

8. Шелкова А.О., Новикова Н.Е. Физиологическая роль кремния в жизни растений //Russian agricultural science review. - 2015. - Т. 5. - № 5-1. - С. 187-190.
9. Методика измерений массовых долей металлов в осадках сточных вод донных отложениях, образцах растительного происхождения спектральными методами. ПНДФ 16.2.2:2.3.71.2011. 2022 г.
10. Ильин В.Б. Элементный химический состав растений. - Новосибирск: Наука, 1985. - 129 с.

11. Томаровский А.А., Спицына С.Ф., Оствальд Г.В. Микроэлементный состав зерна яровой пшеницы в зависимости от погодных условий //Вестник Алтайского ГАУ. - 2016. - № 7 (141). - С. 37-42.
12. Сабинин Д.А. Физиологические основы питания растений. - М.: Изд-во АН СССР, 1965. - 512 с.
13. Демидчик В.В., Соколик А.Н., Юрин В.М. Поступление меди в растения и распределение в клетках, тканях и органах //Успехи современной биологии. - 2001. - Т. 121. - № 2. - С. 190-197.
14. Ahmad R., Lapeer S.H., Ismail S. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) //Plant Sci. 2019. V. 85. P.43-50.

#### THE EFFECT OF PRE-SOWING TREATMENT OF SPRING BARLEY SEEDS ON THE CONTENT OF MACRO, MESO- AND TRACE ELEMENTS

**L.V. Osipova<sup>1</sup>, Doctor of Biological Sciences, E.V. Lyubun<sup>1</sup>, Candidate of Biological Sciences, L.M. Eroshenko<sup>2</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, T.L. Kurnosova<sup>1</sup>, Candidate of Biological Sciences, I.A. Bykovskaya<sup>1</sup>, E.A. Fedorova<sup>1</sup>, Candidate of Agricultural Sciences, K.Y. Ilchenko<sup>1</sup>, Federal State Budgetary Scientific**

**<sup>1</sup>Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov" (VNI of Agrochemistry) 12755, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31A; E-mail: legos4@yandex.ru**

**<sup>2</sup>Federal Research Center "Nemchinovka"**

*The results of studies on the effect of pretreatment of spring barley seeds with selenium and silicon on the productivity and elemental composition of grain, straw and hay are presented. It has been shown that biogenic elements contribute to the optimization of transport and redistribution of macro-, meso- and microelements in plants, maintaining the stability of the chemical composition of reproductive organs. It was found that in plants whose seeds were treated with Se and Si, the content of phosphorus, iron, copper and molybdenum in the grain increased, the amount of silicon in the vegetative organs increased, and in the reproductive organs decreased. The sodium entering the plant accumulated in the straw, its content in the grain was 2 times less than in the control.*

**Keywords:** spring barley, macro-, meso-, microelements, pre-sowing seed treatment (PIC).

УДК 631.416.8:631.432

DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.14

## АНАЛИЗ КАТИОННО-АНИОННОГО СОСТАВА ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ СОЛОНЦЕВАТО-СОЛОНЧАКОВОЙ ПОЧВЫ С РАЗНЫМИ ТИПОМ И СТЕПЕНЬЮ ЗАСОЛЕНИЯ

**Г.А. Ступакова, к.б.н., Е.Э. Игнатьева, А.А. Лапушкина, к.б.н., Т.И. Щиплецова,  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт имени Д.Н. Прянишникова  
(ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)  
127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.31А**

*Представлены результаты катионно-анионного состава водной вытяжки из лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы, с разными типом и степенью засоления. Дана оценка изменению содержания компонентов солевого состава почвы без и после многолетнего орошения. По прошествии двадцатилетнего периода после орошения установлены увеличение содержания магний-, натрий- и сульфат-иона в 3,2 раза, снижение калий-иона в 3,6 раза, хлорид-иона в 1,4 раза, рост подщелачивания почвенной среды. В результате изменились тип и степень засоления почвы. Определены основные статистические показатели плодородия почвы без и после орошения, дана оценка вариабельности полученных значений по каждому показателю.*

**Ключевые слова:** засоленные почвы, тип и степень засоления, стандартные образцы.

Для цитирования: Ступакова Г.А., Игнатьева Е.Э., Лапушкина А.А., Щиплецова Т.И. Анализ катионно-анионного состава лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы с разными типом и степенью засоления // Плодородие. – 2025. - №2. – С. 63-66. DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.14.

