

Научная статья/Research Article

УДК 631.439:66.974.516

DOI: 10.36718/1819-4036-2025-12-76-88

Ольга Алексеевна Ульянова^{1✉}, Наталья Леонидовна Кураченко²,

Ольга Анатольевна Власенко³, Алена Андреевна Колесник⁴

^{1,2,3,4}Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹kora64@mail.ru

²kurachenko@mail.ru

³ovlasenko@mail.ru

⁴airlessxxx@mail.ru

ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНОЙ СОЛИ С ГЕРБИЦИДНОЙ АКТИВНОСТЬЮ НА ПАРАМЕТРЫ ПЛОДОРОДИЯ АГРОЧЕРНОЗЕМА КРАСНОЯРСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Цель исследования – оценка действия природной соли с гербицидной активностью на параметры плодородия агрочернозема Красноярской лесостепи. С целью изучения влияния природной соли на показатели потенциального и эффективного плодородия почвы, структуру урожая и урожайность яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорта Новосибирская 31 был проведен полевой опыт в УНПК «Борский» по следующей схеме: 1 – контрольная (без обработки); 2 – природная соль, 30 %-й раствор; 3 – 30 %-й раствор натуральной соли плюс клей (сателлит, литр жидкости). Повторность эксперимента четырехкратная. В качестве гербицида в эксперименте использовали природные рассолы Троицкого месторождения, расположенного в Красноярском крае, разведанные запасы минерала галита в котором составляют около 1 млрд т. В качестве адгезива использовался сателлит, представляющий собой этоксилат изодецилового спирта. Однократное опрыскивание посевов яровой пшеницы 30 %-м раствором натуральной соли с адгезивом в период начала кущения способствовало увеличению обеспеченности агрочернозема подвижным фосфором и обменным калием; увеличению количества подвижных гуминовых веществ на 12–15 % и не сопровождалось ухудшением состояния почвы (например засолением почв). Под воздействием 30 %-го раствора натуральной соли общая густота увеличилась на 11 %. Добавление клея к 30 %-му раствору натуральной соли способствовало увеличению общего и продуктивного кущения на 13–6 %, увеличению длины растения на 9 см, длины колоса на 2 см и увеличению количества колосков в колосе на 25 % по сравнению с контролем при незначительных отклонениях в индикаторе. Изменение агрохимических свойств агрочернозема и оптимизация элементов структуры урожая под воздействием естественного рассола совместно с прилипателем способствовали формированию максимальной урожайности яровой пшеницы, которая составила 35 ц/га. Увеличение количества зерна пшеницы по сравнению с эталонным показателем составило 32 %.

Ключевые слова: природная соль, Троицкое месторождение соли, гербицид, прилипатель, водная вытяжка, плодородие, агрочернозем, яровая пшеница

Для цитирования: Ульянова О.А., Кураченко Н.Л., Власенко О.А., и др. Оценка действия природной соли с гербицидной активностью на параметры плодородия агрочернозема Красноярской лесостепи // Вестник КрасГАУ. 2025. № 12. С. 76–88. DOI: 10.36718/1819-4036-2025-12-76-88.

Финансирование: работа выполнена при поддержке средств, предоставленных РФФИ, Правительством Красноярского края, Краевым фондом науки и ООО «Троицкая соль» в рамках научного проекта № 20-416-2429030.

Olga Alekseevna Ulyanova^{1✉}, Natalya Leonidovna Kurachenko²,
Olga Anatolyevna Vlasenko³, Alena Andreevna Kolesnik⁴

^{1,2,3,4}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹kora64@mail.ru

²kurachenko@mail.ru

³ovlasenko@mail.ru

⁴airlessxxx@mail.ru

ASSESSMENT OF NATURAL SALT WITH HERBICIDAL ACTIVITY EFFECT ON THE FERTILITY PARAMETERS OF THE KRASNOYARSK FOREST-STEPPE AGRO-CHERNOZEM

*The objective of the study is to evaluate natural salt with herbicidal activity based on the fertility parameters of the agrochernozem of the Krasnoyarsk forest-steppe. In order to study the effect of natural salt on reliable and effective soil fertility, unique yield, and productivity of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties, a field experiment was conducted at the Borsky Scientific and Production Complex on 31 Novosibirsk using the following scheme: 1 – control (no treatment); 2 – natural salt, 30 % solution; 3 – 30 % solution of natural salt plus adhesive (satellite, one liter of liquid). The experiment was repeated four times. Natural brines from the Troitskoye deposit, located in the Krasnoyarsk Region, were used as a herbicide in the experiment. Explored reserves of the halite mineral in these deposits amount to approximately 1 billion tons. Satellite, which is an isodecyl alcohol oxylate, was used as an adhesive. A single spraying of spring wheat crops with a 30% natural salt solution containing adhesive at the onset of tillering increased the availability of mobile phosphorus and exchangeable potassium in agrochernozem soils, as well as an increase in the amount of mobile humic substances by 12–15 %, without any deterioration in soil condition (e.g., soil salinization). Under the influence of a 30% natural salt solution, the overall density increased by 11 %. The addition of adhesive to a 30 % natural salt solution contributed to an increase in overall and productive tillering by 13–6 %, an increase in plant length by 9 cm, spike length by 2 cm, and an increase in the number of spikelets per spike by 25 % compared to the control, with minor deviations in the indicator. Modifying the agrochemical properties of agrochernozem and optimizing the crop structure elements under the influence of natural brine combined with an adhesive promoted maximum spring wheat yield of 35 centners per hectare. The increase in wheat grain yield compared to the benchmark was 32 %.*

Keywords: natural salt, Troitskoye salt deposit, herbicide, adhesive, aqueous extract, fertility, agro-chernozem, spring wheat

For citation: Ulyanova OA, Kurachenko NL, Vlasenko OA, et al. Assessment of natural salt with herbicidal activity effect on the fertility parameters of the Krasnoyarsk forest-steppe agro-chernozem. *Bulletin of KSAU*. 2025;(12):76-88. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2025-12-76-88.

Funding: this work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, the Government of the Krasnoyarsk Region, the Regional Science Foundation, and Troitskaya Sol LLC under research project N 20-416-2429030.

Введение. Создание благоприятных условий для роста и развития сельскохозяйственных культур в течение периода их вегетации определяется комплексом агротехнических мероприятий [1–3], среди которых основная роль отводится борьбе с сорной растительностью, являющейся постоянным компонентом агроэкосистем и определяющей потери урожая от 10 до 50 %. Поэтому объемы применения химических гербицидов в технологиях возделывания полевых культур в несколько раз превышают количество других средств защиты растений [4–5].

