

ДЕЙСТВИЕ ПРИРОДНОЙ СОЛИ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ НА АГРОФИЗИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЫ В МОДЕЛЬНОМ ОПЫТЕ*

N.L. Kurachenko, O.A. Ulyanova,
O.A. Vlasenko, E.Yu. Kasanova

THE EFFECT OF NATURAL SALT OF VARIOUS CONCENTRATIONS ON AGROPHYSICAL STATE OF THE SOIL IN MODEL EXPERIMENT

Кураченко Наталья Леонидовна – д-р биол. наук, проф., зав. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.

E-mail: kurachenko@mail.ru

Ульянова Ольга Алексеевна – д-р биол. наук, проф. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: kora64@mail.ru

Власенко Ольга Анатольевна – канд. биол. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: ovlasenko07@mail.ru

Казанова Екатерина Юрьевна – магистрант каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: laletina95@bk.ru

Kurachenko Natalya Leonidovna – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: kurachenko@mail.ru

Ulyanova Olga Alexeevna – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: kora64@mail.ru

Vlasenko Olga Anatolyevna – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: ovlasenko07@mail.ru

Kasanova Ekaterina Yuryevna – Magistrate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: laletina95@bk.ru

В лабораторном опыте дана оценка влияния природной соли с гербицидной активностью на агрофизическое состояние почвы. Для изучения механизма действия природной соли с концентрацией 1, 5, 10, 15 и 20 % на систему «растение–почва» и изменение агрофизического состояния использовали неочищенные природные рассолы Троицкого месторождения Красноярского края. Неочищенные природные рассолы в своем составе содержали, в г/л: натрий – 77,07; магний – 0,49; железо – 36,79; кальций – 2,56; калий – 2,36; хлориды – 131,00; сульфаты – 1,51. Исследованиями установлено, что хлорид натрия, являясь главным компонентом рассолов Троицкого месторождения, обладает гербицидной активностью и миграционной способностью при концентрации раствора более 5 %. Применение природной соли в качестве гербицида опреде-

лило тенденцию снижения влажности почвы на 5–7 % ($p = 0,003$) и содержание агрономически ценной фракции агрегатов на 5–8 % ($p = 0,05$) по сравнению с контролем. Показано, что концентрация раствора влияла на содержание свободной влаги в почве ($r = -0,60$) и имела сильную обратную зависимость с содержанием агрегатов ценного размера ($r = -0,76$). При этом множественный коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96$) подтверждает, что величина концентрации соли, применяемой в качестве гербицида, на 92 % определила агрофизическое состояние почвы в целом. Концентрация раствора 5–10 % в наибольшей степени отразилась на свойствах почвы, определив снижение влажности на 6–7 %, увеличение доли пылеватых агрегатов до 4–6 % и снижение плотности сложения до 0,82–0,84 г/см³.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края, Краевого фонда науки и ООО «Троицкая соль» в рамках научного проекта № 20-416-242903.

Ключевые слова: природный рассол, Троицкое месторождение, гербицид, чернозем выщелоченный, влажность почвы, плотность сложения, структурный состав.

In laboratory experiment the effect of natural salt with herbicidal activity on agrophysical state of the soil was evaluated. For studying the mechanism of the influence of natural salt with the concentration of 1, 5, 10, 15, and 20 % on the plant–soil system and the change in agrophysical state, untreated natural brines of the Troitsk deposit in Krasnoyarsk Region were used. Crude natural brines in their composition contained in g/l: sodium – 77.07; magnesium – 0.49; iron – 36.79; calcium – 2.56; potassium – 2.36; chlorides – 131.00; sulfates – 1.51. It has been established by the studies that sodium chloride, being the main component of brines of the Troitsk field, has herbicidal activity and migration ability at a solution concentration of more than 5. Using natural salt as a herbicide determined the tendency for the decrease in soil moisture by 5–7 % ($p = 0,003$) and an agronomically valuable fraction of aggregates by 5–8 % ($p = 0.05$) compared with the control. It was shown that the concentration of the solution influenced free moisture content in the soil ($r = -0.50$) and had strong inverse relationship with the content of valuable aggregates ($r = -0.73$). Moreover, the multiple coefficient of determination ($R^2 = 0.96$) confirms that the concentration of the salt used as a herbicide determined total agrophysical state of the soil by 92 %. The concentration of the solution of 5–10 % had the greatest effect on the properties of the soil, determining the decrease in moisture content of 6–7 %, the increase in the proportion of dusty aggregates to 4–6 % and the decrease in the density of addition to 0.82–0.84 g / cm³.