Основой продовольственной безопасности сегодня являются не только мероприятия, направленные на устойчивую интенсификацию сельского хозяйства, но и мониторинг ограниченных почвенных ресурсов. Одним из серьезных вызовов при оценке состояния земель сельскохозяйственного назначения является их вторичное засоление.

По данным [1], на территории Российской Федерации засоленные почвы выделены в 42 субъектах федерации из 89. Около 21% площади сельскохозяйственных земель России относится к категории засоленных. Особенно широко распространены засоленные почвы на юге России в полупустынной, сухостепной, степной и лесостепной зонах. В некоторых регионах, например, на

территории Астраханской области, в Республике Калмыкия, Республике Дагестан, Новосибирской области и др., засоленные и солонцовые почвы занимают до 30% и более от площади пахотных земель [2].

Вопросам анализа и оценки, диагностики, методов обследования, картографирования засоленных почв посвящено достаточно много исследований [3-5].

Несмотря на очевидную проблему вторичного засоления плодородных земель, к сожалению, в настоящее время отсутствуют нормативы по допустимым концентрациям водорастворимых форм натрия, хлоридов и сульфатов для оценки степени загрязнения ими почв.

**Цель исследований** – дать информационную оценку содержанию и взаимосвязи между катионно-анионным

составом водной вытяжки одного типа почвы с разной степенью засоления.

**Методика.** Исследования проведены на двух отраслевых стандартных образцах (ОСО) почвы лугово-каштановой солонцевато-солончаковой среднесуглинистой (САЛугП-01/1 ОСО № 31601 и САЛугП-01/2 ОСО №32002). Образцы отобраны в селе «Урожайное» Левонкумского района Ставропольского края. Расстояние между местами отбора 3 км. Разница заключалась в том, что образец САЛугП-01/2 ОСО №32002 был отобран на участке после многолетнего орошения и последующего двадцатилетнего периода без орошения. Образцы отбирали в местах, где не применяли в последние годы минеральные удобрения и средства защиты. Образцы подготовлены по одной методике, однородные по составу, стабильные по содержанию катионно-анионного состава водной вытяжки, хранились в одинаковых условиях. В составе водной вытяжки определяли следующие показатели: бикарбонат-ион по ГОСТ 26424-85, хлорид-ион по ГОСТ 26425-85, сульфат-ион по ГОСТ 26426-85, натрий и калий по ГОСТ 25427-85, кальций и магний по ГОСТ 26428-85), плотный остаток и удельная электрическая проводимость по ГОСТ 26423-85.

**Результаты и их обсуждение.** Оценка результатов состава водной вытяжки лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы без орошения и после него (табл. 1) показала изменение содержания компонентов солевого состава почвы. Анионы (хлорид-ион, сульфат-ион, гидрокарбонат-ион) и катионы (кальций, магний, натрий и калий) характеризуют тип засоления, удельная электропроводность – степень засоления почвы. Исходя из аттестованных значений и согласно [6], тип засоления по анионному составу в образце САЛугП-01/1 ОСО 31601 хлоридно-сульфатный ( $Cl^- : SO_4^{2-} = 0,22$ ), в образце САЛугП-01/2, ОСО 32002 ( $Cl^- : SO_4^{2-} = 0,11$ ) сульфатный. По катионному составу, в том и другом случае, магниевонатриевый ( $Na : Mg = 1,74$  и  $1,87$  соответственно).

1. Аттестованные значения и относительная расширенная неопределенность аттестованных значений стандартных образцов лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы

Аттестованная характеристика	Лугово-каштановая солонцевато-солончаковая почва САЛугП-01/1, ОСО 31601	Лугово-каштановая солонцевато-солончаковая почва после орошения САЛугП-01/2, ОСО 32002
	ммоль(экв)/100 г	ммоль(экв)/100 г
$HCO_3^-$	0,61±0,03	0,43 ± 0,03
$Cl^-$	0,58±0,08	0,92 ± 0,06
$SO_4^{2-}$	2,61±0,18	8,20 ± 0,5
$Na^+$	1,22±0,09	4,13 ± 0,05
$K^+$	0,180±0,01	0,053±0,004
$Ca^{2+}$	2,12±0,16	3,46±0,14
$Mg^{2+}$	0,70±0,06	2,21±0,13
Плотный остаток, %	0,293±0,015	0,738±0,028
Удельная электрическая проводимость, мСм/см	0,68±0,03	1,58±0,061
Величина pH, ед.	8,10	8,42

