



Научная статья  
УДК 631:631.458  
doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_4\_355

## АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗИ С УРОЖАЙНОСТЬЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

О.А. Митрохина, Л.Н. Караулова

Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Россия

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос содержания основных микроэлементов (медь, цинк, марганец, бор) в различных по типовому составу почвах Центрально-Черноземного региона и их влияние на урожайность основных сельскохозяйственных культур. Исследования выполнялись на территории Курской области, на базе лаборатории агрохимии и геоинформационных систем Курского ФАНЦ. Источником информации являются данные почвенно-агрохимического обследования территорий районов Курской области за 1960–2020 гг., выполненных агрохимической службой по различным турам, и литературные данные. Цель работы — определить содержание микроэлементов в основных типах почв, распространенных на территории Курской области и установить их взаимосвязи с урожайностью основных сельскохозяйственных культур на изучаемой территории. Результатами исследований и анализом литературных данных установлено, что на территории Курской области содержание таких микроэлементов, как медь, цинк, марганец — низкое, содержание бора — среднее. Наименее обеспечены микроэлементами (медью, цинком) серые лесные почвы, имеющие легкий гранулометрический состав и более низкое содержание гумуса. Более низкое содержание подвижного марганца отмечалось в черноземе типичном и карбонатном. Микроэлементный состав почв имеет различные по степени тесноты связи с урожайностью сельскохозяйственных культур на изучаемой территории.

**Ключевые слова:** микроэлементы, медь, цинк, марганец, бор, почва, содержание, серые лесные почвы, чернозем, урожайность, взаимосвязь

Original article

## ANALYSIS OF THE CONTENT OF MICROELEMENTS IN DIFFERENT SOIL TYPES AND THEIR RELATIONSHIP WITH CROP YIELDS ON THE TERRITORY OF CENTRAL CHERNOZEM REGION

О.А. Mitrokhina, L.N. Karaulova

Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russia

**Abstract.** The article deals with the issue of the content of main trace elements (copper, zinc, manganese, boron) in the soils of Central Chernozem region with different typical composition and their effect on the yield of main crops. The research was carried out on the territory of Kursk region, on the basis of the Laboratory of agrochemistry and geoinformation systems of Federal Agricultural Kursk Research Center. The source of information is the data of the soil-agrochemical survey of the district territories of Kursk region for the periods of 1960–2020, performed by the agrochemical service on various tours and literary data. The purpose of the work was to determine the content of trace elements in the main types of soils common in Kursk region and to establish their relationship with the yields of main crops in the studied area. The results of the research and the analysis of literary data showed that in the area of Kursk region the content of trace elements such as copper, zinc, manganese is low, the content of boron is average. Gray forest soils with light granulometric composition and lower humus content are the least provided with trace elements (copper, zinc). Lower content of mobile manganese was observed in typical and carbonate chernozem. The microelement composition of soils has a different degree of closeness with the yield of crops in the studied area.

**Keywords:** microelements, copper, zinc, manganese, boron, soils, content, gray forest soils, chernozem soils, yield, relationship

**Введение.** Первое научное определение почвы было дано в 1886 г. В.В. Докучаевым: почва — это горизонты горных пород (все равно каких), которые были в различной степени изменены влиянием воды, воздуха и различного рода организмов (живых и мертвых), что и сказывается известным образом на структуре, составе и цвете таких образований [1].

Пахотные почвы Курской области имеют не только различный типовой состав, но и разную степень обеспеченности микроэлементами. Известно, что основным источником поступления микроэлементов в почву являются почвообразующие породы, они имеют разный гранулометрический состав и заметно различающийся микроэлементный состав [2]. Почвы Курской области разнообразны, но основными типами почв на данной территории являются различные черноземы (типичные, оподзоленные, выщелоченные и др.). Они занимают около 2/3 территории. Существенная часть почвенного покрова

(1/5 площади) представлена серыми лесными почвами и их подтипами (темно-серые, светло-серые и др.), они распространены в северо-западных районах области. В общий массив черноземных и серых лесных почв пятнами включены песчаные, лугово-черноземные, болотные и некоторые другие типы почв [3–5].

По гранулометрическому составу черноземы делятся на тяжелосуглинистые или глинистые, а серые почвы — на легкосуглинистые и средне-суглинистые разновидности [6].