Keywords: natural brine, Troitsk deposit, herbicide, leached chernozem, soil moisture, composition density, structural composition.

Введение. Комплексная химизация современного земледелия, основанная на применении пестицидов с высокой их эффективностью, приводит к глобальным экологическим проблемам. Гербициды создают опасность загрязнения почвы и растений [1]. Некоторые компоненты, входящие в состав гербицидов, могут являться причиной снижения плодородия почв и безопас-

ности сельскохозяйственной продукции, а также вызывать негативные воздействия на организм человека [2–9]. В связи с этим интерес представляют исследования, направленные на поиск природных соединений, обладающих гербицидной активностью, и изучение их действия на почву и растения. По мнению [10], структура и механизмы действия природных соединений – важный источник идей для создания новых гербицидов. Исследование фундаментальных принципов, обуславливающих эффективность действия природных рассолов в качестве гербицидов, позволит выработать технологические подходы для значительного снижения нагрузки на окружающую среду и материально-технических затрат на производство и применение гербицидов. Разведанные запасы минерала галит в Красноярском крае (около 1 млрд тонн) и добыча сырья на Троицком месторождении в объеме 100 тыс. тонн/год обеспечивают расширение его применения, в т.ч. и в качестве природного гербицида. Возможности применения нетрадиционных гербицидов природного неорганического происхождения в сельском хозяйстве, дорожном строительстве и при эксплуатации железных дорог должны быть основаны на изучении механизма транспорта гербицида в системе «растение–почва» и анализе их действия и последствий на свойства и режимы почв.

Цель исследований. Оценить влияние природной соли с гербицидной активностью на агрофизическое состояние почвы.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в лабораторном опыте на кафедре почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета. Для изучения механизма действия природной соли различной концентрации на систему «почва–растение» и изменение агрофизического состояния почвы под влиянием поступающих в почву компонентов проведен опыт, в котором использовали неочищенные природные рассолы Троицкого месторождения Красноярского края. Неочищенные природные рассолы этого месторождения в своем составе содержат (г/л): натрий – 77,07; магний – 0,49; железо – 36,79; кальций – 2,56; калий – 2,36; хлориды – 131,00; сульфаты – 1,51. Лабораторный опыт проводили в сосудах емкостью 1 литр в 3-кратной повторности. Почва, взятая для опыта, – чернозем выщелоченный

глинистого гранулометрического состава. В опыте использовали концентрации природной соли 1, 5, 10, 15 и 20 %, полученные методом последовательного разбавления исходного базового рассола. Разведенной до вышеуказанных концентраций природной солью однократно опрыскивали всходы овсяга обыкновенного (*Avena fatua* L., семейство *Poaceae*). В качестве контрольного варианта для опрыскивания сорняка использовали водопроводную воду. Полив растений осуществляли 3 раза в неделю водопроводной водой в количестве 50 мл. После полного угнетения растений овсяга обыкновенного природным гербицидом на 4-е сутки в почве определяли влажность термовесовым методом, плотность сложения по Качинскому, структурный состав по Саввинову [11]. Полученные результаты исследования обрабатывали методом дисперсионного и корреляционного анализов [12].

Результаты исследований и их обсуждение. Одним из основных показателей агрофизического состояния почвы является влажность как итог водного баланса и сумма всех взаимозависимых метеорологических, почвенных и биологических влияний. В условиях лабораторного опыта, где поступление воды в почву являлось контролируемым фактором, влажность почвы и доступность воды для растений определялись только почвенными условиями. Изменение уровней влажности почвы после опрыскивания вегетирующего овсяга свидетельствует о миграции химических компонентов природного гербицида в почву. В результате исследований установлено, что применение природной соли в качестве гербицида определило тенденцию снижения влажности почвы на 5–7 % по сравнению с контрольным вариантом ($p = 0,003$) (рис. 1).

