

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.13>

ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Научная статья

Шеуджен А.Х.¹, Гуторова О.А.^{2*}, Хурум Х.Д.³, Ашинов Ю.Н.⁴

¹ ORCID : 0000-0001-5116-197X;

² ORCID : 0000-0003-0752-2488;

³ ORCID : 0000-0002-8410-5269;

⁴ ORCID : 0000-0002-5309-5715;

^{1, 2, 3} Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Российская Федерация

⁴ Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (oksana.gutorova[at]mail.ru)

Аннотация

Проведена почвенно-экологическая оценка чернозема выщелоченного Западного Предкавказья по валовому содержанию кобальта, меди, цинка, кадмия и свинца. Исследования проводились в условиях стационарного полевого опыта, заложенного в 1981 г. кафедрой агрохимии Кубанского госагроуниверситета. За сорокалетний период систематического применения минеральных удобрений под культуры 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота отмечено уменьшение в пахотном и подпахотном слоях чернозема выщелоченного содержания валового кобальта на 2,8-5,7 и 2,1-4,2 %, меди – 2,4-7,5 и 2,3-6,7 % соответственно. Проявляется тенденция снижения содержания валового цинка в почве. Не отмечено существенного повышения содержания валовых форм кадмия и свинца в почве. Их показатели не превышают ориентировочно допустимые концентрации в почве.

Ключевые слова: чернозем выщелоченный, удобрения, кобальт, медь, цинк, кадмий, свинец.

SOIL AND ECOLOGICAL EVALUATION OF THE LEACHED CHERNOZEM OF THE WESTERN CAUCASUS

Research article

Sheudzhen A.K.¹, Gutorova O.A.^{2*}, Khurum K.D.³, Ashinov Y.N.⁴

¹ ORCID : 0000-0001-5116-197X;

² ORCID : 0000-0003-0752-2488;

³ ORCID : 0000-0002-8410-5269;

⁴ ORCID : 0000-0002-5309-5715;

^{1, 2, 3} Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russian Federation

⁴ Maykop State Technological University, Maykop, Russian Federation

* Corresponding author (oksana.gutorova[at]mail.ru)

Abstract

The soil and ecological evaluation of the leached chernozem of the Western Caucasus by the gross content of cobalt, copper, zinc, cadmium and lead was carried out. The studies were conducted under the conditions of a stationary field experiment, established in 1981 by the Department of Agrochemistry of the Kuban State Agrarian University. For the forty-year period of systematic application of mineral fertilizers to crops of 11-field grain-grass-tilled crop rotation, reduction of gross cobalt content in arable and subsoil layers of leached chernozem by 2.8-5.7% and 2.1-4.2%; in copper - 2.4-7.5% and 2.3-6.7% respectively was observed. There is a tendency of decrease in the content of gross zinc in soil. There is no significant increase in the content of gross forms of cadmium and lead in the soil. Their parameters do not exceed tentatively permissible concentrations in soil.

Keywords: leached chernozem, fertilizers, cobalt, copper, zinc, cadmium, lead.

Введение

На фоне изменения естественного почвообразования сильное влияние на почвенные процессы оказывают антропогенные факторы, обусловленные сельскохозяйственным воздействием [1], [2], [3]. В отличие от естественной эволюции, которая протекает очень медленно и менее заметна, степень влияния антропогенного фактора выражено сильнее и в современный период становится определяющей [4]. Площадь черноземов России составляет 7 % от общей площади, и на них размещается 40 % всей пашни и производится 80 % всей земледельческой продукции [5]. Общая земельная площадь Краснодарского края – 7548,5 тыс. га, где значительная доля приходится на сельскохозяйственные угодья (59,4 %). Наибольшие площади в крае занимают подтипы чернозема (4084 тыс. га, или 54,1 % почвенного покрова), на которых за последние 40 лет отмечено развитие процессов деградации [6], [7]. И особенно сильно это проявилось на выщелоченных подтипах [6], [8], [9]. В связи с этим обостряется необходимость проведения мониторинговых исследований за состоянием чернозема при сельскохозяйственном его использовании. Целью данной работы являлось проведение почвенно-экологической оценки чернозема выщелоченного Западного Предкавказья при систематическом применении минеральных удобрений.