Черноземы типичные (мощные) — это структурные почвы, на данных почвах растения имеют лучшие условия для роста, это объясняется тем, что в крупные поры этих почв свободно проникает воздух, кроме того, для них характерен большой запас питательных веществ, прочная комковато-зернистая структура и значительное плодородие. Общие запасы гумуса таких черноземов доходят до 9% и более [7]. Чернозем типичный мощный является лучшей

почвой Курской области и занимает 26,1% территории. На ней выращивают такие сельскохозяйственные культуры, как пшеница, кукуруза, сахарная свекла и др. Встречаются данные почвы в Горшеченском, Солнцевском, Щигровском районах. Однако сплошного распространения они и здесь не имеют.

Чернозем выщелоченный (занимает 20,8% территории) существенно отличается от типичного чернозема по своим морфологическим и физико-химическим признакам. Такие почвы распространены в Курском, Щигровском, Льговском районах.

Оподзоленные черноземы (19,9% территории) совмещают в себе признаки лесных почв и черноземов типичных. Районами распространения оподзоленного чернозема вместе с серыми лесными почвами являются Дмитриевский, Золотухинский, Рьльский и другие районы. На остальной территории он может встречаться в виде отдельных массивов [7].

Карбонатный чернозем менее распространен в Курской области. Содержание гумуса в этих почвах составляет около 8-9%. Материнской породой служат лесовидные суглинки и глины.

Лугово-черноземные почвы занимают незначительную часть области (0,5%), характеризуются высоким содержанием гумуса в верхних горизонтах (до 17%), с глубиной происходит его снижение. Эти почвы в ряде случаев тяжелые по гранулометрическому составу, обладают благоприятной водопропускной структурой и высокой водоудерживающей способностью [7].

В северо-западной части Курской области с наиболее расчлененным рельефом имеют преимущественное распространение дерново-подзолистые и серые лесостепные почвы (10,5% территории). Сравнительно крупные массивы серых лесных почв встречаются в Беловском, Бесединском, Золотухинском районах. Мелкие пятна этих почв встречаются и в других районах области [8].

Серые лесостепные почвы по содержанию гумуса, степени оподзоленности и другим свойствам делятся на три группы: светло-серые, серые и темно-серые. Пахотные горизонты этих почв обычно имеют комковато-пылеватую структуру, содержание гумуса составляет 3-6%. Светло-серые и серые почвы большей частью расположены на пологих склонах, примыкающих к долинам рек (0,8% территории). Для них характерен маломощный гумусовый горизонт (18-20 см), содержание гумуса — 2-3%. Эти почвы по своим качествам считаются менее плодородными. Они нуждаются во внесении минеральных и органических удобрений [7, 9]. Темно-серые лесные почвы обладают наилучшими физико-химическими свойствами по сравнению с серыми и светло-серыми, содержание перегноя доходит до 4-5%. Они распространены островами в Льговском, Глушковском, Рыльском и Кореневском районах [7-12].

Многое в вопросе влияния микроэлементного состава почв на урожайность сельскохозяйственных культур уже довольно хорошо изучено. Но, несмотря на столь важную роль и длительный опыт изучения данной проблемы, все еще существует много открытых вопросов, связанных с особенностями взаимодействия микроэлементов и урожайности сельскохозяйственных культур [13, 14]. Поэтому необходимость более детального комплексного изучения содержания микроэлементов в почвах различного типа и влияния их на урожайность сельскохозяйственных культур в настоящее время становится очевидной.

**Цель исследований** — определить содержание микроэлементов в основных типах почв, распространенных на территории Курской области, и установить их взаимосвязи с урожайностью основных сельскохозяйственных культур на изучаемой территории.

**Объектом научно-теоретических исследований** являются взаимосвязи между урожайностью сельскохозяйственных культур в Центрально-Черноземном регионе (ЦЧР) и содержанием микроэлементов в изучаемых почвах.

**Научная новизна исследований** состоит в научном обосновании количественного учета ресурсного потенциала почв Курской области, учете фактора содержания микроэлементов в почвах и их влияния на урожайность основных сельскохозяйственных культур на изучаемой территории.

**Методы и методология проведения исследований.** Исследования выполняются на территории Курской области, на базе лаборатории агрохимии и геоинформационных систем

Курского федерального аграрного научного центра. Источником информации являются данные почвенно-агрохимического обследования территорий районов Курской области за 1960-2020 гг., выполненных агрохимической службой по различным турам, и литературные данные.