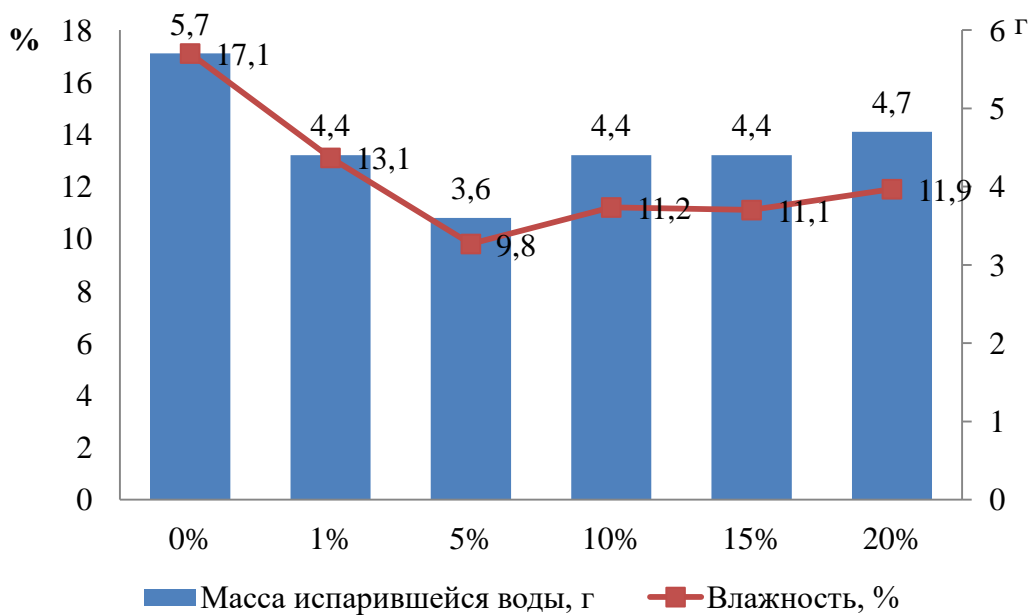


Рис. 1. Влажность почвы (%) и масса испарившейся воды при сушке образцов (г) на вариантах опыта с различной концентрацией соли

Минимальная влажность почвы (10 %) и испарение воды при сушке, не превышающее 4 г, отмечены на варианте с концентрацией соли 5 %, являющейся нижней границей начала гибели сорняков в эксперименте. Уменьшение содержания свободной воды до 10–12 % на вариантах опыта с концентрацией природной соли от 5 до 20 % обусловлено действием иона натрия, доминирующего в химическом составе рассола. Миграция на-

трия и его адсорбция почвенными коллоидами способствуют увеличению заряда и степени дисперсности коллоидных частиц. При этом одновременно происходит увеличение набухаемости и гидрофильности коллоидов, величины связанной и недоступной растениями воды. П.С. Косович [цит. по 13], исследуя некоторые закономерности в процессах испарения воды из почвы, доказал, что в случае если влажность почвы равна макси-

мальной гигроскопичности, то скорость испарения воды ничтожна и непрерывно падает. Таким образом, полученные результаты по испарению воды из почвы при ее сушке подтверждают усиление гигроскопичности почвы при использовании природной соли в качестве гербицида. А.А. Булуктаевым [14] показано, что ландшафты, специфичные для засоленно-щелочных условий, сокраща-

ют круговорот воды на территории как по вертикали, так и по горизонтали, уменьшают ее доступность для растительности.

Физические свойства, определяющие аэрацию и подвижность воды в почве, соответствовали оптимальным значениям. Плотность контрольного варианта соответствовала нормальному сложению ($0,97 \text{ г/см}^3$) (табл.).

Агрофизическое состояние почвы после обработки овсяга солью различной концентрации

Вариант	Плотность сложения, г/см^3	Содержание агрономически ценных агрегатов, %
Контроль – без обработки	0,97	59,5
Природная соль 1 %	0,94	59,8
Природная соль 5 %	0,84	55,0
Природная соль 10 %	0,82	51,8
Природная соль 15 %	0,94	56,4
Природная соль 20 %	0,96	57,2
ρ	0,007*	0,050*

* – достоверные значения ρ .

