

УДК 631.416.9
DOI: 10.7868/S25000640260308

ГРУППОВОЙ СОСТАВ МЕДИ В ЧЕРНОЗЕМЕ ЮЖНОМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ДОНА

© 2026 г. А.В. Кучеренко¹, О.А. Бирюкова¹

Аннотация. Представлены результаты исследования группового состава меди в черноземе южном Ростовской области при многолетнем возделывании винограда. Доля прочносвязанных соединений меди составляет 85–90 % от ее валового содержания. Среди непрочносвязанных форм преобладают специфически сорбированные соединения (до 75–82 %), тогда как содержание обменных форм не превышает 4–7 %. В ампелоценозе по сравнению с целиной выявлено снижение содержания обменных форм на 30–35 % и увеличение доли специфически сорбированных соединений. Показана тесная положительная корреляция меди с содержанием гумуса ($r = 0,87–0,90$) и отрицательная – с карбонатами ($r = -0,70... -0,75$). Коэффициент подвижности меди в гумусо-аккумулятивном горизонте не превышает 0,20–0,25, что указывает на ее ограниченную доступность растениям. Показатель суммарного загрязнения почв по меди составляет $Z_c = 2,4$ и находится в пределах допустимых значений, что характеризует экологическое состояние чернозема южного в условиях ампелоценоза как стабильное.

Ключевые слова: медь, групповой состав, подвижность, чернозем южный, виноград.

GROUP COMPOSITION OF COPPER IN CALCIC CHERNOZEM UNDER GRAPE CULTIVATION IN THE LOWER DON REGION

A.V. Kucherenko¹, O.A. Biryukova¹

Abstract. The article presents the results of a study of the group composition of copper in calcic chernozem of the Rostov region under long-term grape cultivation. It was found that the proportion of tightly bound copper compounds amounts to 85–90% of its total content. Among the loosely bound forms, specifically sorbed compounds predominate (up to 75–82%), while exchangeable forms do not exceed 4–7%. In the ampelocenosis, compared to virgin soil, a decrease in the content of exchangeable forms by 30–35% and an increase in the proportion of specifically sorbed compounds were revealed. A close positive correlation between copper and humus content ($r = 0.87–0.90$) and a negative correlation with carbonates ($r = -0.70... -0.75$) is shown. The mobility coefficient of copper in the humus-accumulative horizon does not exceed 0.20–0.25, indicating its limited availability to plants. The indicator of total soil contamination by copper is $Z_c = 2.4$ and does not exceed the permissible values, which characterizes the ecological state in calcic chernozem under ampelocenosis conditions as stable.

Keywords: copper, group composition, mobility, calcic chernozem, grape.

¹ Академия биологии и медицины имени Д.И. Ивановского Южного федерального университета (Academy of Biology and Medicine named after D.I. Ivanovsky of Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation), Российская Федерация, 344080, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 194/1, e-mail: alkucherenko@sfedu.ru

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Протасова Н.А., Щербаков А.П. 2003. *Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) в черноземах и серых лесных почвах Центрального Черноземья*. Воронеж, изд-во ВГУ: 368 с.
2. Jain V.K. 2007. *Fundamentals of plant physiology*. New Delhi, Chand and Company LTD: 686 p.
3. Rehm G., Schmitt M. 2009. Copper for crop production. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 10(4): 470–481.
4. Kabata-Pendias A. 2010. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, CRC Press: 548 p. doi: 10.1201/b10158
5. Акимцев В.В. 1962. Содержание микроэлементов в почвах Ростовской области. В кн.: *Микроэлементы и естественная радиоактивность: материалы III межвузовского совещания*. Ростов н/Д, изд-во Ростовского университета: 38–41.
6. Каталимов М.В. 1965. *Микроэлементы и микроудобрения*. М., Химия: 332 с.
7. Минеев В.Г., Сычёв В.Г., Гамзиков Г.П., Шеуджен А.Х., Агафонов Е.В., Белоус Н.М., Сапаров А.С. 2017. *Агрохимия*. М., ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова: 854 с.
8. Ковда В.А., Зырин Н.Г. 1973. *Микроэлементы в почвах Советского Союза*. М., изд-во МГУ: 281 с.
9. Makuch-Pietraś I., Wójcikowska-Kapusta A. 2021. Forms of copper in the aspect of anthropogenic changes in the profiles of horticultural soils in cities of south-eastern Poland. *Applied Sciences*. 11(19): 9018. doi: 10.3390/app11199018
10. Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И. 2004. *Классификация и диагностика почв России*. Смоленск, Ойкумена: 342 с.
11. IUSS Working Group WRB. 2022. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed*. Vienna, International Union of Soil Sciences: 234 p.
12. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. 2003. М., Росинформагротех: 240 с.
13. Садовникова Л.К. 1997. Использование почвенных вытяжек при изучении соединений тяжелых металлов. *Химия в сельском хозяйстве*. 2: 37–40.
14. Минкина Т.М., Федоров Ю.А., Невидомская Д.Г., Польшина Т.Н., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. 2017. Тяжелые металлы в почвах и растениях устья реки Дон и побережья Таганрогского залива. *Почвоведение*. 9: 1074–1089. doi: 10.7868/S0032180X17070061
15. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Методы определения органического вещества. 2022. М., Российский институт стандартизации: 13 с.
16. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки. 2011. М., Стандартинформ: 8 с..
17. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. 1986. *Методы исследования физических свойств почв*. М., Агропромиздат: 416 с.
18. Глазовская М.А. 1988. *Геохимия природных и техногенных ландшафтов*. М., Высшая школа: 328 с.