Для агрохимической характеристики почвы применялись следующие методики: подвижная медь (ГОСТ 50683-94), подвижный марганец (ГОСТ P50682-94), подвижный цинк (ГОСТ 50686-94), подвижный бор (ГОСТ 50688-94). В работе используются корреляционно-регрессионный и дисперсионный методы анализа данных, тематическое моделирование и статистическая обработка данных с использованием программного обеспечения Microsoft-Office (MS Excel).

**Ход исследований.** Обобщение результатов собственных исследований и литературных данных свидетельствует о сложности изучаемых процессов поведения форм микроэлементов в почвах. Содержание их в почвах — это результат влияния ряда факторов и условий, которые в различных почвах складываются по-особому и приводят к получению различных по значению данных [15,16].

Известно, что различные типы почв имеют разный гранулометрический состав, содержание и качество гумуса, реакцию среды и запас элементов питания. Микроэлементы не являются исключением. Поэтому большой интерес и практическое значение имеет установление содержания микроэлементов в почвах различного типового состава на территории Курской области.

**Результаты исследований.** В таблице представлено содержание подвижных микроэлементов (бора, меди, марганца и цинка) в различных типах почв Курской области. Анализ данных таблицы указывает на то, что по содержанию таких элементов, как цинк, медь, марганец почвы области независимо от их типа и соответствующих показателей, от которых зависит содержание данных элементов (гумус, pH, и т.д.), относятся к низкообеспеченным. Причем самое низкое содержание меди и цинка наблюдалось в светло-серых лесных почвах, марганца — в черноземе карбонатном и типичном. Более высокое содержание подвижного марганца в серых лесных почвах можно объяснить кислой реакцией среды почв данного типа. Известно, что кислые и слабокислые почвы содержат большее количество марганца. Содержание бора в почвах среднее. Все это свидетельствует о серьезной проблеме обеспеченности почв области данными микроэлементами. Причин этому может быть много, возможно главной же из них выступает нарушение баланса элементов питания между выносом их урожаем сельскохозяйственных культур и возвращением их в почву.

Анализ варьирования подвижных микроэлементов в изучаемых почвах показал, что коэффициенты варьирования микроэлементов выше в карбонатном черноземе, лугово-черноземном типе почв и серых лесных почвах.

Несмотря на то, что микроэлементы необходимы растениям в малых количествах, их роль огромна. Функции каждого необходимого микроэлемента в растениях строго специфичны, ни один элемент не может быть заменен другим. Недостаток любого макро- или микроэлемента приводит к нарушению физиологических процессов у растений, ухудшению их роста и развития, снижению урожая и его качества [12].

Взаимосвязь между зависимыми явлениями может быть правильно выражена и оценена с помощью корреляционного и регрессионных анализов. Проведенные нами исследования

указывают на то, что различные культуры имеют разную потребность в том или ином микроэlemente. По усредненным величинам содержания микроэлементов в почвах областей и количественной величине урожайности отдельных сельскохозяйственных культур получены регрессионные уравнения взаимосвязи данных показателей ( $Y$  — урожайность изучаемой культуры, ц/га;  $Zn$  — содержание подвижного цинка в почве, мг/кг;  $Mn$  — содержание подвижного марганца в почве, мг/кг;  $B$  — содержание подвижного бора в почве, мг/кг).

Таблица. Содержание подвижных микроэлементов в почвах Курской области  
Table. The content of mobile trace elements in the soils of the Kursk region