Достоверное снижение плотности почвы в сосудах до $0,82\text{--}0,84 \text{ г/см}^3$ обнаружено при опрыскивании растений 5 и 10 % концентрацией природного гербицида. Установлено, что величина плотности сложения почвы в эксперименте в наибольшей степени связана со структурным составом почвы ($r = 0,87$). Близкий уровень хорошей оструктуренности обнаружен в почве контрольного варианта и варианта с применением раствора соли 1 % концентрации, не обладающей гербицидной активностью. Содержание агрономически ценных агрегатов размером $10\text{--}0,25 \text{ мм}$ здесь оценивается на уровне 60 %. Обработка растений растворами с концентрацией более 5 % определила снижение содержания фракций ценного размера на 3–8 %. В структурном составе чернозема выщелоченного глинистого гранулометрического состава контрольного варианта доминируют отдельности > 10 мм. На их долю приходится 38–40 %. Количество пыли < 0,25 мм незначительно – 1 %. Гербицидная обработка растений природной солью отразилась на изменении фракционного состава структурных агрегатов. Увеличение доли тонких агрегатов < 0,25 мм на 2–5 % по сравнению с контролем свидетельствует об усилении дисперсности почвенных коллоидов под воздействием обменного натрия. Содержание в структурном составе чернозема максимального

количества агрегатов пыли (6 %) в случае опрыскивания растений 10 % раствором соли определило снижение плотности до $0,82 \text{ г/см}^3$. В этих условиях влажность почвы только в средней степени контролировала содержание агрономически ценных агрегатов ($r = 0,54$). Исследованиями [15] доказано, что при функционировании глинистых разновидностей черноземов уровень влажности в сильной степени контролирует величину изменчивости структурного состава.

Поступление в почву остаточных количеств природного гербицида в момент опрыскивания растений и их увядания, а также его концентрация определили неоднозначное изменение агрофизических свойств, что подтверждается проявлением корреляционных связей между концентрацией солевого раствора и изучаемыми параметрами (рис. 2). Установлено, что концентрация раствора не повлияла на плотность сложения почвы ($r = 0,05$). На 25 % она определила снижение влажности почвы ($r = - 0,60$) и имела сильную обратную зависимость с содержанием агрегатов ценного размера ($r = - 0,76$). При этом множественный коэффициент детерминации ($R^2 = 0,96$) подтверждает, что величина концентрации соли, применяемой в качестве гербицида, на 92 % определила агрофизическое состояние почвы в целом.