Известно, что ионы обладают разной степенью токсичности, но «суммарный эффект» (СЭ) токсичных ионов принято выражать в эквивалентах хлора [6].

$$1Cl^- = 0,1 CO_3^{2-} = (2,5-3,0) HCO_3^- = (5,0-6,0) SO_4^{2-}. \quad (1)$$

Исходя из приведенного равенства следует, что 1 мг-экв.  $Cl^-$  в 10 раз менее токсичен для растений, чем 1 мг-экв.  $CO_3^{2-}$  и наоборот, в 2,5-3 раза более токсичен, чем ион  $HCO_3^-$  и в 5-6 раз токсичнее, чем ион  $SO_4^{2-}$ . Следовательно, согласно равенству «суммарный эффект» токсичных ионов (мг-экв.) будет равен:

$$СЭ = \frac{мг-экв.Cl^-}{1} + \frac{мг-экв.CO_3^{2-}}{0,1} + \frac{мг-экв.HCO_3^-}{2,5-3} + \frac{мг-экв.SO_4^{2-}}{5-6}. \quad (2)$$

Согласно формуле (2), «суммарный эффект» токсичных ионов ( $HCO_3^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ), выраженный в мг-экв.  $Cl^-$  (без учета карбонат-иона  $CO_3$ ) в образце САЛугП-01/1 составил 1,34 (1,22), в образце САЛугП-01/2 - 2,73 (2,43). Согласно классификации [7] по степени засоления почвы, по суммарному эффекту токсичных ионов, оба образца почвы относятся к **среднезасоленной почве** (1,1 (1,6) - 3,0 (3,5) в мг-экв.  $Cl^-$ ).

Классификация почв по степени засоления в зависимости от химизма солей, выраженной в процентах, путем умножения величины мг-экв. на соответствующий коэффициент: ( $HCO_3^-$  - 0,062;  $SO_4^{2-}$  - 0,048;  $Cl^-$  - 0,0355;  $Ca^{2+}$  - 0,02;  $Mg^{2+}$  - 0,0122;  $Na^+$  - 0,023,  $K^+$  - 0,039) и суммированная, определяет СО САЛугП-01/1 как **слабозасоленную почву** (0,28%), а СО САЛугП-01/2 – как **среднезасоленную** (0,58%). При отсутствии анализов полных водных вытяжек (в нашем случае отсутствует определение  $CO_3$ ), вместо суммы солей можно использовать величину плотного остатка [8]. В этом случае СО САЛугП-01/1 классифицируется как **слабозасоленный**, а СО САЛугП-01/2 как **среднезасоленный**. Таким образом, можно констатировать, что СО САЛугП-01/1 почвы имеет слабую, а СО САЛугП-01/2 почвы, подвергнутый многократному орошению, среднюю степень засоления. В связи с разнообразием подходов к методам определения и классификации степени засоления почв, некоторые авторы [9] предлагают разработать единую систему показателей, их оценку и нормативную базу с учетом международного опыта.

Несмотря на высокую миграционную способность натрия в почвенном профиле, его содержание в СО после орошения увеличилось более чем в 3 раза (с 1,22 до 4,13 ммоль(экв)/100 г). Известно, что в почвах с высокой концентрацией солей натрия существенно изменяются и физико-химические свойства. При этом происходит разрушение гумусовых и минеральных агрегатов в пахотном слое почвы, нарушается соотношение катионов в почвенном поглощающем комплексе, увеличивается растворимость органических и минеральных соединений почвы, в результате идет смещение уровня pH в сторону щелочной реакции [10] что, подтверждается и нашими исследованиями (рис.), реакция почвенной среды стала более щелочной.

