния ЖКМУ на морфометрические показатели, характеризующие развитие вегетативных и генеративных органов, урожайность растений подсолнечника, а также на уровень аккумуляции почвой микроэлементов, входящих в состав ЖКМУ.

Объекты и методики исследований

Объектами исследований были растения подсолнечника однолетнего (*H. annuus*) сорта «Анюта». С целью определения эффективности ЖКМУ и выявления накопления микроэлементов в почве микрополевые опыты по выращиванию подсолнечника проводили на заранее подготовленном опытном участке на территории Донецкого ботанического сада на протяжении 2020–2022 гг. Площадь участка для каждого из вариантов опытов составляла 50 м², норма высева семян – 55000/га, что согласуется с нормами, применяемыми в агрохозяйствах Республики. Для синтеза ЖКМУ применяли реагенты реактивной квалификации «ч.д.а.» (трилон Б, CuSO₄·5H₂O, MnSO₄·5H₂O, KH₂PO₄, KOH, растворы HNO₃ (56 %) и NH₃ (25 %)), а также цинк- и молибденсодержащие растворы, полученные из техногенных отходов – цинковой изгари и отработанных алюмомолибденкобальтовых катализаторов. При разработке базовых составов ЖКМУ учитывали потребность растений в микроэлементах, содержание биогенных элементов в почвах, рН почв региона, а также рН и жест-

кость воды, используемой для приготовления рабочих растворов [7].

Перед высевом подсолнечника на опытные участки контрольные образцы семян замачивали в течение 2-х часов в водопроводной воде. Опытные образцы замачивали на такое же время в рабочих растворах ЖКМУ двух составов, представленных в таблице, которые были приготовлены путем разбавления ЖКМУ водопроводной водой в соотношении 1 : 100.

Таблица. Химический состав ЖКМУ для коррекции питания растений подсолнечника однолетнего

| № состава | Содержание макро- и микроэлементов, г/л | | | | | | | |
|-----------|---|------|----|----|----|----|----|---|
| | N | P | K | Zn | Mn | Cu | Mo | B |
| 1 | 30 | 12,6 | 23 | 10 | 10 | 6 | 4 | – |
| 2 | 30 | 12,6 | 23 | 10 | 10 | 6 | 4 | 1 |

Внекорневое внесение ЖКМУ осуществляли через неделю после появления всходов и в начале стадии цветения из расчета 4 л/га при обоих вариантах внесения удобрений.

В генеративном состоянии на 30 растениях каждого из вариантов опыта производили замер следующих показателей: высота растений, диаметр растений, длина, ширина листа, диаметр корзинки как наиболее показательных морфометрических признаков. Кроме того, в процессе выполнения работы изучали влияние ЖКМУ на показатели урожайности (масса 1000 семян и масса семян в одной корзинке), после чего производили подсчет урожайности исходя из площади участка и количества растений.

Обеспеченность почвы подвижными формами биогенных микроэлементов (Zn, Mn, Cu, Co и Mo) проводили в соответствии с работами П.И. Ансποка [1]. Предельно допустимые концентрации (ПДК) подвижных форм Mn, Zn, Cu, Co и Pb указаны в соответствии с гигиеническими нормативами ГН 2.1.7.2041-06 [2].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятым методам параметрической статистики на 95 % уровне значимости по Б.А. Доспехову и А.А. Егоршину [8, 9].

Результаты исследований и их обсуждение

Использование состава № 1 для внекорневой обработки растений ЖКМУ оказывало позитивный эффект лишь на некоторые морфометрические показатели растений подсолнечника. Так, в 2020 и 2021 гг. зафиксировано статистически достоверное возрастание ширины листовой пластинки и диаметра корзинки в среднем на 14 и 12 % соответственно относительно контрольных показателей, тогда как значения остальных параметров не отличались от контроля (рис. 1, а–б). В связи с неблагоприятными климатическими условиями в 2022 г. при применении состава ЖКМУ № 1 не было установлено достоверных отличий значений ростовых параметров относительно контрольных растений (рис. 1, в).