Широкое применение гербицидов в сельском хозяйстве привело к возникновению ряда экологических проблем [6–8], таких как разрушение среды обитания жизненных форм [9–10], накопление остаточных количеств гербицидов в окружающей среде [11–13], быстрое появление устойчивых биотипов сорняков [14], которые представляют серьезную угрозу управления растительностью во всем мире [15]. Число сообщений об устойчивых к гербицидам сорнякам увеличилось со 100 случаев в 1985 г. до 500 случаев во всем мире в 2019 г. [16]. В связи с этим необходимо изменить подход к разработке

новых гербицидов. Они должны быть безопасны для окружающей среды и отличаться механизмом действия от существующих препаратов. Перспективным направлением борьбы с сорняками может оказаться использование в качестве гербицидов некоторых природных продуктов. Создание экологически малоопасных средств борьбы с сорной растительностью ведется во всех странах мира и направлено на поиск природных соединений, обладающих гербицидной активностью. Для этого возможно использование природной соли в качестве гербицида. Интерес к хлориду натрия как гербициду имеется как за рубежом, так и в России. В 1938 г. французские исследователи создали препарат Синокс на основе природной соли для обработки посевов льна, зерновых и овощей. В работе зарубежных ученых [15] описывается борьба с сорняками с помощью гранулированного хлорида натрия. На высокогорных пастбищах Южного острова Новой Зеландии применяли соли NaCl в качестве средства для уменьшения количества однолетнего сорняка *Bromus diandrus*. Применение этой соли действовало и на увеличение ее в почве, что привлекло пастбищный скот. В целом внесение соли способствовало увеличению выпаса скота и уменьшению сорняков. В России начали применять хлорид натрия в качестве гербицида с начала XX в., в 1932 г. И. Негодяев предложил использовать соль для борьбы с сорной растительностью. Однако известно, что компоненты соли могут оказать и неблагоприятное действие на почву. Поэтому для устранения отрицательного действия природной соли на почву в данной работе предлагается совместно с ней использовать прилипатель – Сателлит.

Цель исследования – оценка действия природной соли с гербицидной активностью на параметры плодородия агрочернозема Красноярской лесостепи.

Объекты и методы. Исследования проводили в 2021 г. в УНПК «Борский» Красноярского государственного аграрного университета в Красноярской лесостепи (56.43 с.ш., 92.92 в.д.). На этой территории выпадает 350–450 мм осадков в год. Среднегодовая температура воздуха в регионе изменяется от 0,5 до 3,0 °С, понижаясь иногда до –2 °С. Продолжительность периода биологической активности варьирует в пределах 90–155 сут. Сумма активных темпера-

тур составляет 1550–1800 °С, почвы промерзают на глубину 1,5–3,0 м.

Для изучения действия природной соли на показатели потенциального и эффективного плодородия почвы, структуру урожая и урожайность яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) сорт Новосибирская 31 провели полевой опыт по схеме: 1 – контроль (без обработки); 2 – природная соль 30 % раствор; 3 – природная соль 30 % раствор + прилипатель (Сателлит, Ж). Повторность опыта четырехкратная. В опыте в качестве гербицида использовали природные рассолы Троицкого месторождения, территориально расположенного в Красноярском крае с разведанными запасами минерала галита около 1 млрд т. Химический состав неочищенного природного рассола этого месторождения включал, г/л: хлориды – 131,0; сульфаты – 1,6; Na – 77,1; Ca – 2,6; K – 2,4; Mg – 0,5. В состав природной соли входили следующие микроэлементы, мг/л: Mn – 4,2; Ni – 2,4; Co – 2,6; Zn – 1,6; Cu – 0,6; Cr – 0,5 и др.

В качестве прилипателя использовали Сателлит – этоксилат изодецилового спирта, который применяется с гербицидами, для улучшения качества обработок сорных растений внекорневым способом, уменьшает поверхностное натяжение капель вносимого раствора, обеспечивая образование однородной пленки на поверхности листьев, что способствует лучшему прилипанию гербицида и его поглощению сорными растениями.

Концентрацию природной соли получили методом разбавления исходного базового рассола. Выбор концентрации природной соли в качестве гербицида основан на предварительных экспериментах в полевых условиях. Общая площадь делянки составляла 15 м², учетная – 10 м², расположение – систематическое.

Почва опытного участка – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный тяжелосуглинистого гранулометрического состава, характеризующийся высоким содержанием гумуса (6,0–6,5 %), очень высокой суммой обменных оснований (53,2–62,0 ммоль/100 г), нейтральной реакцией почвенного раствора (pH_{H2O} = 6,8–6,9), очень высоким содержанием подвижного фосфора (343–316 мг/кг) и обменного калия (228,6–220,1 мг/кг).

Посев яровой пшеницы провели 19 мая 2021 г. сеялкой ССНП-16, норма высева – 180 кг всхожих семян на 1 га. С помощью профессиональ-

ного аккумуляторного телескопического опрыскивателя (CAIMAN TELESCOPIC 150 EW) проводили сплошное опрыскивание посевов яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 в фазу кущения при массовом появлении сорняков. Норму расхода рабочей жидкости рассчитывали исходя из гектарной нормы в 300 л/га. Густоту всходов подсчитывали в фазу полных всходов на закрепленных учетных площадках площадью 0,25 м², расположенных по их диагонали, в четырехкратной повторности на каждой делянке. Эти закрепленные площадки использовали и для отбора снопов для определения структуры урожая. Учет урожая зерна проводили методом прямого комбайнирования, для этого использовали зерноуборочный комбайн TERRION. Затем взвешивали зерно и приводили к стандартной влажности (ГОСТ 10841-82). Отбор почвенных образцов провели из слоя 0–20 см в 4-кратной повторности до обработки делянок (начало кущения), в период колошения и восковой спелости пшеницы. В образцах определяли: рН_{H2O} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26423-85); азот аммонийный – по ГОСТ 26489-85; нитратный азот опре-

деляли дисульфифеноловым методом в модификации С.Л. Иодко, И.Н. Шаркова [17]; подвижный фосфор и обменный калий – по Чирикову (ГОСТ 26204-91), содержание гумуса – по Тюрину [18]. Статистическую обработку полученных результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы MS Excel [19].