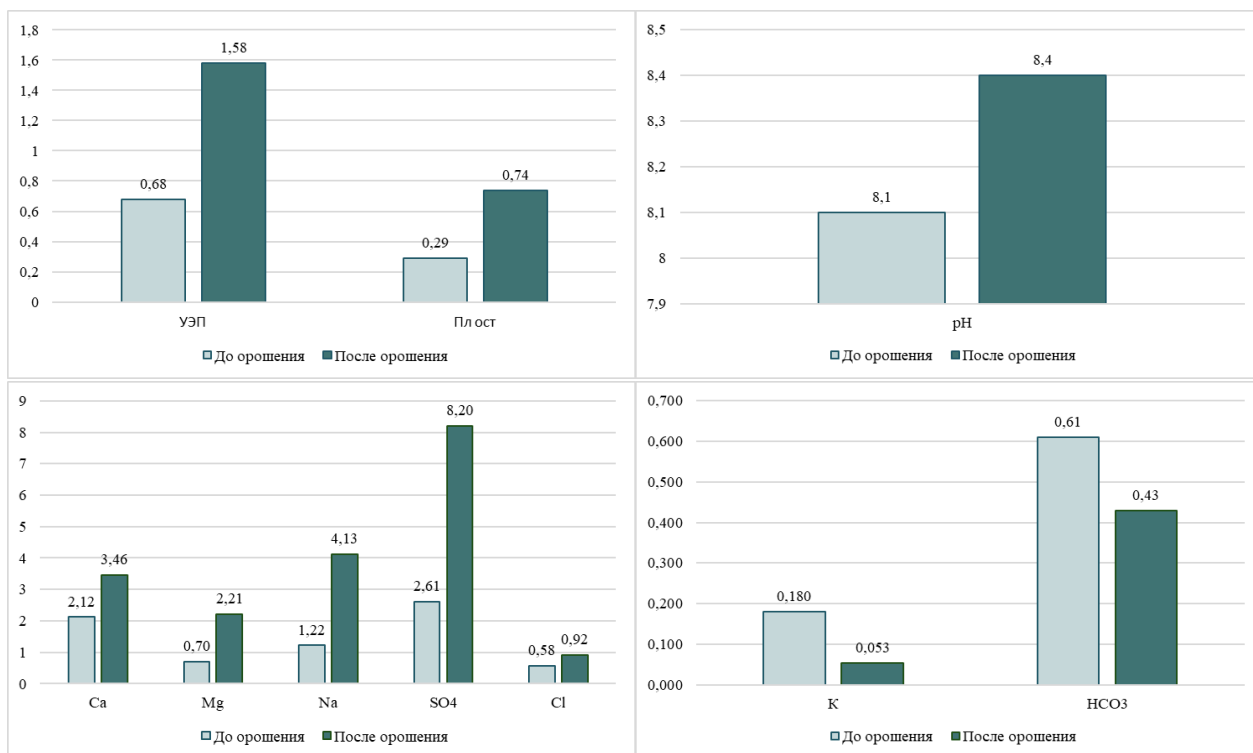


Рис. Изменение показателей почвы, без и после орошения (pH, ед; УЭП, мСм/см; Пл. ост., %; K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, ммоль(экв)/100 г)

На рисунке представлены аттестованные значения показателей лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы, которые были определены до и после её орошения. Как видно из представленных диаграмм, произошло увеличение магний-, натрий- и сульфат-иона в 3,2 раза, при этом содержание калий-иона снизилось в 3,6 раза, а хлорид-иона - в 1,4 раза.

Для оценки вариабельности полученных значений по каждому показателю были определены основные статистические параметры для двух СО (табл. 2, 3). Для этого были взяты результаты протоколов испытаний 44 испытательных лабораторий, аккредитованных на соответствие ГОСТу ISO/IEC 17025-2019, работающих по унифицированным методикам.

## 2. Основные статистические показатели плодородия лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы (без орошения)

Показатель*	pH, ед.	УЭП, мСм/см	Пл. ост., %	K <sup>+</sup> , ммоль(экв)/100г	Ca <sup>2+</sup> , ммоль(экв)/100г
Cv, %	1	12	11	11	14
Mo	8,1	0,69	0,28	0,20	2,10
Min	7,9	0,54	0,20	0,15	1,38
Me	8,2	0,68	0,30	0,19	2,03
Max	8,3	0,86	0,37	0,26	2,95

Показатель	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Cv, %	29	13	15	21	13
Mo	0,75	1,20	3,20	0,52	0,55
Min	0,12	0,73	1,68	0,28	0,45
Me	0,74	1,17	2,73	0,55	0,62
Max	1,65	1,50	3,34	0,95	0,75

\* Cv – коэффициент вариации, Mo – мода, Min – минимальное значение, Me – медиана, Max – максимальное значение.