19. Ковальчик Н.В., Смыкович Л.И., Карпиченко А.А. 2017. *Распространенность и виды миграции химических элементов*. Минск, БГУ: 111 с.
20. Асылбаев И.Г. 2015. Тяжелые металлы второго класса опасности в почвах и породах Южного Урала: запасы и оценка загрязнения. *Плодородие*. 5: 58–63.
21. Корчагина К.В., Смагин А.В., Решетина Т.В. 2014. Оценка техногенного загрязнения городских почв на основе профильного распределения тяжелых металлов и плотности сложения. *Почвоведение*. 8: 988–997. doi: 10.7868/S0032180X14080085
22. СанПиН 1.2.3685-21. *Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности факторов среды обитания*. 2021. М., Минюст России: 400 с.
23. Хорошкин М.Н., Хорошкин Б.М. 1979. *Микроэлементы в почвах и кормах Ростовской области*. Персиановка: 39 с.
24. Горбунова Н.С., Протасова Н.А. 2008. Формы соединений марганца, меди и цинка в черноземах Центрально-Черноземного региона. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация*. 2: 77–85.
25. *Зональные системы земледелия в Ростовской области на 2022–2026 гг.* 2022. Ростов н/Д, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области: 734 с.
26. Дадю К., Григель Г., Чебану В., Кухарски М. 2018. Медь и виноград. *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*. 75(3): 2–9.
27. Минкина Т.М., Назаренко О.Г., Мотузова Г.В. 2009. *Состав соединений тяжелых металлов в почвах*. Ростов н/Д, Эверест: 208 с.
28. Бауэр Т.В., Минкина Т.М., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А., Невидомская Д.Г., Сушкова С.Н., Бакосев С.Ю. 2015. Фоновое содержание и состав соединений цинка, меди и свинца в черноземе обыкновенном естественных ландшафтов Ростовской области. *Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации*. 4(20): 186–199.
29. Дегтярьов В.В., Чекар О.Ю. 2020. Зв'язок показників гумусового стану та рухомості важких металів у чорноземах. В кн.: *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвідомчий тематичний науковий збірник. Випуск 90*. Харків, Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського: 4–12. doi: 10.31073/acss90-01
30. Мотузова Г.В. 1999. *Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг*. М., Эдиториал УРСС: 168 с.
31. Садовникова Л.К. 1994. Тяжелые металлы. В кн.: *Почвенно-экологический мониторинг*. М., изд-во МГУ: 105–120.
32. Jalali M., Moharrami S. 2007. Competitive adsorption of trace elements in calcareous soils of western Iran. *Geoderma*. 140(1–2): 156–163. doi: 10.1016/j.geoderma.2007.03.016
33. Санжарова Н.И., Цыгвинцев П.Н., Анисимов В.С. Гераскин С.А., Кузнецов В.К., Лой Н.Н., Пименов Е.П., Панов А.В., Ратников А.Н., Санжаров А.И., Гончарова Л.И., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Анисимова Л.Н., Дикарев А.В., Попова Г.И., Переволоцкая Т.В., Суслов А.А., Фригидова Л.М., Васильев Д.В., Курбаков Д.Н., Спиридонов С.И. 2019. *Тяжелые металлы в агроценозах: миграция, действие, нормирование*. Обнинск, Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии: 398 с.
34. D'Souza R., Favas P.J.C., Varun M., Paul M.S. 2023. Chapter 13. Dynamics of trace element bioavailability in soil. In: *Medical geology: en route to one health*. Hoboken, John Wiley & Sons: 203–216. doi: 10.1002/9781119867371.ch13