Подтип почвы	Lim min-max	$x \pm Sd$	V%
<b>Бор</b>			
Светло-серые	0,31-0,44	0,35 $\pm$ 0,006	12
Серые лесные	0,34-0,46	0,37 $\pm$ 0,004	8
Темно-серые лесные	0,31-0,42	0,35 $\pm$ 0,003	8
Черноземы оподзоленные	0,31-0,49	0,38 $\pm$ 0,006	13
Черноземы выщелоченные	0,3-0,4	0,36 $\pm$ 0,003	7
Чернозем типичный	0,33-0,46	0,38 $\pm$ 0,004	9
Чернозем карбонатный	0,28-0,47	0,38 $\pm$ 0,01	16
Лугово-черноземные	0,31-0,49	0,39 $\pm$ 0,009	16
<b>Медь</b>			
Светло-серые	0,04-0,12	0,06 $\pm$ 0,004	41
Серые лесные	0,05-0,1	0,07 $\pm$ 0,002	23
Темно-серые лесные	0,09-0,05	0,07 $\pm$ 0,002	21
Черноземы оподзоленные	0,04-0,09	0,07 $\pm$ 0,002	28
Черноземы выщелоченные	0,04-0,1	0,07 $\pm$ 0,003	32
Чернозем типичный	0,04-0,11	0,08 $\pm$ 0,003	25
Чернозем карбонатный	0,05-0,11	0,09 $\pm$ 0,003	25
Лугово-черноземные	0,06-0,11	0,08 $\pm$ 0,003	22
<b>Цинк</b>			
Светло-серые	0,44-1,2	0,70 $\pm$ 0,03	34
Серые лесные	0,45-1,2	0,81 $\pm$ 0,03	28
Темно-серые лесные	0,44-1,0	0,75 $\pm$ 0,02	18
Черноземы оподзоленные	0,5-1,1	0,78 $\pm$ 0,02	20
Черноземы выщелоченные	0,4-1,1	0,77 $\pm$ 0,02	24
Чернозем типичный	0,7-1,1	0,89 $\pm$ 0,02	16
Чернозем карбонатный	0,2-1,3	0,81 $\pm$ 0,05	43
Лугово-черноземные	0,4-1,2	0,74 $\pm$ 0,04	32
<b>Марганец</b>			
Светло-серые	4-9,2	6,61 $\pm$ 0,2	22
Серые лесные	5-10,7	7,60 $\pm$ 0,23	25
Темно-серые лесные	4,6-9,8	6,96 $\pm$ 0,27	21
Черноземы оподзоленные	4,0-11,0	7,29 $\pm$ 0,24	27
Черноземы выщелоченные	3,6-11,2	6,96 $\pm$ 0,27	32
Чернозем типичный	4,0-9,9	5,45 $\pm$ 0,31	34
Чернозем карбонатный	3,4-9,8	5,69 $\pm$ 0,35	40
Лугово-черноземные	4,2-8,8	6,36 $\pm$ 0,25	25



На территории Курской области выявлена тесная зависимость урожайности таких культур, как озимая пшеница, ячмень, подсолнечник, соя, сахарная свекла, овес от содержания подвижного цинка в почве. Увеличение уровня микроэлемента в почве способствует росту урожайности культур:

У озимой пшеницы =  $31,02+15,39 \cdot \text{Zn}$   $R^2=36,17$   
 У ячменя =  $20,51+18,99 \cdot \text{Zn}$   $R^2=54,63$   
 У подсолнечника =  $14,31+13,0 \cdot \text{Zn}$   $R^2=66,24$   
 У сои =  $8,06+20,39 \cdot \text{Zn}$   $R^2=52,90$   
 У сахарной свеклы =  $207,84+45,73 \cdot \text{Zn}$   $R^2=62,52$   
 У овса =  $21,01+8,69 \cdot \text{Zn}$   $R^2=70,38$

Согласно полученному уравнению регрессии, урожайность кукурузы на зеленый корм в изучаемой местности имеет связь с содержанием подвижного марганца в почвах области:

У кукурузы на зеленый корм =  $17,61+11,38 \cdot \text{Mn}$   $R^2=42,79$

Урожайность проса существенно зависит от содержания марганца и цинка в почве. Причем при росте подвижного цинка растет урожайность культуры:

У проса =  $7,04-0,77 \cdot \text{Mn}+16,6 \cdot \text{Zn}$   $R^2=96,52$

На урожайность сои в большей степени оказало влияние содержание подвижного бора в почвах:

У сои =  $13,10+15,83 \cdot \text{B}$   $R^2=57,18$

**Выводы.** Таким образом, на территории Курской области наблюдается низкая обеспеченность почв разной типовой принадлежности такими микроэлементами, как медь, цинк, марганец. Наименее обеспечены микроэлементами (медью, цинком) серые лесные почвы (среднее содержание подвижной меди — 0,06-0,07 мг/кг, цинка — 0,70-0,89 мг/кг), имеющие легкий гранулометрический состав и более низкое содержание гумуса. Низкое содержание подвижного марганца отмечалось в черноземе типичном и карбонатном (5,45-5,69 мг/кг). Содержание подвижного бора среднее.