Методы и принципы исследования

Исследования выполнялись в условиях стационарного полевого опыта, заложенного в 1981 г. на типичном равнинном агроландшафте южной части Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья чернозема выщелоченного, занятым культурами 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота. Опыт включает 16 вариантов и представляет собой выборку 1/4 части полного факториального эксперимента 4×4×4, образованную тремя факторами: азотом, фосфором и калием. В работе оценивались контрастные варианты 000, 111, 222 и 333, где первая цифра индекса соответствует норме вносимых азотных, вторая – фосфорных, третья – калийных удобрений под культуры севооборота (000 – без удобрений, 111 – единичная норма полного удобрения, 222 – двойная норма полного удобрения, 333 – тройная норма полного удобрения). За сорокалетний период использования чернозема выщелоченного в сельскохозяйственном производстве на вариантах 111, 222 и 333 было внесено N₉₉₀P₉₄₀K₆₉₀, N₁₉₈₀P₁₈₈₀K₁₃₈₀ и N₂₉₇₀P₂₈₂₀K₂₀₇₀ соответственно.

Почвенно-экологическая оценка чернозема выщелоченного Западного Предкавказья проводилась по валовому содержанию кобальта, меди, цинка, кадмия и свинца с использованием атомно-абсорбционного метода [10].

Статистическая оценка экспериментальных данных проведена методом дисперсионного анализа [11].

Основные результаты

До освоения 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота в пахотном 0-20 см и подпахотном 21-40 см слоях чернозема выщелоченного содержалось равное количество валового кобальта – 14,8 мг/кг [9], что выше кларкового значения почв мира 10 мг/кг [12]. Сельскохозяйственное использование чернозема выщелоченного способствовало уменьшению его содержания в почве. В варианте без удобрений общее количество кобальта снизилось на 2,8 % в пахотном и на 2,1 % подпахотном слоях почвы. Ежегодное применение удобрений способствовало более интенсивному снижению содержания этого элемента в пахотном слое почвы по сравнению с нижележащим. Вероятно, такая дифференциация в распределении кобальта обусловлена большим потреблением микроэлемента растениями из 0-20 см слоя почвы и в некоторой степени выщелачиванием его вниз по профилю. В наибольшей степени на снижение валового кобальта повлияла длительно применяемая система удобрений с тройной нормой их внесения. В пахотном и подпахотном слоях почвы уменьшение относительно исходного уровня составило 0,8 мг/кг (5,7 %) и 0,6 мг/кг (4,2 %) соответственно. Сравнивая с вариантом без внесения удобрения содержание валового кобальта меньше на 2,9 % в слое 0-20 см и на 2,1 % – 21-40 см. На других удобренных вариантах уменьшение этого микроэлемента было менее интенсивным (см. таблицу 1).

Таблица 1 - Содержание валового кобальта, меди, цинка, кадмия и свинца в черноземе выщелоченном