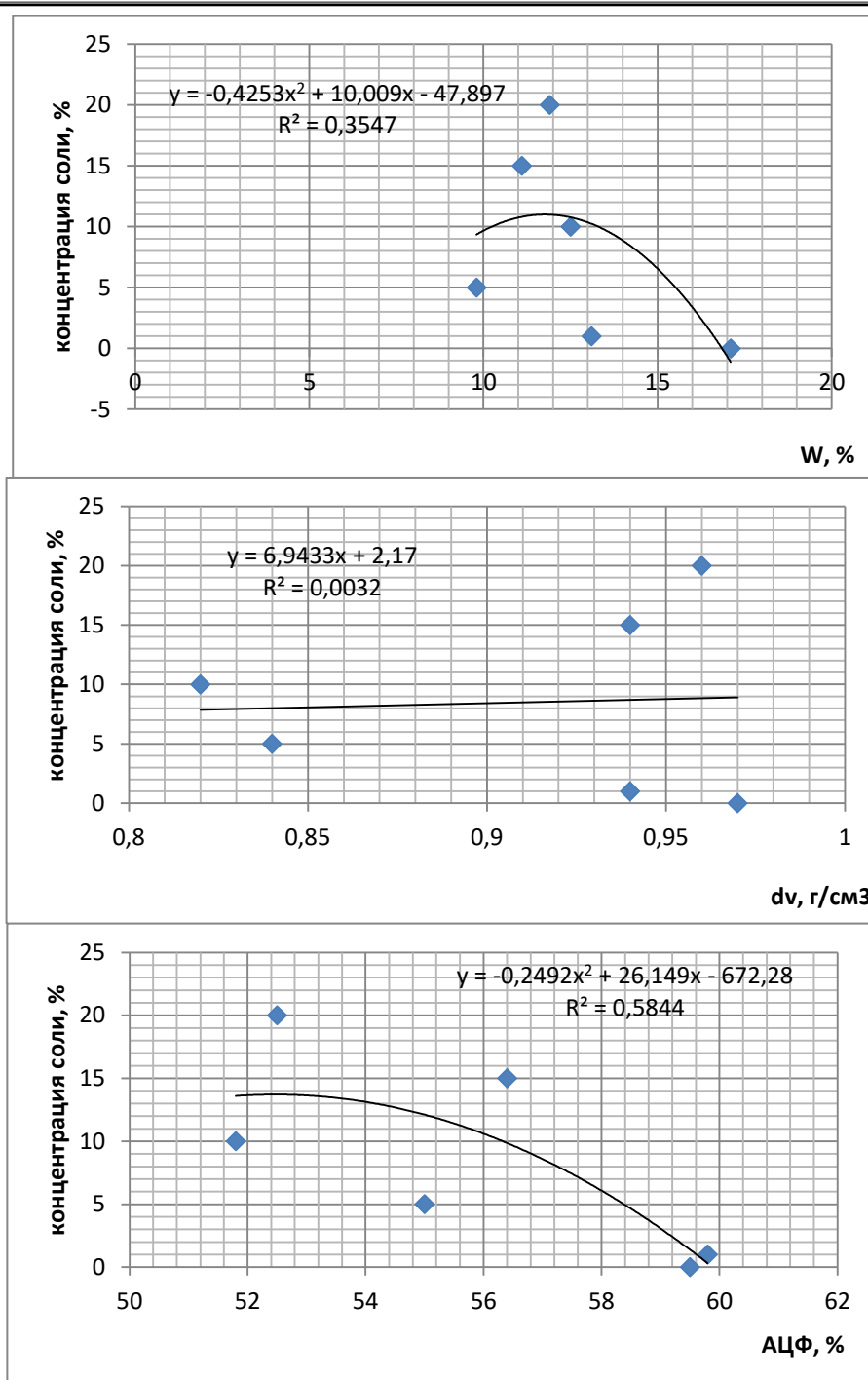


Рис. 2. Зависимость между концентрацией природной соли и агрофизическими показателями

Выводы. Результаты лабораторного эксперимента с использованием природной соли с концентрацией от 1 до 20 % в качестве гербицида свидетельствуют о диспергации и коагуляции почвенных коллоидов под влиянием обменного натрия и изменении агрофизического состояния почвы с сохранением оптимальных параметров. Хлорид натрия, являясь главным компонентом рассолов Троицкого месторождения, обладает

гербицидной активностью и миграционной способностью при концентрации раствора более 5 %. Однократное опрыскивание вегетирующего овсяга обыкновенного раствором соли с концентрацией от 5 до 20 % снизило влажность почвы на 5–7 % и содержание агрономически ценной фракции агрегатов на 5–8 % по сравнению с контролем. Концентрация раствора 5–10 % в наибольшей степени отразилась на свойствах поч-

вы, определив снижение влажности на 6–7 %, увеличение доли пылеватых агрегатов до 4–6 % и снижение плотности сложения до 0,82–0,84 г/см³. Дальнейшие полевые режимные наблюдения позволят оценить миграцию компонентов природной соли и изменение агрофизических параметров по глубинам почвы.

Литература

1. Сергеева И.В., Даулетов М.А., Ахмеров Р.Р. Агроэкологические аспекты использования гербицидов в посевах озимой пшеницы // Аграрный научный журнал. 2016. № 1. С. 27–32.
2. Дудкин И.В. Влияние гербицидов и способов основной обработки почвы на ее биологическую активность и токсичность // Достижения науки и техники АПК. 1998. № 5. С. 17–19.
3. Пуртова Л.Н., Щапова Л.Н., Костенков Н.М. [и др.]. Влияние гербицидов на процессы гумусообразования и микробиологическую активность лугово-бурых отбеленных почв Приморья // Агрохимия. 2008. № 1. С. 26–35.
4. Королев В.А. Гербициды сельскохозяйственного производства Курской области и их вклад в формирование пороков развития человека // Проблемы региональной экологии. 2008. № 1. С. 84–87.
5. Химическая защита зерновых культур в Красноярском крае: метод. рекомендации / В.К. Пурлаур, Ю.Н. Трубников, Л.К. Бутковская [и др.]. Красноярск, 2009. 105 с.
6. Пуртова Л.Н., Костенков Н.М. Влияние различных сочетаний гербицидов на показатели плодородия агрогенных почв // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2010. № 4. С. 69–73.
7. Ахметченко З.А., Муфазалова Н.А., Муфазалова Л.Ф. Биологические аспекты хлорфеноксигербицидов // Фундаментальные исследования. 2014. № 7-4. С. 817–824.
8. Белоусов А.А., Белоусова Е.Н., Бонн В.Л. [и др.]. Трансформация азота и активность уреазы при использовании гербицидов // Вестник КрасГАУ. 2019. № 11. С. 9–15.
9. Aktar W.D., Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture their ben-