Результаты и их обсуждение. Как известно [20], фитотоксичное действие гербицидов на сорные растения зависит от температуры окружающей среды, условий увлажнения, запасов гумуса и других факторов. Наибольший эффект от их применения происходит при температуре 16–24 °С. Слабое воздействие на сорные растения оказывают гербициды при температуре свыше 25 °С и низкой относительной влажности воздуха. Как видно из рисунка 1, начало вегетационного периода яровой пшеницы сопровождалось высокой среднесуточной температурой воздуха и небольшим количеством осадков. Июньский период характеризовался большим количеством осадков, что превысило норму на 75 %.

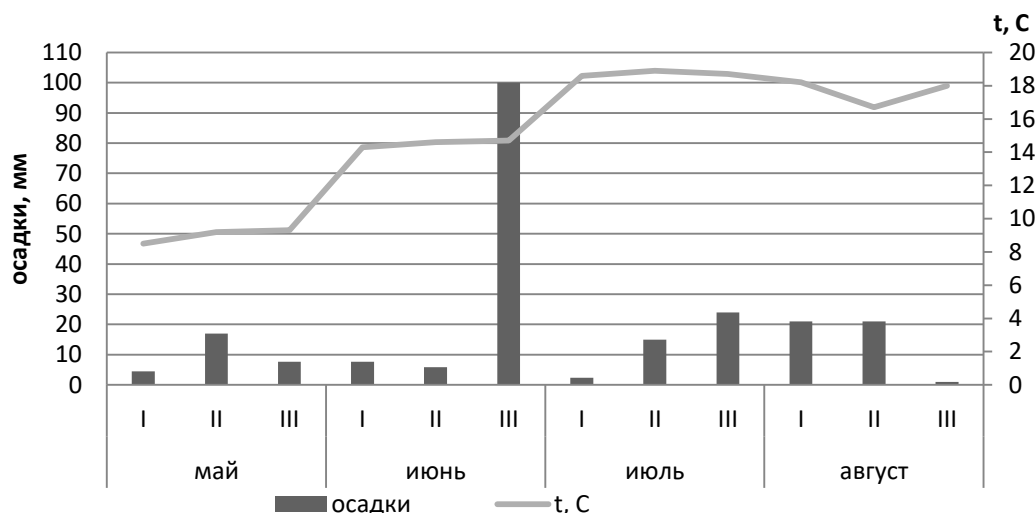


Рис. 1. Показатели режимов температуры и осадков за вегетационный сезон 2021 г.
Indicators of temperature and precipitation regimes for the growing season 2021

В этот период температура воздуха была ниже среднееголетнего показателя на 0,7 °С. В июле температура воздуха превышала среднееголетний уровень на 0,3 °С, количество осадков составляло 78 % к норме. Температура воздуха в августе превысила среднееголетний уровень на 3 °С, а количество осадков составляло 66 % к норме.

Важным показателем физико-химических свойств почв является реакция среды (рН_{H2O}).

Почва характеризовалась нейтральной реакцией почвенного раствора. При опрыскивании посевов яровой пшеницы 30 % раствором природной соли в качестве гербицида отметили тенденции изменения этого показателя на 0,04–0,23 ед. в течение вегетации растений. На варианте с использованием прилипателя и природной соли – рН_{H2O} оставался на уровне контроля (табл. 1).

Таблица 1

Статистические показатели динамики агрохимических свойств агрочернозема
Statistical indicators of the dynamics of agrochemical properties of agrochernozem

Вариант	Контроль		Природная соль 30 % раствор		Природная соль 30% раствор + прилипатель	
Срок отбора	рН _{H2O}					
	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %	M ± m	Cv, %
Июнь	6,81 ± 0,26	7	7,03 ± 0,06	1	6,63 ± 0,17	4
Июль	7,19 ± 0,04	1	7,23 ± 0,11	3	6,96 ± 0,01	1
Август	6,75 ± 0,07	3	6,81 ± 0,01	1	6,86 ± 0,11	5
N-NO ₃ , мг/кг						
Июнь	6,2 ± 1,6	35	3,4 ± 0,7	33	5,5 ± 1,1	33
Июль	3,8 ± 0,1	1	3,4 ± 0,7	5	4,5 ± 0,6	5
Август	4,5 ± 0,6	26	8,3 ± 1,7	32	8,5 ± 0,9	22
N-NH ₄ , мг/кг						
Июнь	10,7 ± 1,4	23	9,6 ± 1,2	17	12,6 ± 0,7	10
Июль	9,1 ± 0,4	7	10,5 ± 0,7	13	9,3 ± 4	7
Август	9,0 ± 1,1	25	10,7 ± 0,9	16	9,2 ± 1,6	35
P ₂ O ₅ , мг/кг						
Июнь	182,7 ± 15,7	15	200,9 ± 19,5	17	200,7 ± 7,8	7
Июль	175,9 ± 1,1	1	194,1 ± 4,8	4	184,3 ± 2,9	3
Август	190,4 ± 6,8	7	230,1 ± 2,0	2	215,9 ± 2,3	2
K ₂ O, мг/кг						
Июнь	375,7 ± 72,3	33	344,7 ± 39,9	20	345,7 ± 44,4	22
Июль	396,8 ± 48,4	21	453,8 ± 39,6	15	460,9 ± 27,6	10
Август	229,4 ± 11,8	10	389,7 ± 23,7	12	318,7 ± 32,7	21

Исследование закономерностей формирования и динамики агрохимических свойств представляет основу управления продукционным процессом. Яровая пшеница – требовательная к условиям минерального питания культура. Большинство элементов питания усваивается ею от начала выхода в трубку до цветения. В системе удобрения яровой пшеницы главную роль играет азот. В почвах Сибири нитратный азот является главным источником азотного питания растений. Обеспеченность нитратным азотом по всем вариантам опыта, согласно графикам Г.П. Гамзикова [21], очень низкая на протяжении всего периода вегетации культуры. Следует отметить, наименьшее его количество наблюдается в июле по всем вариантам опыта, что обусловлено наибольшим потреблением азота в этот период, и это не противоречит литературным данным [22]. Обеспеченность почвы аммонийной формой азота изменяется от очень низкой до низкой в зависимости от варианта опыта и времени потребления его на формирование урожайности.