REFERENCES

1. Protasova N.A., Shcherbakov A.P. 2003. *Mikroelementy (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) v chernozemakh i serykh lesnykh pochvakh Tsentral'nogo Chernozem'ya*. [Microelements (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Ba, Sr, B, I, Mo) in chernozems and gray forest soils of the central chernozem region]. Voronezh, Voronezh State University: 368 p. (In Russian).
2. Jain V.K. 2007. *Fundamentals of plant physiology*. New Delhi, Chand and Company LTD: 686 p.
3. Rehm G., Schmitt M. 2009. Copper for crop production. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 10(4): 470–481.
4. Kabata-Pendias A. 2010. *Trace elements in soils and plants*. Boca Raton, CRC Press: 548 p. doi: 10.1201/b10158
5. Akimtshev V.V. 1962. [Trace element content in soils of Rostov Region]. In: *Mikroelementy i estestvennaya radioaktivnost': materials of the III interuniversity meeting*. [Trace elements and natural radioactivity]. Rostov-on-Don, Rostov University: 38–41. (In Russian).
6. Katalymov M.V. 1965. *Mikroelementy i mikroudobreniya*. [Microelements and microfertilizers]. Moscow, Khimiya: 332 p. (In Russian).
7. Mineev V.G., Sychev V.G., Gamzikov G.P., Sheudzhen A.Kh., Agafonov E.V., Belous N.M., Saparov A.S. 2017. *Agrokhimiya*. [Agrochemistry]. Moscow, Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry: 854 p. (In Russian).
8. Kovda V.A., Zyrin N.G. 1973. *Mikroelementy v pochvakh Sovetskogo Soyuz*. [Microelements in soils of the Soviet Union]. Moscow, Moscow State University: 281 p. (In Russian).
9. Makuch-Pietras I., Wójcikowska-Kapusta A. 2021. Forms of copper in the aspect of anthropogenic changes in the profiles of horticultural soils in cities of south-eastern Poland. *Applied Sciences*. 11(19): 9018. doi: 10.3390/app11199033
10. Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I. 2004. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii*. [Classification and diagnostics of soils of Russia]. Smolensk, Oykumena: 342 p. (In Russian).
11. IUSS Working Group WRB. 2022. *World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th ed*. Vienna, International Union of Soil Sciences: 234 p.
12. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya*. [Guidelines for integrated monitoring of agricultural soil fertility]. 2003. Moscow, Rosinformagrotekh: 240 p. (In Russian).
13. Sadovnikova L.K. 1997. [Use of soil extracts in the study of heavy metal compounds]. *Khimiya v sel'skom khozyaystve*. 2: 37–40. (In Russian).
14. Minkina T.M., Fedorov Yu.A., Nevidomskaya D.G., Pol'shina T.N., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A. 2017. Heavy metals in soils and plants of the Don River estuary and the