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.124.13.1>

Вариант	Слой почвы, см	Кобальт, мг/кг	Медь, мг/кг	Цинк, мг/кг	Кадмий, мг/кг	Свинец, мг/кг
1981 год [9]						
До освоения севооборота	0-20	14,8	17,2	42,8	0,75	26,6
	21-40	14,8	17,4	45,7	0,86	25,6
После освоения севооборота (2021-2022 гг.)						
000	0-20	14,4	16,8	42,3	0,77	26,7
	21-40	14,5	17,0	45,0	0,87	25,9
111	0-20	14,1	16,5	42,2	0,78	26,8
	21-40	14,2	16,8	45,0	0,87	26,0
222	0-20	14,2	16,2	42,1	0,80	26,8
	21-40	14,1	16,5	44,9	0,87	26,0
333	0-20	14,0	16,0	41,9	0,82	26,8
	21-40	14,2	16,3	44,7	0,88	26,0
Кларк почвы по Виноградову [12]		10,0	20,0	50,0	0,5	10,0
ОДК [13]		–	132,0	220,0	2,0	130,0
НСР ₀₅	0-20	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
НСР ₀₅	21-40	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Валовое содержание меди в черноземе выщелоченном близко к кларку почвы 20,0 мг/кг, но несколько ниже, чем в курском эталонном черноземе 26 мг/кг [9], [12]. До закладки опыта меди содержалось 17,2 мг/кг в пахотном и 17,4 мг/кг подпахотном слоях [9]. После освоения севооборота в неудобренной почве количество валовой меди, относительно исходного содержания, снизилось в пахотном слое на 2,4 %, подпахотном – 2,3 %. Применение удобрений в рекомендуемых нормах для питания культур севооборота привело к снижению валового содержания меди в почве. Содержание в ней этого микроэлемента, по отношению к исходному, уменьшилось в пахотном слое на 0,7-1,2

мг/кг (4,2-7,5 %), подпахотном – 0,6-1,1 мг/кг (3,6-6,7%). В сравнении с полем, где удобрения не вносились, снижение составило 1,8-5,0 и 1,2-4,3 % соответственно. Наибольшее уменьшение валового содержания меди отмечалось при длительном внесении минеральных удобрений с тройной нормой 333 (см. таблицу 1). Наблюдаемая тенденция снижения содержания этого микроэлемента в почве обусловлена его отчуждением возрастающими под воздействием удобрений урожаями культур севооборота и ростом подвижности, а, следовательно, миграцией вниз по почвенному профилю [9].

В пахотном слое почвы до закладки опыта валового цинка содержалось 42,8 мг/кг, в подпахотном – 45,7 мг/кг. За эталон содержания валового цинка принято его количество в курском черноземе – 52 мг/кг почвы. В черноземах Кубани содержится 51-75 мг/кг цинка [9]. При использовании почвы под выращивание сельскохозяйственных культур без внесения удобрений количество валового цинка существенно не изменялось и оставалось на уровне исходного содержания. При систематическом внесении удобрений наблюдалось более заметное уменьшение цинка в пахотном слое на 0,6-0,9 мг/кг (1,4-2,1 %), подпахотном – 0,7-1,0 мг/кг (1,6-2,2 %). Ежегодные потери микроэлемента из почвы в удобряемых вариантах в пахотном слое составили 0,1-0,4 мг/кг (0,2-1,0 %), а в подпахотном – 0,1-0,3 мг/кг (0,2-0,7 %). Применение тройной нормы удобрений способствовало большему уменьшению содержания валового цинка (см. таблицу 1).

Количество кадмия в исследуемом черноземе больше кларка почв мира (0,5 мг/кг), но близко к среднему значению для черноземов (0,9 мг/кг) [9], [12]. В пахотном слое почвы до закладки опыта количество его составляло 0,75 мг/кг, подпахотном – 0,86 мг/кг [9]. После освоения севооборота в неудобренной почве валового содержания кадмия несколько возросло на 2,7 % в пахотном и на 1,2 % – подпахотном слоях почвы. Это является следствием техногенного его поступления на поверхность почвы в составе пыли, переносимой ветром, и с атмосферными осадками.

Ежегодное использование удобрений не способствовало значительному накоплению кадмия в исследуемой почве, угрожающее экологическому ее состоянию – 0,77-0,88 мг/кг (ОДК 2,0 мг/кг согласно ГН 2.1.7.2511-09 [13]). Однако, в процессе агрогенеза отмечена тенденция накопления кадмия в почве при систематическом внесении удобрений на поля севооборота. Под их воздействием валовое содержание элемента возросло на 0,03-0,07 мг/кг (4,0-9,3 %) в пахотном слое почвы и на 0,01-0,02 мг/кг (1,2-2,3 %) – подпахотном (см. таблицу 1). Такое приращение содержания кадмия в почве является следствием поступления элемента на поля севооборота, кроме отмеченных для неудобренного севооборота, как примесь с минеральными удобрениями.