Фосфор – один из основных макроэлементов питания растений. Почва контрольного варианта характеризуется средней обеспеченностью подвижным фосфором в течение всего периода вегетации яровой пшеницы. Обработка посевов культуры 30 % раствором природной соли с прилипателем и без него способствовала увеличению обеспеченности подвижным фосфором со средней, отмеченной на контроле, до повышенной при низком коэффициенте вариации. Снижение обеспеченности подвижным фосфором в обработанных гербицидами вариантах в июле связано с максимальным потреблением этого питательного элемента в данный период вегетации культуры. Важным элементом питания растений является калий. Почва контрольного варианта характеризуется очень высокой обеспеченностью обменным калием. Последнее характерно для почв Красноярского края и является следствием обогащенности калием материнских пород тяжелого гранулометрического состава. Очень высокая обеспеченность обменным калием сохраняется

на протяжении всей вегетации яровой пшеницы. Отметим, что опрыскивание растений природной солью с прилипателем и без него способствовало росту количества обменного калия в почве в июле на 14–16 %, а в августе – на 39–70 % к контролю в зависимости от варианта опыта. Варьирование показателя изменялось от низкого до среднего уровня обеспеченности.

Одним из важнейших агрохимических показателей, определяющих уровень потенциально-го и эффективного плодородия почвы, является содержание органического вещества. Оценивая структуру органического вещества следует отметить, что с позиций почвенного плодородия его делят на подвижное, обеспечивающее эффективное плодородие, и стабильное, обуславливающее устойчивость плодородия, урожаев и

свойств почв в многолетнем цикле. Подвижное органическое вещество рассматривается как сумма водорастворимых и гумусовых веществ, экстрагируемых 0,1 нормальной щелочью. Подвижное органическое вещество ($C_{\text{подв}}$), извлекаемое H_2O и 0,1 н NaOH, представляет ближайший резерв для микробиологического разложения. Результаты проведенных исследований показали, что агрочернозем характеризовался высоким содержанием органического вещества. В среднем в динамике в варианте с обработкой растений 30 % раствором природной соли отметили рост показателя в пределах 5 % к контролю. Добавление прилипателя к природной соли не оказало существенного действия на этот показатель. Варьирование показателя было низким (табл. 2).

Таблица 2

Структура органического вещества агрочернозема
The structure of organic matter agrochernozem

Вариант	Июнь	Июль	Август	Хср	Cv, %
	2021 г.				
C _{орг} , мг/100 г					
Контроль	3686	3654	3898	3746	4
Природная соль 30 % раствор	3601	3872	4315	3929	9
Природная соль 30 % раствор + прилипатель	3591	3532	4045	3723	8
C _{H2O} , мг/100 г					
Контроль	24,7	31,8	17,1	24,5	30
Природная соль 30 % раствор	27,3	31,8	15,5	24,9	34
Природная соль 30 % раствор + прилипатель	27,3	31,4	13,2	24,0	40
C _{NaOH} , мг/100 г					
Контроль	625,2	653,0	628,8	635,7	2
Природная соль 30 % раствор	650,7	702,0	792,6	715,1	10
Природная соль 30 % раствор + прилипатель	737,0	717,0	755,5	736,5	3
C _{гк} , мг/100 г					
Контроль	318	340	307	322	5
Природная соль 30 % раствор	308	368	390	355	12
Природная соль 30 % раствор +прилипатель	398	375	385	380	3
C _{фк} , мг/100 г					
Контроль	307,2	313	321,8	314	2
Природная соль 30 % раствор	342,7	334	402,6	360	10
Природная соль 30 % раствор + прилипатель	339	342	370,5	351	5
C _{подв}					
Контроль	649,9	684,8	645,9	660,2	3
Природная соль 30 % раствор	678,0	733,8	808,1	740	9
Природная соль 30 % раствор + прилипатель	764,3	748,4	768,7	760,5	1
C _{стаб}					
Контроль	3036,1	2969,6	3252,1	3085,9	9
Природная соль 30 % раствор	2923,0	3138,2	3506,9	3187,7	9
Природная соль 30 % раствор +прилипатель	2826,7	2783,6	3276,3	2962,2	9

Различия между вариантами по показателю водорастворимого органического вещества были статистически незначимыми. Содержание C_{H_2O} – динамичный показатель, с этим может быть связано высокое варьирование во всех вариантах (C_v изменялось в пределах 30–40 %). Количество подвижного органического вещества при обработке посевов пшеницы 30 % раствором природной соли увеличилось на 12 %, а добавление к ней прилипателя способствовало росту показателя на 15 % к контролю. Преобладающей фракцией в составе подвижного органического вещества являлся углерод, экстрагируемый 0,1 нормальной щелочью. Этот показатель повысился к контролю на 12 % при применении природной соли и на 16 % при опрыскивании посевов пшеницы природной солью с прилипателем.

В составе органического вещества пахотных почв Красноярского края преобладает стабильный гумус ($C_{\text{стаб}}$) [23]. Это обусловлено значительным повышением консервативности органического вещества вследствие утраты большей части его легкоминерализуемой (лабильной) фракции. Результаты исследований под-

тверждают это. Во всех вариантах полевого опыта в структуре углерода органического вещества преобладает углерод стабильного гумуса, на долю которого приходится 80–82 %. Среди подвижных форм преобладают соединения, экстрагируемые 0,1 н NaOH (12–15 %). Доля водорастворимых соединений не превышает 1 %.

Результаты проведенных исследований показали, что опрыскивание посевов яровой пшеницы 30 % раствором природной соли с прилипателем и без него оказали неоднозначное влияние на структуру урожая яровой пшеницы. Под действием раствора 30 % природной соли увеличилась только общая кустистость на 11 %. Применение природной соли совместно с прилипателем способствовало росту общей кустистости на 13 %, а продуктивной – на 6 % к контролю. В этом же варианте повысились на 9 см длина растений, на 2 см длина колоса и на 25 % возросло количество колосков в колосе к контролю при незначительном варьировании показателя (табл. 3). По-видимому, прилипатель является естественным ингибитором поступления ионов натрия и хлора в корни, тем самым защищая растения от стресса.