- efits and hazards // Interdisc. Toxicol, 2009. Vol. 2. № 1. P. 1–12.
10. Dayan F.E., Duke S.O. Natural products for weed management in organic farming in the USA // Outlooks on Pest Management. 2010. August. P. 156–160.
11. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Л.: Агропромиздат, 1986. 295 с.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.
13. Ревут И.Б. Физика почв. Л.: Колос, 1972. 368 с.
14. Булуктаев А.А. Изменение солевого состава почв черных земель при нефтяном загрязнении // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. № 2. С. 184–185.
15. Кураченко Н.Л., Солодченко С.Н., Романов В.Н. [и др.]. Структурно-агрегатное состояние чернозема обыкновенного // Аграрная наука. 2008. № 10. С. 15–16.

Literatura

1. Sergeeva I.V., Dauletov M.A., Ahmerov R.R. Agroekologicheskie aspekty ispol'zovaniya gerbicidov v posevah ozimoy pshenicy // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2016. № 1. S. 27–32.
2. Dudkin I.V. Vlijanie gerbicidov i sposobov osnovnoj obrabotki pochvy na ee biologicheskuyu aktivnost' i toksichnost' // Dostizhenija nauki i tehniky APK. 1998. № 5. S. 17–19.
3. Purtova L.N., Shhapova L.N., Kostenkov N.M. [i dr.]. Vlijanie gerbicidov na processy gumusobrazovaniya i mikrobiologicheskuyu aktivnost' lugovo-buryh otbelennyh pochv Primor'ja // Agrohimiya. 2008. № 1. S. 26–35.
4. Korolev V.A. Gerbicidy sel'skohozjajstvennogo proizvodstva Kurskoj oblasti i ih vklad v formirovanie porokov razvitija cheloveka // Problemy regional'noj jekologii. 2008. № 1. S. 84–87.
5. Himicheskaja zashhita zernovyh kul'tur v Krasnojarskom krae: metod. rekomendacii / V.K. Purlaur, Ju.N. Trubnikov, L.K. Butkovskaja [i dr.]. Krasnojarsk, 2009. 105 s.

6. *Purtova L.N., Kostenkov N.M.* Vlijanie razlichnyh sochetanij gerbicidov na pokazateli plodorodija agrogennyh pochv // *Vestnik Dal'nevostochnogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk.* 2010. № 4. S. 69–73.
7. *Ahmetchenko Z.A., Mufazalova N.A., Mufazalova L.F.* Biologicheskie aspekty hlorfenoksigerbicidov // *Fundamental'nye issledovanija.* 2014. № 7-4. S. 817–824.
8. *Belousov A.A., Belousova E.N., Bopp V.L.* [i dr.]. Transformacija azota i aktivnost' ureazy pri ispol'zovanii gerbicidov // *Vestnik KrasGAU.* 2019. № 11. S. 9–15.
9. *Aktar W.D., Sengupta D., Chowadhury A.* Impact of pesticides use in agriculture their benefits and hazards // *Interdisc. Toxicol,* 2009. Vol. 2. № 1. P. 1–12.
10. *Dayan F.E., Duke S.O.* Natural products for weed management in organic farming in the USA // *Outlooks on Pest Management.* 2010. August. P. 156–160.
11. *Aleksandrova L.N., Najdenova O.A.* Laboratomo-prakticheskie zanjatija po pochvovedeniju. L.: Agropromizdat, 1986. 295 s.
12. *Dospehov B.A.* Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki rezul'tatov issledovanij). M.: Al'jans, 2014. 351 s.
13. *Revut I.B.* Fizika pochv. L.: Kolos, 1972. 368 s.
14. *Buluktaev A.A.* Izmenenie solevogo sostava pochv chernyh zemel' pri neftjanom zagrjaznenii // *Jug Rossii: jekologija, razvitie.* 2018. T. 13. № 2. S. 184–185.
15. *Kurachenko N.L., Solodchenko S.N., Romanov V.N.* [i dr.]. Strukturno-agregatnoe sostojanie chernozema obyknovenogo // *Agrarnaja nauka.* 2008. № 10. S. 15–16.