Содержание свинца в черноземе выщелоченном превышает кларк почв мира (10 мг/кг), но близок к среднему значению, установленному для почв Европейской части Российской Федерации – 15-47 мг/кг [9]. Чернозем выщелоченный до закладки опыта содержал 26,6 мг/кг свинца в пахотном и 25,6 мг/кг – подпахотном слоях [9]. После сорокалетнего его использования под культуры севооборота содержание этого элемента в неудобренной почве соответствовало исходному уровню. Научно обоснованная система удобрений не привела к заметному увеличению количества свинца в почве, угрожающее экологическому ее состоянию (ОДК 130 мг/кг [13]). Под воздействием удобрений валовое содержание элемента в почве возросло на 0,8 % в пахотном и на 1,6 % – подпахотном слоях (см. таблицу 1).

Заключение

Длительное применение удобрений под культуры севооборота не привело к существенному накоплению кобальта, меди, цинка, кадмия и свинца в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Их значения не превышают ориентировочно допустимые концентрации в почве, что не может вызвать каких-либо нежелательных изменений или аномалий в ходе биологических процессов и привести к накоплению в сельскохозяйственных растениях, а, следовательно, не может нарушить биологический оптимум.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и министерства образования, науки и молодежной политики Краснодарского края в рамках научного проекта № 19-44-230018 "Агрогенная трансформация чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья, прогноз состояния плодородия и продуктивности".

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Funding

The study was financially supported by RFBR and the Ministry of Education, Science and Youth Policy of the Krasnodar Territory within the framework of the scientific project No. 19-44-230018 "Agrogenic transformation of leached chernozem of the Azov-Kuban lowland of the Western Ciscaucasia, forecast of fertility and productivity."

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Геннадиев А.Н. Изменчивость во времени свойств черноземов и эволюции природной среды (Ставропольская возвышенность). / А.Н. Геннадиев // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 1984. – № 5. – с. 10-16.
2. Иванов А.Л. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве России / А.Л. Иванов, В.И. Кирюшин, Р.К. Клиге. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 518 с.