- Taganrog Bay coast. *Eurasian Soil Science*. 50(9): 1033–1047. doi: 10.1134/S1064229317070067
15. GOST 26213-2021. *Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva*. [GOST 26213-2021. Soils. Methods for determination of organic matter]. 2022. Moscow, Russian Institute of Standardization: 13 p. (In Russian).
 16. GOST 26423-85. *Pochvy. Metody opredeleniya udel'noy elektricheskoy provodimosti, pH i plotnogo ostatka vodnoy vytyazhki*. [GOST 26423-85. Soils. Methods for determination of specific electrical conductivity, pH and solid residue of water extract]. 2011. Moscow, Standartinform: 8 p. (In Russian).
 17. Vadyunina A.F., Korchagina Z.A. 1986. *Metody issledovaniya fizicheskikh svoystv pochv*. [Methods for studying physical properties of soils]. Moscow, Agropromizdat: 416 p. (In Russian).
 18. Glazovskaya M.A. 1988. *Geokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh landshaftov*. [Geochemistry of natural and technogenic landscapes]. Moscow, Vysshaya shkola: 328 p. (In Russian).
 19. Kovalchik N.V., Smykovich L.I., Karpichenko A.A. 2017. *Rasprostranennost' i vidy migratsii khimicheskikh elementov*. [Distribution and migration types of chemical elements]. Minsk, Belarusian State University: 111 p. (In Russian).
 20. Asylbaev I.G. 2015. [Heavy metals of hazard class 2 in the soils and rocks of the Southern Urals: reserves and pollution assessment]. *Plodorodie*. 5: 58–63. (In Russian).
 21. Korchagina K.V., Smagin A.V., Reshetina T.V. 2014. Assessing the technogenic contamination of urban soils from the profile distribution of heavy metals and the soil bulk density. *Eurasian Soil Science*. 47(8): 824–833. doi: 10.1134/S1064229314080080
 22. SanPiN 1.2.3685-21. *Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti faktorov sredy obitaniya*. [SanPiN 1.2.3685-21. Hygienic standards and requirements for environmental safety]. 2021. Moscow, Ministry of Justice of Russia: 400 p. (In Russian).
 23. Khoroshkin M.N., Khoroshkin B.M. 1979. *Mikroelementy v pochvakh i kormakh Rostovskoy oblasti*. [Microelements in soils and feeds of Rostov Region]. Persianovka: 39 p. (In Russian).
 24. Gorbunova N.S., Protasova N.A. 2008. [Forms of manganese, copper and zinc compounds in chernozems of the Central Chernozem region]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*. 2: 77–85. (In Russian).
 25. *Zonal'nye sistemy zemledeliya v Rostovskoy oblasti na 2022–2026 gg*. [Zonal farming systems in Rostov Region for 2022–2026]. 2022. Rostov-on-Don, Ministry of Agriculture and Food of Rostov Region: 734 p. (In Russian).
 26. Dadu K., Grighel G., Cebanu V., Cuharski M. 2018. [Cuprum and grapes]. *Pomicultura, Viticultura și Vinificația*. 75(3): 2–9. (In Russian).
 27. Minkina T.M., Nazarenko O.G., Motuzova G.V. 2009. *Sostav soedineniy tyazhelykh metallov v pochvakh*. [Composition of heavy metal compounds in soils]. Rostov-on-Don, Everest: 208 p. (In Russian).
 28. Bauer T.V., Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Chaplygin V.A., Nevidomskaya D.G., Sushkova S.N., Bakoev S.Yu. 2015. [Background content and composition of zinc, copper and lead compounds in ordinary chernozem of natural landscapes of the Rostov Region]. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*. 4(20): 186–199. (In Russian).
 29. Degtyarjov V.V., Chekar O.Yu. 2020. [Relationship between humus condition indicators and mobility of heavy metals in chernozems]. In: *Agrokhimiya i g'runtovoznavstvo: mizhvidomchyy tematichnyy nauchnyy zbirnyk. Vypusk 90*. [Agrochemistry and soil science. Collected papers. No. 90]. Kharkov, O.N. Sokolovskiy Institute of Land Science and Agrochemistry: 4–12. (In Ukrainian). doi: 10.31073/acss90-01
 30. Motuzova G.V. 1999. *Soedineniya mikroelementov v pochvakh: sistemnaya organizatsiya, ekologicheskoe znachenie, monitoring*. [Microelement compounds in soils: system organization, ecological significance, monitoring]. Moscow, Editorial URSS: 168 p. (In Russian).
 31. Sadovnikova L.K. 1994. [Heavy metals]. In: *Pochvenno-ekologicheskyy monitoring*. [Soil and ecological monitoring]. Moscow, Moscow State University: 105–120. (In Russian).
 32. Jalali M., Moharrami S. 2007. Competitive adsorption of trace elements in calcareous soils of western Iran. *Geoderma*. 140(1–2): 156–163. doi: 10.1016/j.geoderma.2007.03.016
 33. Sanzharova N.I., Tsygvintsev P.N., Anisimov V.S., Geraskin S.A., Kuznetsov V.K., Loy N.N., Pimenov E.P., Panov A.V., Ratnikov A.N., Sanzharov A.I., Goncharova L.I., Sviridenko D.G., Arysheva S.P., Anisimova L.N., Dikarev A.V., Popova G.I., Perevolotskaya T.V., Suslov A.A., Frigidova L.M., Vasil'ev D.V., Kurbakov D.N., Spiridonov S.I. 2019. *Tyazhelye metally v agrotsenozakh: migratsiya, deystvie, normirovanie*. [Heavy metals in agrocenoses: migration, effects, regulation]. Obninsk, All-Russian Research Institute of Radiology and Agroecology: 398 p. (In Russian).
 34. D'Souza R., Favas P.J.C., Varun M., Paul M.S. 2023. Chapter 13. Dynamics of trace element bioavailability in soil. In: *Medical geology: en route to one health*. Hoboken, John Wiley & Sons: 203–216. doi: 10.1002/9781119867371.ch13

Поступила 29.12.2025

Принята 14.04.2026