Проведенные нами исследования указывают на различные по своей значимости взаимосвязи урожайности изучаемых сельскохозяйственных культур с микроэлементным составом почв. Так, на территории Курской области выявлена тесная зависимость урожайности таких культур, как озимая пшеница, ячмень, подсолнечник, соя, сахарная свекла, овес от содержания подвижного цинка в почве.

Урожайность кукурузы на зеленый корм в изучаемой местности имеет связь с содержанием подвижного марганца в почвах области. Урожайность проса существенно зависит от содержания марганца и цинка в почве.

В связи с этим очень важно обеспечить земледелие области необходимым ассортиментом и количеством микроудобрений, найти

правильные научно обоснованные, оптимальные решения по сбалансированному комплексному их применению и на этой основе увеличить урожайность и качество продукции возделываемых сельскохозяйственных культур.

**Список источников**

- Макаренко Т.М., Воробьева Е.В. Большой практикум почвы: практическое пособие для студентов биологического факультета. Гомель, 2007. 155 с.
- Дубовик Д.В., Дубовик Е.В. Тяжелые металлы в склоновом агроландшафте: монография. Курск, 2016. 170 с.
- Безлер Н.В., Девятова Т.А., Горбунова Н.С., Черепухина И.В., Громовик А.И. Влияние длительного использования соломы зерновых культур и целлюлозолитического микроорганизма на микробное сообщество почвы и содержания обменных соединений цинка в черноземах выщелоченных // Агрохимический вестник. 2022. № 1. С. 36-44.
- Федоров А.С., Горячкин С.В., Касаткина Г.А., Федорова Н.Н. География почв: учебное пособие. СПб., 2016. 256 с.
- Муха Д.В. Естественно-антропогенная эволюция почв (обучение закономерности и зональные особенности): монография. Курск, 2004. 271 с.
- Пироженко В.В., Цыганков Д.Н., Мирошниченко О.Н. Мониторинг состояния плодородия пахотных почв Курской области // Достижения науки и техники АПК. 2019. № 4. С. 12-15.
- Кураченко Н.Л. Свойства и режим почв: лабораторный практикум. Красноярск, 2020. 108 с.
- Кудинова М.Р., Колокольников Т.К. Почвы. URL: <https://gorenka.org/index.php/iz-istorii-kraya/1719> (дата обращения: 05.03.22).
- Лазарев В.И., Айдиев А.Я., Золотарева И.А., Стифеев А.И., Шершнева О.М. Эффективность микроэлементных удобрений в условиях Курской области: монография. Курск, 2013. 117 с.
- Антонова Ж.А., Климентова Е.Г., Рассадина Е.В. Почвы Поволжья: учебно-методическое пособие. Ульяновск, 2016. 272 с.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 534 p.
- Rutkowska, B., Szulc, W., Spychaj-Fabisiak, E., Pior N. (2017). Prediction of molybdenum availability to plants in differentiated soil conditions. *Plant Soil Environ*, vol. 63, no. 11, pp. 491-497.
- Котлярова Е.Г., Титовская Л.С. Подсолнечник. Интенсификация и адаптация технологии возделывания: монография. Белгород, 2020. 153 с.
- Смирнов П.М., Муравин Э.А. Агрохимия. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1984. 304 с.
- Митрохина О.А. Содержание микроэлементов в почве и их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимический вестник. 2021. № 5. С. 40-46.
- Чуян О.Г., Караулова Л.Н., Митрохина О.А. К вопросу управления плодородием почв и продуктивностью пашни в агроландшафтах Центрально-Черноземного региона // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (383). С. 27-31.

**References**

- Макаренко Т.М., Воробьева Е.В. (2007). *Bol'shoi praktikum pochvy: prakticheskoe posobie dlya studentov biologicheskogo fakul'teta* [Large soil workshop: a practical guide for students of the faculty of biology]. Gomel, 155 p.

2. Dubovik, D.V., Dubovik, E.V. (2016). *Tyazhelye metally v sklonovom agrolandshafte: monografiya* [Heavy metals in the sloping agricultural landscape: monograph]. Kursk, 170 p.

3. Bezler, N.V., Devyatova, T.A., Gorbunova, N.S., Cherupukhina, I.V., Gromovik, A.I. (2022). Vliyaniye dlitel'nogo ispol'zovaniya solomy zernovykh kul'tur i tsellyulozoliticheskogo mikromitseta na mikrobnoye soobshchestvo pochvy i soderzhaniya obmennyykh soedineniy tsinka v chernozemakh vyshchelochennykh [Influence of long-term use of cereal straw and cellulolytic micromycete on soil microbial community and content of zinc exchange compounds in leached chernozems]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical herald], no. 1, pp. 36-44.