3. Лебедева И.И. Трансформация черноземов при антропогенном воздействии. / И.И. Лебедева, А.М. Гребенников // *Аграрная Россия*. – 2013. – № 7. – с. 23-27.
4. Щеглов Д.И. О причинах деградации черноземов Воронежской области. / Д.И. Щеглов // *Современное состояние черноземов: материалы II Международной научной конференции*; – Ростов-на-Дону, Таганрог: ЮФУ, 2018. – с. 65-68.
5. Сычев В.Г. Методология оценки эколого-экономической эффективности использования земель сельскохозяйственного назначения / В.Г. Сычев, В.А. Черников, О.А. Соколов. – М.: ВНИИА, 2009. – 148 с.
6. О состоянии природопользования и об охране окружающей среды Краснодарского края в 2020 году / Краснодар, 2021. – 447 с.
7. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. – Краснодар, 2015. – 352 с.
8. Шеуджен А.Х. Современное состояние и продуктивность чернозема выщелоченного Западного Предкавказья. / А.Х. Шеуджен, О.А. Гуторова, Х.Д. Хурум и др. // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2019. – № 153. – с. 52-65.
9. Шеуджен А.Х. Агрохимия чернозема / А.Х. Шеуджен – Майкоп: Полиграф-ЮГ, 2015. – 232 с.
10. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А.В. Соколова. – М.: Наука, 1975. – 656 с.
11. Шеуджен А.Х. Методика агрохимических исследований и статистическая оценка их результатов / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева – Майкоп: Полиграф-Юг, 2015. – 661 с.
12. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов / А.П. Виноградов – М.: Издательство АН СССР, 1957. – 238 с.
13. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве : [гигиенические нормативы]. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 10 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Gennadiev A.N. Izmenchivost' vo vremeni svojstv chernozemov i e'volyucii prirodnoj sredy' (Stavropol'skaya vozvy'shennost') [Variability in time of the properties of chernozems and the evolution of the natural environment (Stavropol Upland)]. / A.N. Gennadiev // *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya* [Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography.]. – 1984. – № 5. – p. 10-16. [in Russian]
2. Ivanov A.L. Global'nye izmeneniya klimata i prognoz riskov v sel'skom khozyajstve Rossii [Global Climate Change and Risk Forecast in Russian Agriculture] / A.L. Ivanov, V.I. Kiryushin, R.K. Klige. – М.: Rossel'xozakademiya, 2010. – 518 p. [in Russian]
3. Lebedeva I.I. Transformaciya chernozemov pri antropogennom vozdejstvii [Transformation of chernozems under anthropogenic impact]. / I.I. Lebedeva, A.M. Grebennikov // *Agrarnaya Rossiya* [Agricultural Russia]. – 2013. – № 7. – p. 23-27. [in Russian]
4. Shheglov D.I. O prichinax degradacii chernozemov Voronezhskoj oblasti [On the causes of degradation of chernozems of the Voronezh region]. / D.I. Shheglov // *The current state of chernozems: materials of the II International Scientific Conference*; – Rostov-na-Donu, Taganrog: YUFU, 2018. – p. 65-68. [in Russian]
5. Sy'chev V.G. Metodologiya ocenki e'kologo-e'konomicheskoy e'ffektivnosti ispol'zovaniya zemel' sel'skoxozyajstvennogo naznacheniya [Methodology for assessing the environmental and economic efficiency of agricultural land use] / V.G. Sy'chev, V.A. Chernikov, O.A. Sokolov. – М.: VNIIA, 2009. – 148 p. [in Russian]
6. O sostojanii prirodopol'zovanija i ob ohrane okruzhajushhej sredy Krasnodarskogo kraja v 2020 godu [On the state of nature management and environmental protection of the Krasnodar Territory in 2020] / Krasnodar, 2021. - 447 p. [in Russian]
7. Sistema zemledelija Krasnodarskogo kraja na agrolandschaftnoj osnove [The farming system of the Krasnodar Territory on an agro-landscape basis]. - Krasnodar, 2015. - 352 p. [in Russian]
8. Sheudzhen A.X. Sovremennoe sostoyanie i produktivnost' chernozema vy'sshelochennogo Zapadnogo Predkavkaz'ya [Current state and productivity of leached chernozem in Western Ciscaucasia]. / A.X. Sheudzhen, O.A. Gutorova, X.D. Xurum et al. // *Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University]. – 2019. – № 153. – p. 52-65. [in Russian]
9. Sheudzhen A.X. Agroximiya chernozema [Agrochemistry of chernozem] / A.X. Sheudzhen – Majkop: Poligraf-YuG, 2015. – 232 p. [in Russian]
10. Agrohicheskie metody issledovanija pochv [Agrochemical methods of soil research] / Ed. A.V. Sokolov. – М. : Nauka, 1975. – 656 p. [in Russian]
11. Sheudzhen A.X. Metodika agroximicheskix issledovanij i statisticheskaya ocenka ix rezul'tatov [Methods of agrochemical research and statistical evaluation of their results] / A.X. Sheudzhen, T.N. Bondareva – Majkop: Poligraf-Yug, 2015. – 661 p. [in Russian]
12. Vinogradov A.P. Geokhimiya redkikh i rasseyannikh khimicheskikh elementov [Geochemistry of rare and trace chemical elements] / A.P. Vinogradov – М.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1957. – 238 p. [in Russian]
13. Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskix veshhestv v pochve [Approximately Permissible Concentrations (AEC) of Chemical Substances in Soil] : [Hygienic Standards]. – М. : Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2009. – 10 p. [in Russian]