Таблица 3

Статистические показатели структуры урожая яровой пшеницы сорта Новосибирская 31
Statistical indicators of the structure of the yield of spring wheat variety Novosibirskaya 31

Показатель			Контроль (без обработки)	Природная соль 30 % раствор	Природная соль 30 % раствор + прилипатель
Кустистость	общая	$M \pm m$	621 ± 84	690 ± 102	700 ± 102
		$C_v, \%$	26	30	29
	продуктивная	$M \pm m$	562 ± 78	460 ± 54	595 ± 90
		$C_v, \%$	28	23	30
Длина растений, см	$M \pm m$		88 ± 2	84 ± 3	97 ± 4
	$C_v, \%$		6	7	8
Длина колоса, см	$M \pm m$		$7,1 \pm 0,4$	$6,5 \pm 0,5$	$9,1 \pm 1,0$
	$C_v, \%$		12	17	22
Количество колосков в колосе, шт.	$M \pm m$		12 ± 1	11 ± 1	15 ± 1
	$C_v, \%$		12	1	19
Масса 1000 зерен, г	$M \pm m$		$30,1 \pm 0,4$	$30,7 \pm 0,3$	$32,6 \pm 0,1$
	$C_v, \%$		3	6	9

Масса 1000 зерен на контроле составила 30,1 г. При опрыскивании 30 % раствором природной соли посевов пшеницы отметили тенденцию повышения этого показателя. Совместное применение природной соли и прилипателя

увеличило этот показатель на 8 % к контролю по причине, указанной выше (см. табл. 3).

Проведенные исследования [24] показали, что в условиях сильного засорения посевов яровой пшеницы максимальная эффективность 30 % раствора природной соли была отмечена

на варианте с прилипателем Сателлит, Ж, где наблюдали снижение общей засоренности посевов к уборке пшеницы на 84 % по количеству сорняков и на 89 % по биомассе, что способствовало формированию максимальной урожай-

ности яровой пшеницы (35 ц/га), прибавка к контролю составила 32 % (рис 2). Это свидетельствует об эффективности технологии применения природной соли совместно с прилипателем.

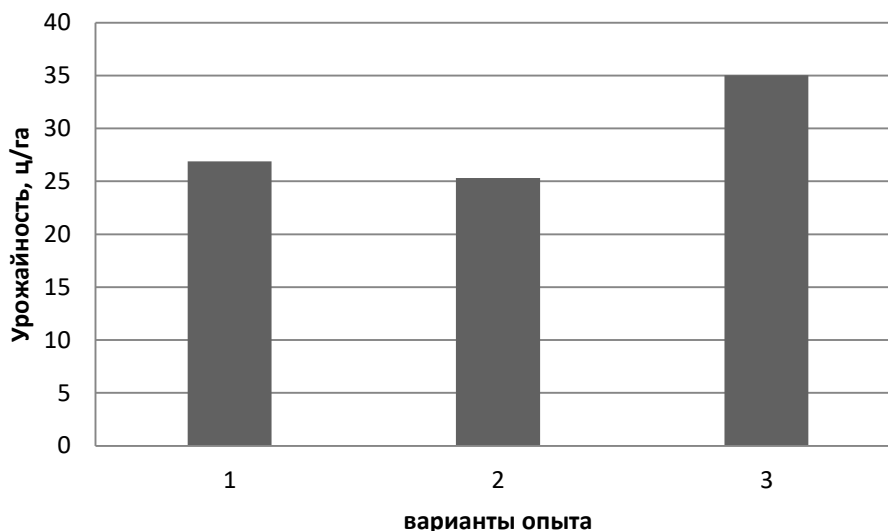


Рис. 2. Урожайность яровой пшеницы сорт Новосибирская 31 по вариантам опыта:

1 – контроль (без обработки); 2 – природная соль 30 % раствор;

3 – природная соль 30 % раствор + прилипатель

The yield of spring wheat, variety Novosibirskaya 31, according to the experimental options:

1 – control (without treatment); 2 – natural salt 30 % solution; 3 – natural salt 30 % solution + adhesive

Анализ водной вытяжки показывает, что в агрочерноземе глинисто-иллювиальном типичном в составе водной вытяжки среди катионов преобладает кальций, среди анионов – хлор. Содержание катионов Ca^{2+} в почве опытного участка до гербицидной обработки варьировало от 0,271 до 0,318; Cl^- – от 0,018 до 0,022 ммоль/100 г. Такое же количество ионов сохраняется в почве контрольного варианта до начала созревания пшеницы. Применение 30 % раствора природной

соли в качестве гербицида на посевах яровой пшеницы привело к увеличению концентрации катиона Na^+ в 2,5–3,7 и аниона Cl^- в 4,3–5,6 раза по сравнению с контролем. Полученная закономерность проявилась через две недели после применения природной соли.

В почвенном растворе агрочернозема до гербицидной обработки посевов присутствуют соли CaSO_4 , NaCl (табл. 4).

Таблица 4

Качественный состав солей в агрочерноземе до и после обработки посевов яровой пшеницы природной солью (0–20 см)
The qualitative composition of salts in agrochernozem before and after the treatment of spring wheat crops with natural salt (0–20 cm)

Вариант	Соли	Ммоль/100 г	%
1	2	3	4
30 июня 2021 г. (до обработки)			
Контроль (без обработки)	CaSO_4	0,026	0,018
	NaCl	0,036	0,021
Природная соль 30 %	CaSO_4	0,022	0,015
	NaCl	0,040	0,023
Природная соль 30 % + прилипатель	CaSO_4	0,030	0,020
	NaCl	0,044	0,026

Окончание табл. 4

1	2	3	4
13 июля 2021 г.			
Контроль (без обработки)	CaSO ₄	0,074	0,050
	NaCl	0,028	0,016
Природная соль 30 %	CaSO ₄	0,028	0,019
	NaCl	0,070	0,041
	MgCl ₂	0,118	0,056
	CaCl ₂	0,008	0,004
Природная соль 30 % + прилипатель	CaSO ₄	0,034	0,023
	NaCl	0,104	0,061
	MgCl ₂	0,102	0,049
	CaCl ₂	0,052	0,029
27 июля 2021 г.			
Контроль (без обработки)	CaSO ₄	0,042	0,029
	NaCl	0,030	0,018
	MgCl ₂	0,010	0,005
Природная соль 30 %	CaSO ₄	0,026	0,018
	NaCl	0,070	0,041
Природная соль 30 % + прилипатель	CaSO ₄	0,036	0,025
	NaCl	0,052	0,030
17 августа 2021 г.			
Контроль (без обработки)	CaSO ₄	0,124	0,084
	NaCl	0,016	0,009
Природная соль 30 %	CaSO ₄	0,114	0,098
	NaCl	0,016	0,009
Природная соль 30 % + прилипатель	CaSO ₄	0,140	0,095
	NaCl	0,024	0,014