Наряду с этим, изменение композиции микроэлементов, использованных для внекорневой подкормки растений (состав № 2), привело к увеличению на 11–36 % значений всех исследуемых морфометрических показателей относительно контроля (рис. 1, а–в) на протяжении всего периода исследований. Наиболее существенное влияние ЖКМУ оказывали на параметры листовой пластинки и диаметр корзинки, тогда как изменение габитуальных признаков было выражено в меньшей степени. Вероятнее всего, площадь ассимилирующей поверхности является наиболее динамичным показателем, чувствительным к изменению химического состава комплекса элементов минерального питания растений.

Анализ результатов трехгодичного эксперимента показал, что в вариантах опытов с использованием для внекорневой подкормки растений подсолнечника состава № 1 значения параметров урожайности растений превышали контрольные показатели на 11–24 % (рис. 2, а–в).

Усиление позитивного воздействия ЖКМУ на продуктивность растений подсолнечника было отмечено при применении состава № 2, что выразилось в большем превышении значений не только относительно контроля, но и по сравнению с составом № 1. Так, увеличение значений массы 1000 семян варьировало в пределах 29–41 %, что привело к соответствующему увеличению урожайности на 56–80 % (рис. 2, а–в). Вероятнее всего, модификация состава ЖКМУ с введением бора способствует активации белкового и углеводного обмена, повышению эффективности фотосинтеза, что и вызвало больший положительный эффект.

Оценку применения ЖКМУ при выращивании подсолнечника на уровень накопления микроэлементов почвой проводили на основе результатов определения содержания подвижных форм Mn, Zn, Cu, Co, Mo, Pb и Cd (рис. 3).

Естественная (исходная) почва опытного участка ГБУ «Донецкий ботанический сад» соответствует характерному для почв Донбасса содержанию подвижных форм цинка (1,09 мг/кг) марганца (30,8 мг/кг), меди (1,09 мг/кг), кобальта (0,32 мг/кг) и молибдена (0,09 мг/кг). Приведенные на рисунке 3 данные подтверждают, что выращивание подсолнечника в течение двух лет на одном и том же опытном участке в условиях применения ЖКМУ приводит к незначительному снижению концентрации подвижных форм цинка и достаточно существенному уменьшению содержания подвижных форм меди и марганца. Наряду с этим, концентрация подвижных форм молибдена (ПДК Мо в почвах по гигиеническим нормативам ГН 2.1.7.2041-06 не нормируется) существенно не изменяется. Для кобальта в течение двух лет наблюдается увеличение накопления его подвижных форм от 0,32 до 0,79 мг/кг, что, однако, не приводит к превышению ПДК (содержание кобальта более чем в 5 раз меньше значений ПДК по ГН 2.1.7.2041-06).

Представленные на рисунке 3 результаты свидетельствуют об отсутствии накопления подвижных форм свинца и кадмия в почве опытного участка, не превышающих значений ПДК и резко снижающихся на всех этапах микрополевых опытов. Содержание подвижных форм ртути в почве на всех этапах опытов составляло не более 0,01 мг/кг, что на порядок ниже ПДК.

Выводы

Трехлетними микрополевыми экспериментами подтверждено стимулирующее влияние ЖКМУ на некоторые морфометрические показатели растений подсолнечника однолетнего, а также значения его урожайности. Установлена существенная степень влияния состава ЖКМУ № 2 на анализируемые показатели по сравнению с составом № 1. На основании результатов определения содержания подвижных форм Mn, Zn, Cu, Co, Mo, Pb, Cd и Hg в почве показано отсутствие существенного уровня их накопления при применении жидких комплексных хелатных микроудобрений для выращивания подсолнеч-