Набор вариант в почве до орошения характеризовался как более переменчивый – только значения pH имели маленькое численное расхождение относительно друг друга, что доказывается коэффициентом вариации, равным 1%. В то время как значения, выражающие

содержание магния, имели довольно сильный разброс в пределах одного и того же образца (минимальное значение – 0,75 ммоль(экв)/100 г, максимальное – 1,65 ммоль(экв)/100 г) и Cv=29%, остальные показатели характеризовались средней вариабельностью и относительно близкими значениями.

## 3. Основные статистические показатели плодородия лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы (после орошения)

Показатель	pH, ед.	УЭП, мСм/см	Пл. ост., %	K <sup>+</sup> , ммоль(экв)/100 г	Ca <sup>2+</sup> , ммоль(экв)/100 г
Cv, %	1	7	8	11	17
Mo	8,5	1,50	0,75	0,050	3,00
Min	8,2	1,24	0,57	0,031	2,39
Me	8,4	1,56	0,75	0,050	3,28
Max	8,7	1,95	0,81	0,060	4,00

Показатель	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Cv, %	14	6	10	12	16
Mo	2,25	4,10	8,00	0,92	0,40
Min	1,25	3,05	5,74	0,70	0,29
Me	2,25	4,10	8,00	0,92	0,42
Max	2,63	4,96	9,36	1,25	0,60

Проведённое многократное орошение повлияло на содержание элементов питания в пахотном горизонте и на сходимость результатов. Как видно из данных таблицы 3, пестрота почвы стала менее выраженной. Это наблюдается по коэффициентам вариации: теперь уже не один, а пять показателей (pH, УЭП, Пл. ост, натрий и сульфаты) имеют низкий Cv (1-10%), для магния этот показатель уменьшился в 2 раза. У остальных показателей плодородия также отмечено снижение вариабельности значений в ряду.

**Выводы.** Многократное орошение лугово-каштановой солонцевато-солончаковой почвы существенно изменило химические свойства почвы: состав обменных катионов и анионов, произошло соленакопление, в 3 раза увеличились доли магния, натрия и сульфатов в почвенном поглощающем комплексе и в 3 раза

уменьшилась доля калия. Орошение повлияло и на сходимость результатов катионно-анионного состава почвы. Коэффициенты вариации показателей pH, УЭП, Пл. ост, натрий и сульфаты имеют низкие значения ( $C_v=1-10\%$ ), в то время как в таком же типе почвы без орошения разброс вариант был более значительным ( $C_v=11-29\%$ ), за исключением величины pH ( $C_v=1\%$ ).

#### Литература

1. Панкова Е.И., Соловьев Д.А., Рухович Д.И., Савин И.Ю. Мониторинг засоления почв орошаемых территорий Центральной Азии с использованием данных дистанционного зондирования. В кн. «Земельные ресурсы и продовольственная безопасность Центральной Азии и Закавказья». - Рим: ФАО, 2016. - С.309-369.
2. Руководство по управлению засоленными почвами. План реализации Евразийского почвенного партнерства/ Под редакцией Р. Варгаса, Е.И. Панковой, С.А. Балюка, П.В. Красильникова и Г.М. Хасанхановой. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций. -Рим: ФАО, 2017. – 144 с.
3. Кушнарева А.В., Безуглова О.С. Влияние орошения на свойства почв. Обзор // Живые и биокосные системы. – 2023. – № 46. –С.43 URL: <https://jbks.ru/archive/issue-46/article-4>; DOI: 10.18522/2308-9709-2023-46-4

4. Мамонтов В. Г. Классификация деградации почв степных агроландшафтов при орошении // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография в 5 томах. Том. II. Изучение и мониторинг процессов в почвах и водных объектах/ Под редакцией В.Г. Сычева, Л. М. Мюллера. - М.: Изд-во ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. -С. 165–169.
5. Ступакова Г.А., Лунев М.И., Игнатьева Е.Э. Метрологическое обеспечение при мониторинге засоленных почв // Международный сельскохозяйственный журнал. -2019. -№3. -С.69-71.
6. Мамонтов В.Г., Гладков А.А., Кузев М.М. Практическое руководство по химии почв. Анализ водной вытяжки: Учебное пособие /Мамонтов В.Г., Гладков А.А., Кузев М.М. -М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 22 с.
7. Базилевич Н.И., Панкова Е.И. Опыт классификации почв по содержанию токсичных солей и ионов// Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. -1972. -№5. -С.36-49.
8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. -М.: ФГНУ «РОСИНФОРМАГРОТЕХ», 2003. – 240 с.
9. Манжина С.А. К вопросу выявления химизма и степени засоления почв: российские и зарубежные практики // Мелиорация и гидротехника. -2021. -№ 3. -С. 163–181.
10. Пироговская Г.В., Хмелевский С.С. Содержание натрия, хлоридов и сульфатов в почвах г. Минска //Почвоведение и агрохимия. - 2010. - № 1. - С. 243-254.