Поступление в почву остаточных количеств природного гербицида в момент опрыскивания посевов яровой пшеницы, сорных растений и их увядания определило появление в почвенном растворе токсичных солей MgCl₂ и CaCl₂. Осадки июльского периода способствовали растворению и миграции солей из корнеобитаемого слоя, что иллюстрируется данными рисунка 3. Анализ данных показывает, что концентрация нетоксичных и токсичных солей в почвенном растворе агрочернозема незначительная и не превышает 0,2 %. Динамика концентрации нетоксичных солей по вариантам опыта имеет общую закономерность. Ее особенностью является увеличение концентрации до 0,08–0,10 % к периоду созревания пшеницы. Для большинства типов почв характерно постепенное, иногда весьма значительное возрастание концентрации почвенных растворов, особенно в верхних горизонтах, от весны к лету. Это связано с концентрированием почвенной влаги за счет испарения и транспирации, увеличением интенсивности разложения органических остатков в теплое время года.

Ход сезонной динамики токсичных солей в почвенном растворе агрочернозема по вариантам опыта имел иной характер. Применение природной соли в качестве гербицида определило повышение количества токсичных солей в почве через две недели до 0,10–0,14 %, что в 6–9 раз больше по сравнению с контрольным вариантом (см. рис. 3).

Максимальное количество токсичных солей в почве в этот период выявлено на варианте опыта, где природная соль применялась совместно с прилипателем Сателлит. В различных почвах может присутствовать одно и то же количество солей, но в зависимости от их состава почвы будут обладать разной степенью засоленности, что обусловлено неравноценной токсичностью для растений присутствующих солей. Оценка степени засоленности по наличию в почве токсичных ионов солей на основе «суммарного эффекта» показала, что агрочернозем при применении природной соли в технологии возделывания яровой пшеницы не характеризуется засолением (табл. 5).

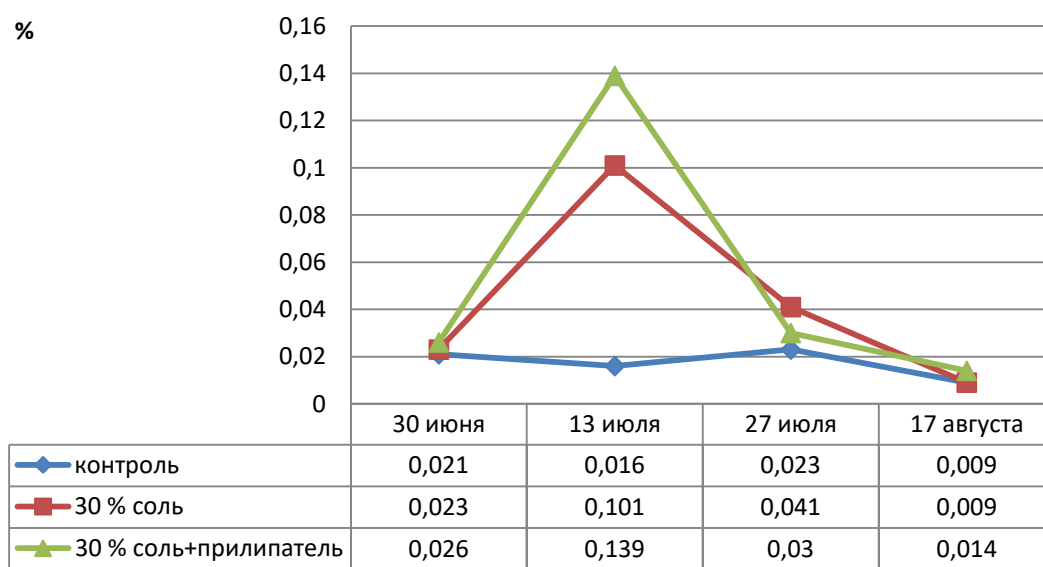
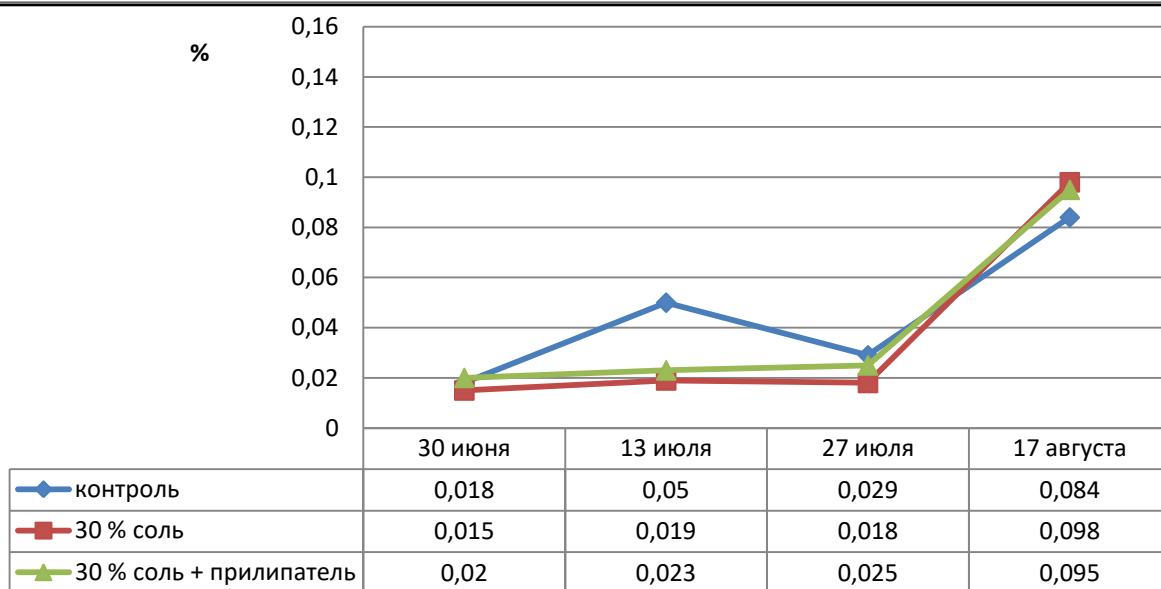


Рис. 3. Динамика нетоксичных (А) и токсичных (Б) солей в агрочерноземе, %
Dynamics of non-toxic (A) and toxic (B) salts in agrochernoze, %

Таблица 5

Суммарный эффект токсичных ионов, ммоль/100 г
The total effect of toxic ions, mmol / 100 g

Вариант	Срок определения			
	30.06	13.07	27.07	17.08
Контроль (без обработки)	0,021	0,030	0,024	0,092
Природная соль 30 %	0,022	0,101	0,038	0,091
Природная соль 30 % + прилипатель	0,025	0,132	0,030	0,026

Суммарный эффект токсичных ионов в агрочерноземе не превышает 0,3 ммоль/100 г почвы, что позволяет отнести почвы к незасоленным. Однократное опрыскивание вегетирующей пшеницы раствором соли с концентрацией 30 %

существенным образом не изменяет состав водной вытяжки и не определяет засоление почвы и возможность ее дальнейшего осолонцевания.