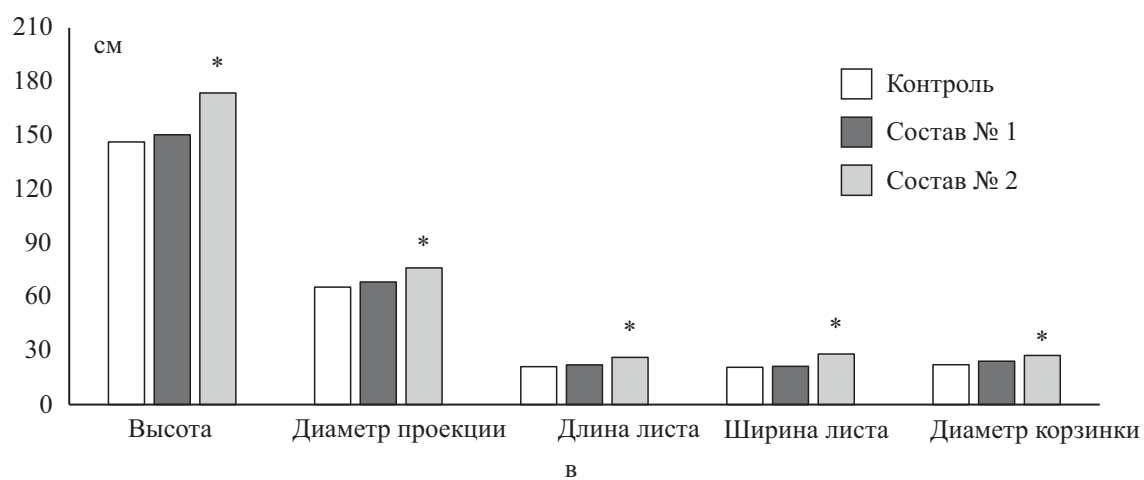
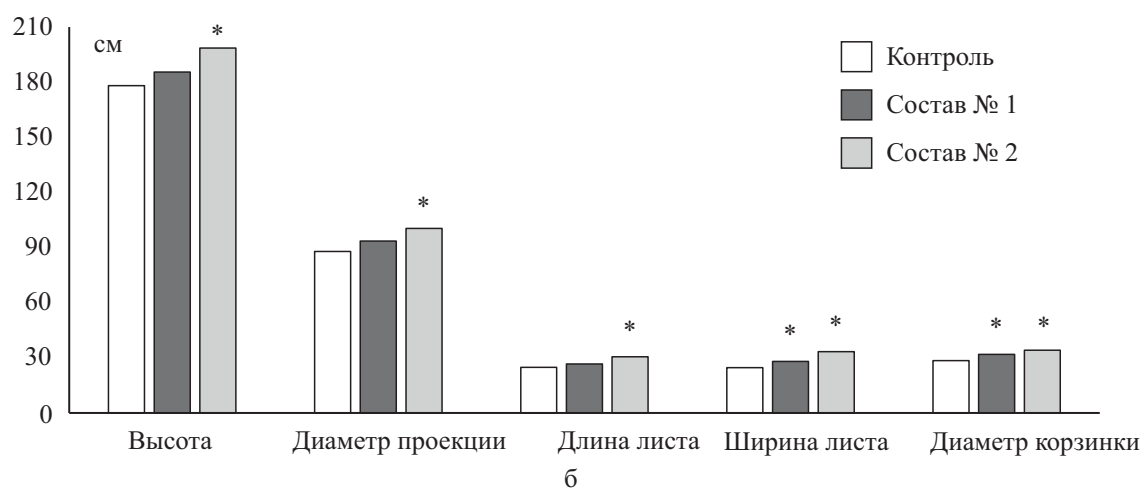
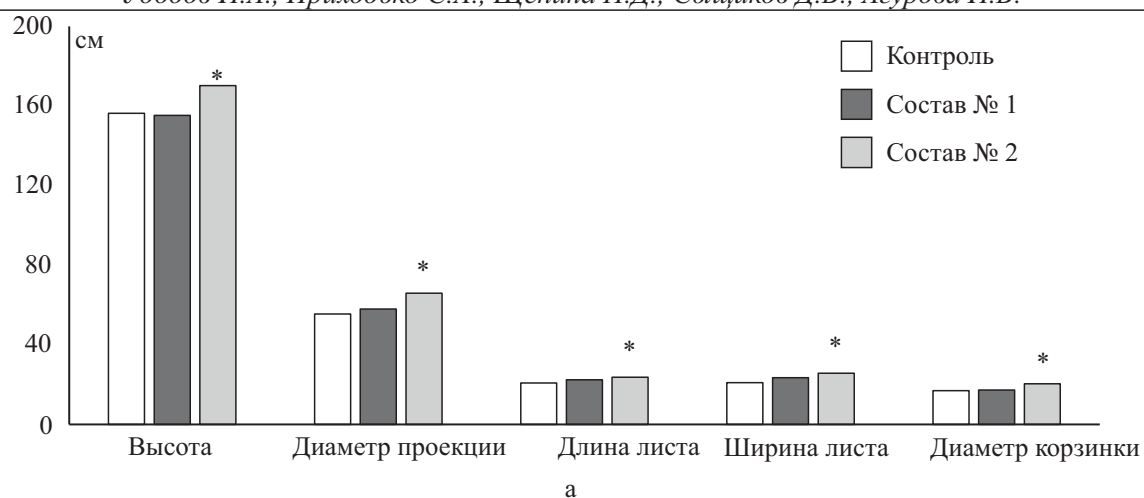


Рис. 1. Влияние ЖКМУ на морфометрические показатели растений подсолнечника однолетнего, * – различия статистически достоверны относительно контроля при $p < 0,05$; а – 2020 г., б – 2021 г., в – 2022 г.