4. Fedorov, A.S., Goryachkin, S.V., Kasatkina, G.A., Fedorova, N.N. (2016). *Geografiya pochv: uchebnoye posobie* [Soil geography: study guide]. Saint-Petersburg, 256 p.

5. Mukha, D.V. (2004). *Estestvenno-anthropogennaya ehvolyutsiya pochv (obshchie zakonornosti i zonal'nye osobennosti): monografiya* [Natural-anthropogenic evolution of soils (general patterns and zonal features): monograph]. Kursk, 271 p.

6. Pirozhenko, V.V., Tsygankov, D.N., Miroshnichenko, O.N. (2019). Monitoring sostoyaniya plodorodiya pakhotnykh pochv Kurskoi oblasti [Monitoring of the fertility of arable soils of the Kursk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the AIC], no. 4, pp. 12-15.

7. Kurachenko, N.L. (2020). *Svoystva i rezhim pochv: laboratornyi praktikum* [Soil properties and regime]. Krasnoyarsk, 108 p.

8. Kudinova, M.R., Kolokol'nikova, T.K. (2012). *Pochvy* [Soil]. Available at: <https://gorenka.org/index.php/iz-istorii-kraya/1719> (accessed: 05.03.22).

9. Lazarev, V.I., Aidiev, A.Ya., Zolotareva, I.A., Stifeev, A.I., Shersheva, O.M. (2013). *Ehffektivnost' mikroelementnykh udobrenii v usloviyakh Kurskoi oblasti: monografiya* [The effectiveness of trace element fertilizers in the conditions of the Kursk region: monograph]. Kursk, 117 p.

10. Antonova, Zh.A., Klimentova, E.G., Rassadina, E.V. (2016). *Pochvy Povolzh'ya: uchebno-metodicheskoe posobie* [Soils of the Volga region: educational and methodical manual]. Ulyanovsk, 272 p.

11. Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants*. 4th ed. Boca Raton: Taylor and Francis Group, 534 p.

12. Rutkowska, B., Szulc, W., Spychaj-Fabisiak, E., Pior N. (2017). Prediction of molybdenum availability to plants in differentiated soil conditions. *Plant Soil Environ*, vol. 63, no. 11, pp. 491-497.

13. Kotlyarova, E.G., Titovskaya, L.S. (2020). *Podsolnechnik. Intensifikatsiya i adaptatsiya tekhnologii vozdelvaniya: monografiya* [Sunflower. Intensification and adaptation of cultivation technology: monograph]. Belgorod, 153 p.

14. Smirnov, P.M., Muravin, E.A. (1984). *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. Moscow, 304 p.

15. Mitrokhina, O.A. (2021). Soderzhanie mikroelementov v pochve i ikh vliyaniye na urozhainost' sel'skokhozyaistvennykh kul'tur [The content of trace elements in the soil and their impact on crop yields]. *Agrokhimicheskii vestnik* [Agrochemical herald], no. 5, pp. 40-46.

16. Chuyan, O.G., Karaulova, L.N., Mitrokhina, O.A. (2021). K voprosu upravleniya plodorodiem pochvy i produktivnost'yu pashni v agrolandshafakh Tsentral'no-Chernozemnogo regiona [On the issue of managing soil fertility and arable land productivity in agrolandscapes of the Central Black Earth region]. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal* [International agricultural journal], no. 5 (383), pp. 27-31.

**Информация об авторах:**

**Митрохина Ольга Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и геоинформационных систем, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5035-841X>, [mitrokhina1977@mail.ru](mailto:mitrokhina1977@mail.ru)  
**Караулова Людмила Николаевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии и геоинформационных систем, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0633-109X>, [karaulovaln@gmail.com](mailto:karaulovaln@gmail.com)

**Information about the authors:**

**Olga A. Mitrokhina**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agrochemistry and geoinformation systems, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5035-841X>, [mitrokhina1977@mail.ru](mailto:mitrokhina1977@mail.ru)  
**Lyudmila N. Karaulova**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the laboratory of agrochemistry and geoinformation systems, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0633-109X>, [karaulovaln@gmail.ru](mailto:karaulovaln@gmail.ru)