Заключение. В результате исследования были сделаны следующие выводы:

1. Обработка посевов яровой пшеницы 30 % раствором природной соли с прилипателем и без него способствовала увеличению обеспеченности подвижным фосфором со средней, отмеченной на контроле, до повышенной при низком коэффициенте вариации, а также росту количества обменного калия в почве в июле на 14–16 %, а в августе – на 39–70 % к контролю в зависимости от варианта опыта.

2. Применение природной соли и прилипателя приводило к увеличению на 5 % общего содержания органического вещества и на 12–15 % подвижных его форм. Максимальному увеличению углерода подвижного органического вещества способствовало внесение природной соли совместно с прилипателем.

3. Обнаружено, что при обработке посевов яровой пшеницы раствором 30 % природной соли увеличилась на 11 % общая кустистость. Применение природной соли совместно с при-

липателем способствовало росту общей кустистости на 13 %, а продуктивной – на 6 % к контролю. В этом же варианте повысились на 9 см длина растений, на 2 см длина колоса и на 25 % возросло количество колосков в колосе к контролю при незначительном варьировании показателя.

4. Однократное опрыскивание вегетирующей пшеницы раствором соли с концентрацией 30 % существенным образом не изменило состав водной вытяжки и не привело к засолению почвы и возможности ее дальнейшего осолонцевания.

5. Максимальная урожайность зерна пшеницы (35 ц/га) сформировалась при опрыскивании посевов 30 % раствором природной соли, используемой совместно с сателлитом (прилипателем), где прибавка зерна пшеницы составила 32 % к контролю. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности технологии применения 30 % раствора природной соли совместно с прилипателем.

Список источников

1. Strizhkov N.I., Azizov Z.M., Suminova N.B., et al. The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of *Nicandra physalodes* biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga Region // J. Pharmaceut. Sci. Res. 2018. Vol. 10, N 4. P. 323–329.
2. Nikolaichenko N.V. Productivity of nontraditional medicinal and forage crops in the conditions of dry steppe of the Volga Region // Inter. J. Adv. Biotechnol. Res. 2019. Vol. 10, N 2. P. 384–391.
3. Курдюкова О.Н. Система химических приемов контроля сорняков в посевах подсолнечника // Вестник КрасГАУ. 2021. № 1. С. 37–42.
4. Aktar W., Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture: their benets and hazards // Interdisc. Toxicol. 2009. Vol. 2, N 1. P. 1–12.
5. Cantrell C.L., Dayan F.E., Duke S.O. Natural products as sources for new pesticides // J. Nat. Prod. 2012. Vol. 75, N 6. P. 1231–1242.
6. Немченко В.В., Рыбина Л.Д. Эффективность применения гербицидов и азотных удобрений при выращивании яровой пшеницы // Агрохимия. 2007. № 3. С. 41–46.
7. Слободчиков А.А. Влияние средств защиты растений на продуктивность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34, № 2. С. 10–14.
8. Химическая защита зерновых культур в Красноярском крае: методические рекомендации. Красноярск, 2009. С. 5–12.
9. Захаренко В.А. Гербициды. М., 1990. 240 с.
10. Содбоева Ю.Ю., Батудаев А.П., Соболев В.А., и др. Влияние гербицидов избирательного действия на биологическую активность и токсичность почвы в условиях степной зоны Бурятии // Вестник КрасГАУ. 2018. № 6. С. 17–20.
11. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Протасова Л.Д., и др. Многолетнее применение общеистребительного гербицида Раундап в центральном регионе Нечерноземья // Агрохимия. 2010. № 2. С. 29–36.
12. Спиридонов Ю.Я., Жемчужин С.Г., Клейменова И.Ю., и др. Современное состояние проблемы изучения и применения гербицидов (дайджест публикаций за 2014–2017 гг.) // Агрохимия. 2019. № 6. С. 81–91.

13. Гогмачадзе Г.Д., Матюк Н.С., Полин В.Д., и др. Роль систем обработки почвы и гербицидов в снижении уровня засоренности посевов культур зернопропашного севооборота // АгроЭкоИнфо. 2019. № 4.
14. Козлова Е.В., Злотникова О.В. Качество пыльцы как индикаторный признак последствий гербицидов у культурных растений // Вестник КрасГАУ. 2014. № 11. С. 132–136.
15. Brosnan J.T., DeFrank J., Woods M. S., et al. Efficacy of Sodium Chloride Applications for Control of Goosegrass (*Eleusine indica*) in Seashore Paspalum Turf // Weed Technology. 2009. Vol. 23, is. 1. P. 179–183.
16. Derr J.F., Neal J.C., Bhowmik P.C. Herbicide resistance in the nursery crop production and landscape maintenance industries // Weed Technology. 2020. Vol. 34, is. 3, P. 437–446.
17. Иодко С.Л., Шарков И.Н. Новая модификация дисульфифенолового метода определения нитратов в почве // Агрохимия. 1994. № 4. С. 95–97.
18. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ. 1970. 478 с.
19. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
20. Яровая пшеница. Современные технологии возделывания в Красноярском крае: науч.-практ. рекомендации. Красноярск, 2021. 132 с.
21. Гамзиков Г.П. Практические рекомендации по почвенной диагностике азотного питания полевых культур и применению азотных удобрений в сибирском земледелии: практические рекомендации. М.: Росинформагротех, 2018. 48 с.
22. Пути сохранения и повышения плодородия почв Красноярского края: науч.-практ. рекомендации. Красноярск, 2020. 48 с.
23. Чупрова В.В., Люкшина И.В., Белоусов А.А., и др. Запасы и динамика легкоминерализуемой фракции органического вещества в почвах Средней Сибири // Вестник КрасГАУ. 2003. № 3. С. 65–74.
24. Kurachenko N.L., Ulyanova O.A., Vlasenko O.A. Herbicidal efficiency of natural salt in cultivation of spring wheat. In: International conference "Scientific research of the SCO countries: Synergy and integration". Beijing, China, 15 Sep 2021. P. 233–241.