Fig. 1. Effect of LCCM on morphometric parameters of annual sunflower plants, * – differences are statistically significant relative to control at $p < 0.05$; а – 2020, б – 2021, в – 2022

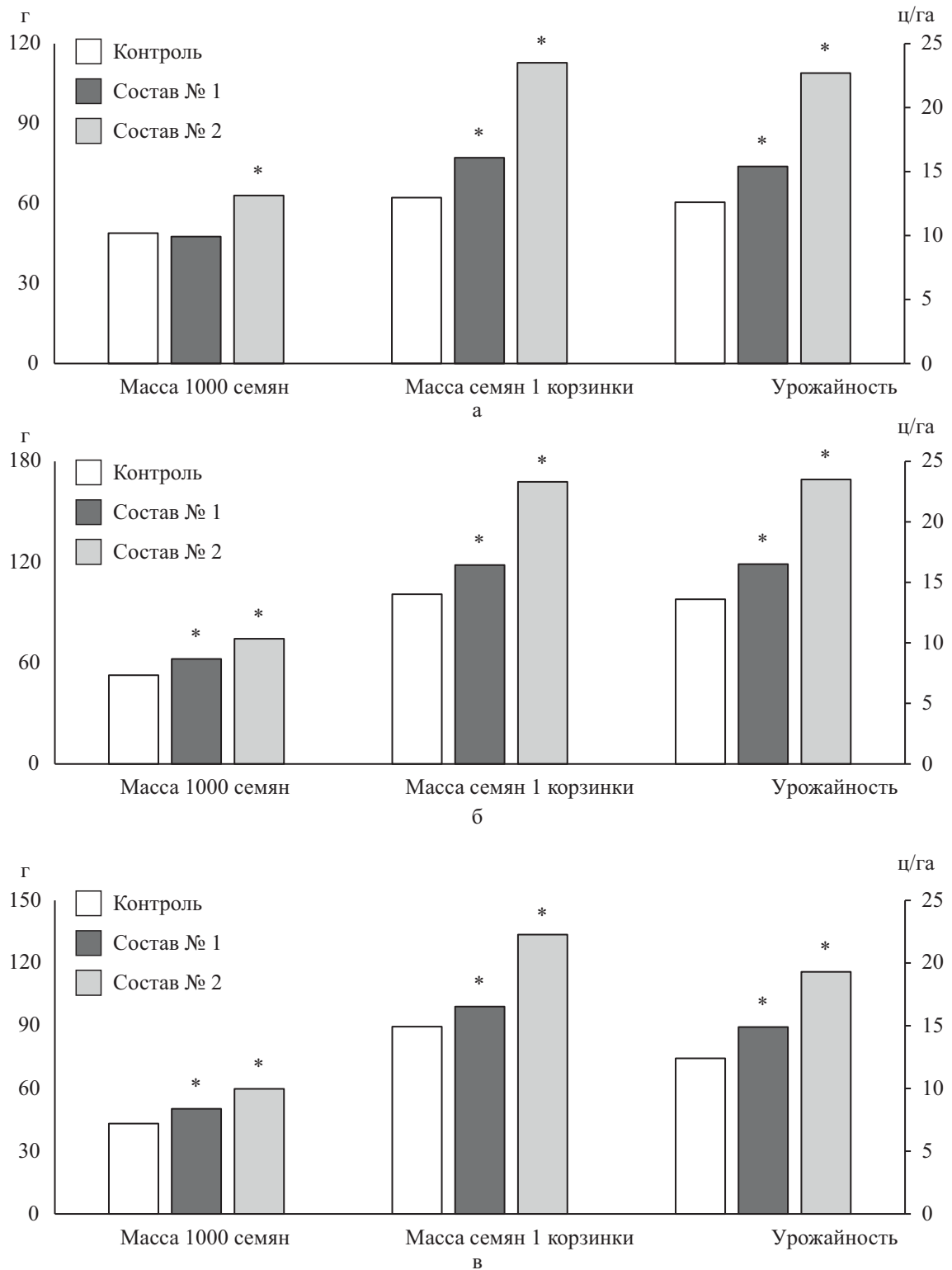


Рис. 2. Влияние ЖКМУ на показатели урожайности растений подсолнечника однолетнего; * – различия статистически достоверны относительно контроля при $p < 0,05$; а – 2020 г., б – 2021 г., в – 2022 г.

Fig. 2. Effect of LCCM on yields of annual sunflower plants; * – differences are statistically significant relative to control at $p < 0.05$; а – 2020, б – 2021, в – 2022