### ANALYSIS OF THE CATIONIC-ANIONIC COMPOSITION OF MEADOW-CHESTNUT SOLONETZIC-SALINE SOIL WITH DIFFERENT TYPES AND DEGREES OF SALINITY

**G.A. Stupakova, E.E. Ignatieva, A.A. Lapushkina, T.I. Shchiptsova**  
**FGBNU All-Russian Research Institute named after D.N. Pryanishnikova**  
**(FGBNU "VNI Agrochemistry"), 127434, Moscow, Pryanishnikova str., 31A**

*The article presents the results of the cation-anion composition of the aqueous extract from meadow-chestnut solonetzic-saline soil with different types and degrees of salinization. An assessment is given of the change in the content of components of the salt composition of the soil without and after long-term irrigation. After a twenty-year period after irrigation, an increase in the content of magnesium, sodium and sulfate ions by 3.2 times, a decrease in potassium ion by 3.6 times, chloride ion by 1.4 times, and an increase in alkalization of the soil environment was established. As a consequence, the type and degree of soil salinization changed. The main statistical indicators of soil fertility without and after irrigation are determined, and an assessment is given of the variability of the values obtained for each indicator.*  
**Key words:** saline soils, type and degree of salinization, standard samples.

УДК 631.415.2:633.72(213.1:470.62):631.82:631.86

DOI: 10.25680/S19948603.2025.143.15

### ИЗМЕНЕНИЕ АГРОГЕННО-ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ПОЧВ ЧАЙНЫХ ПЛАНТАЦИЙ СУБТРОПИКОВ ПОСЛЕ СНЯТИЯ МНОГОЛЕТНЕЙ НАГРУЗКИ УДОБРЕНИЯМИ

**Н.В. Козлова, к.б.н., Л.С. Малюкова, д.б.н., В.В. Керимзаде,**  
**ФГБУН ФИЦ «Субтропический научный центр Российской академии наук»**  
**354002, Россия, г. Сочи, ул. Я. Фабрициуса, 2/28, e-mail: kozlovanvagro@yandex.ru**

**Публикация подготовлена в рамках реализации государственного задания**  
**ФИЦ СЦ РАН FGRW-2024-0001, № госрегистрации 12402200098-6.**

Исследования проводили на базе длительного полевого многофакторного опыта с NPK-удобрениями на культуре чая на бурых лесных кислых почвах - основных для возделывания чая на Сочинском побережье Черного моря (влажные субтропики). За длительный период применения удобрений (1986-2011 г.) в широком диапазоне доз (70-270 и 120-600 кг N/га на молодой и полновозрастной плантации, 60-180 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га, 50-150 кг K<sub>2</sub>O/га) был сформирован спектр в различной степени агрогенно-измененных почв. С 2012 г. внесение удобрений полностью прекратили. Провели сравнительный анализ урожайности, плодородия и вещественно-функционального состояния почв модельных плантаций чая на заключительном этапе внесения удобрений и спустя 8-10 лет их полной отмены. Основные тренды постагрогенных изменений представили в виде интегральной схемы, состоящей из трех блоков по основному влияющему фактору – отмена азотных, фосфорных и калийных удобрений. Наряду с падением урожайности чая и уровня обеспеченности почв питательными элементами и гумусом, ряд изменений были положительными с экологической точки зрения и демонстрировали постепенное самовосстановление агрогенно-преобразованных почв: ослабление степени агрогенного подкисления («раскисление») и частичное восстановление кислотно-основной буферности; возвращение к исходным гумусному и азотному уровням, баланс различных форм почвенного калия; частичная ремиссия биофункционального состояния почв.