References

1. Strizhkov NI, Azizov ZM, Suminova NB, et al. The effect of the sowing methods and the seeding rate on the yield of nicandra physalodes biomass in single-species and mixed with sugar sorghum phytocenoses in the steppe zone of the Volga Region. *J. Pharmaceut. Sci. Res.* 2018;10(4):323-329.
2. Nikolaichenko NV. Productivity of nontraditional medicinal and forage crops in the conditions of dry steppe of the Volga Region. *Inter. J. Adv. Biotechnol. Res.* 2019;10(2):384-391.
3. Kurdyukova ON. The system of chemical methods of weed control in sunflower crops // Bulletin of KSAU. 2021;1:37-42. (In Russ.).
4. Aktar W, Sengupta D, Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture: their benets and hazards. *Interdisc. Toxicol.* 2009;2(1):1-12.
5. Cantrell CL, Dayan FE, Duke SO. Natural products as sources for new pesticides. *J. Nat. Prod.* 2012;75(6):1231-1242.
6. Nemchenko VV, Rybina LD. The effectiveness of herbicides and nitrogen fertilizers in the cultivation of spring wheat. *Agrochemistry.* 2007;3:41-46. (In Russ.).
7. Slobodchikov AA. The effect of plant protection products on the productivity of spring wheat. *Achievements of science and technology of the agroindustrial complex.* 2020;34(2):10-14. (In Russ.).
8. *Chemical protection of grain crops in the Krasnoyarsk Territory: methodological recommendations.* Krasnoyarsk; 2009. P. 5–12. (In Russ.).
9. Zaharenko VA. *Gerbicidy.* Moscow; 1990. 240 p. (In Russ.).
10. Sodboeva YuY, Batudaev AP, Sobolev VA., et al. The effect of selective herbicides on the biological activity and toxicity of soil in the steppe zone of Buryatia. *Bulletin of KSAU.* 2018;6:17-20. (In Russ.).
11. Spiridonov YuYa, Larina GE, Protasova LD, et al. Long-term use of the common herbicide Roundup in the central region of the Non-Chernozem Region. *Agrochemistry.* 2010;2:29-36. (In Russ.).

12. Spiridonov YuYa, Zhemchuzhin SG, Kleimenova IYu, et al. The current state of the problem of studying and applying herbicides (digest of publications for 2014–2017). *Agrochemistry*. 2019;6:81-13. (In Russ.).
13. Gogmachadze GD, Matyuk NS, Polin VD, et al. The role of tillage systems and herbicides in reducing the level of contamination of crops of crops of arable crop rotation. *AgroEcoInfo*. 2019;4. (In Russ.).
14. Kozlova EV, Zlotnikova OV. Pollen quality as an indicator sign of the aftereffect of herbicides in cultivated plants. *Bulletin of KSAU*. 2014;11:132-136. (In Russ.).
15. Brosnan JT, DeFrank J, Woods MS, et al. Efficacy of Sodium Chloride Applications for Control of Goosegrass (*Eleusine indica*) in Seashore Paspalum Turf. *Weed Technology*. 2009;23(1):179-183.
16. Derr JF, Neal JC, Bhowmik PC. Herbicide resistance in the nursery crop production and landscape maintenance industries. *Weed Technology*. 2020;34(3):437-446.
17. Iodko SL, Sharkov IN. A new modification of the disulfophenol method for the determination of nitrates in soil. *Agrochemistry*. 1994;4:95-97. (In Russ.).
18. Arinushkina EV. *Rukovodstvo po himicheskomu analizu pochv*. Moscow: Moscow State University; 1970. 478 p. (In Russ.).
19. Dospekhov BA. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)*. 5-e izd., dop. i pererab. Moscow: Agropromizdat; 1985. 351 p. (In Russ.).
20. Yarovaya pshenica. *Sovremennye tehnologii vozdel'yvaniya v Krasnoyarskom krae: nauch.-prakt. rekomendacii*. Krasnoyarsk; 2021. 132 p. (In Russ.).
21. Gamzikov GP. *Prakticheskie rekomendacii po pochvennoj diagnostike azotnogo pitaniya polevyh kul'tur i primeneniyu azotnyh udobrenij v sibirskom zemledelii: prakticheskie rekomendacii*. Moscow: Rosinformagrotech; 2018. 48 p. (In Russ.).
22. *Puti sohraneniya i povysheniya plodorodiya pochv Krasnoyarskogo kraja: nauch.-prakt. rekomendacii*. Krasnoyarsk; 2020. 48 p. (In Russ.).
23. Chuprova VV, Lyukshina IV, Belousov AA, et al. Reserves and dynamics of the easily mineralized fraction of organic matter in the soils of Central Siberia. *Bulletin of KSAU*. 2003;3:65-74. (In Russ.).
24. Kurachenko NL, Ulyanova OA, Vlasenko OA. Herbicidal efficacy of natural salt in the cultivation of spring wheat. In: International Conference "Scientific Research of the SCO countries: Unity and Integration". Beijing, China, 15 Sep 2021. P. 233–241.

Статья принята к публикации 20.10.2025 / The article accepted for publication 20.10.2025.

Информация об авторах:

Ольга Алексеевна Ульянова, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук

Наталья Леонидовна Кураченко, профессор кафедры почвоведения и агрохимии, доктор биологических наук, профессор

Ольга Анатольевна Власенко, заведующая кафедрой почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук, доцент

Алена Андреевна Колесник, доцент кафедры почвоведения и агрохимии, кандидат биологических наук

Information about the authors:

Olga Alekseevna Ulyanova, Professor, Department of Soil Science and Agrochemistry, Doctor of Biological Sciences

Natalya Leonidovna Kurachenko, Professor, Department of Soil Science and Agrochemistry, Doctor of Biological Sciences, Professor

Olga Anatolyevna Vlasenko, Head of the Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Alena Andreevna Kolesnik, Associate Professor, Department of Soil Science and Agrochemistry, Candidate of Biological Sciences