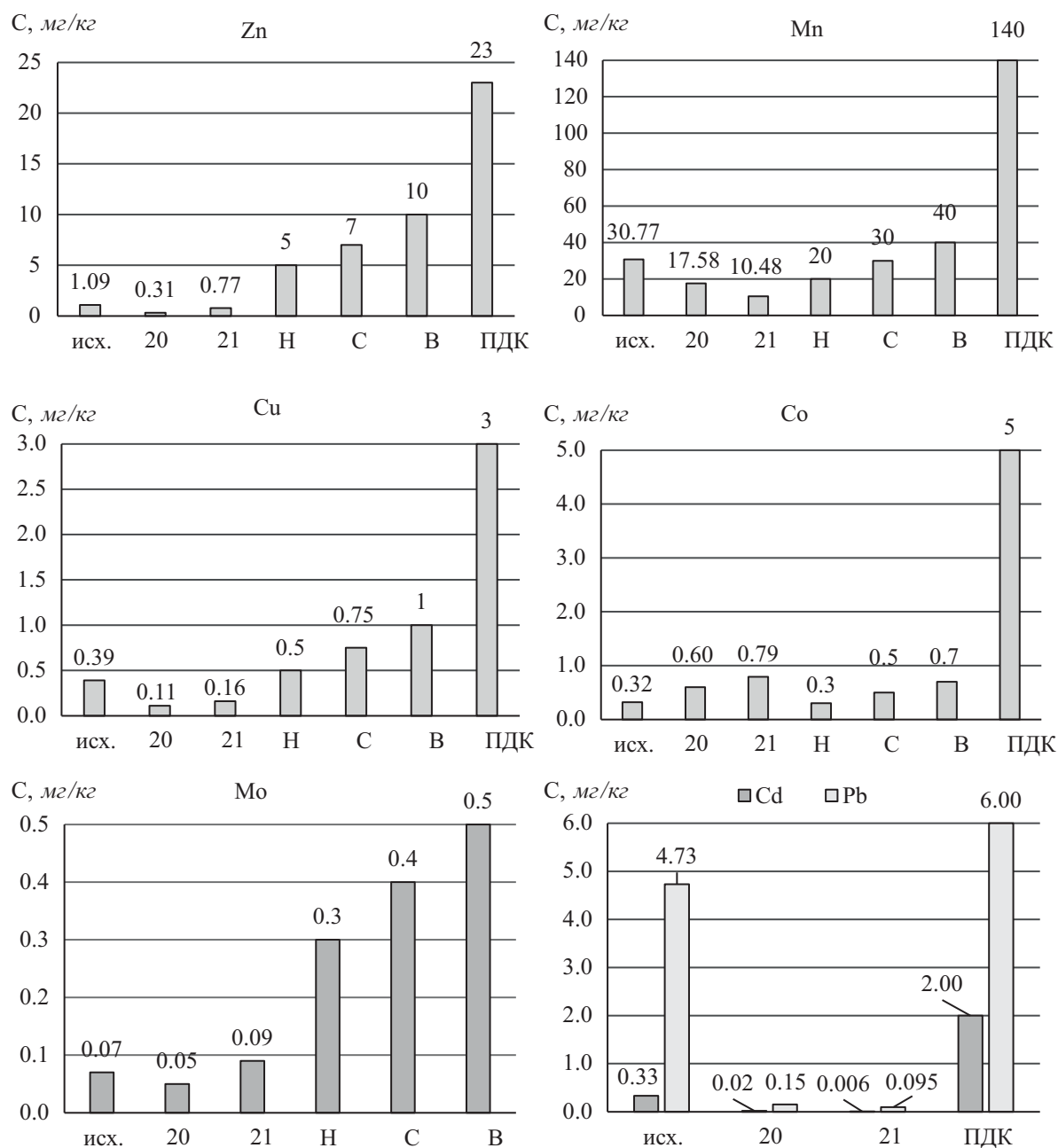


Рис. 3. Результаты анализа почвы опытного участка на содержание подвижных форм Zn, Mn, Cu, Co, Mo, Pb и Cd: исх. – исходная естественная почва; 20 – после применения ЖКМУ при выращивании подсолнечника в 2020 г; 21 – после применения ЖКМУ при выращивании подсолнечника в 2021 г; Н, С, В – низкая, средняя и высокая обеспеченность почв микроэлементами

Fig. 3. Results of soil analysis of the monitoring site for the content of mobile forms Zn, Mn, Cu, Co, Mo, Pb and Cd: orig. – original natural soil; 20 – after using LCM at sunflower growing in 2020; 21 – after using the LCM at sunflower growing in 2021; L, M, H – low, medium and high provision of soils with microelements

ника однолетнего. Для проанализированных элементов уровень их накопления почвой не превышал ПДК ни в одном из вариантов микрополевого эксперимента.

1. Анспок П.И. Микроудобрения. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1990. 272 с.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 / сост. Н.В. Русаков, И.А. Крятов, Н.И. Тонкопий, Ж.Ж. Гумарова, Н.В. Пиртахия. М., 2006. 15 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Єгоршин О.О., Лісовий М.В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків: Вид-во Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 2005. 193 с.
5. Минеев В.Г. Агрехимия. М.: Изд-во МГУ; КолосС, 2004. 720 с.
6. Рак М.В., Богдевич И.М., Лапа В.В. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры. Минск, 2006. 27 с.
7. Сыщиков Д.В., Приходько С.А., Удодов И.А., Агурова И.В. Выявление эффективности внекорневого применения жидких комплексных микроудобрений на рост и развитие подсолнечника однолетнего // Промышленная ботаника. 2021. Вып. 21, N 4. 45–48.
8. Сыщиков Д.В., Удодов И.А., Погибко В.М., Сыщикова О.В. Перспективы применения комплексных хелатных микроудобрений в почвенно-климатических условиях Донбасса // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Материалы V Международной научной экологической конференции (Краснодар, 28–30 марта 2017 г.). Краснодар, 2017. С. 179–182.
9. Щепина Н.Д., Алемасова А.С., Сыщиков Д.В., Приходько С.А., Удодов И.А. Экологическая оценка применения микроудобрений при выращивании подсолнечника и кукурузы в почвенно-климатических условиях Донбасса // Промышленность и сельское хозяйство. 2021. N 6(35). С. 21–28.

Поступила в редакцию: 24.08.2022

UDC 631.81.095.337+661.152.5+581.143+581.141

APPLICATION OF CHELATE MICROFERTILIZERS AT *HELIANTHUS ANNUUS* L. CULTIVATION IN THE DONETSK BOTANICAL GARDEN

I.A. Udodov¹, S.A. Prykhodko², N.D. Shchepina, D.V. Syshchykov², I.V. Agurova²

¹State Budgetary Institution «Scientific Research Institute «Reactivelectron»

²State Budgetary Institution «Donetsk Botanical Garden»

³State Educational Institution Higher Professional Education «Donetsk National University»

The authors have developed the compositions and technological methods for production of liquid complex chelate microfertilizers for optimization of annual sunflower plants nutrition. Based on microfield experiments, the high efficiency of using the developed microfertilizers in growing sunflower plants is shown. There was no significant level of biogenic and abiogenic trace elements accumulation in the soil of the monitoring sites.

Key words: liquid complex chelate microfertilizers, annual sunflower, yield, trace elements, soil

Citation: Udodov I.A., Prykhodko S.A., Shchepina N.D., Syshchykov D.V., Agurova I.V. Application of chelate microfertilizers at *Helianthus annuus* L. cultivation in the Donetsk Botanical Garden // Industrial Botany. 2023. Vol. 23, N 1. P. 47–53. DOI: 10.5281/zenodo.7992498