УДК 631.439; 631.434.1; 631.174

Физическое состояние агрочернозема при использовании природной соли с гербицидной активностью на яровой пшенице

Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Власенко О.А., Казанова Е.Ю.

Красноярский государственный аграрный университет

Аннотация

Исследования осуществляли с целью оценки влияния 30% раствора природной соли с гербицидной активностью на физическое состояние агрочернозема при возделывании яровой пшеницы. В полевом опыте в условиях Красноярской лесостепи использовали неочищенные природные рассолы Троицкого месторождения Красноярского края, содержащие в своём составе, г/л: натрия – 77,07; магния – 0,49; железа – 3,68; кальция – 2,56; калия – 2,36; хлоридов – 131,00; сульфатов – 1,51. Концентрацию природной соли получали методом разбавления исходного базового рассола. Исследованиями установлено, что хлорид натрия, являясь главным компонентом рассолов Троицкого месторождения, обладает миграционной способностью в системе «растение – почва». Однократное применение природной соли в качестве гербицида на посевах яровой пшеницы определило существенную трансформацию физических параметров агрочернозема. Она проявилась в плохих запасах продуктивной влаги, их снижении на 9-12 мм ($HCP_{05} = 3,5$) в период активного роста яровой пшеницы и увеличении сезонной вариабельности показателя до 46-52 %. Исследованиями установлено повышение плотности сложения агрочернозема в среднем за вегетационный период на 0,07-0,09 г/см³ с сохранением рыхлого сложения пахотного слоя (0,77-0,79 г/см³). Увеличение содержания агрономически ценных фракций размером 10-0,25 мм на 10-12 % с формированием отличного структурного состояния (74-76 %) пахотного слоя сопровождается интенсивным разрушением глыбистых структурных отдельностей >10 мм и существенным увеличением структурных отдельностей размером 5-3; 3-2 и 2-1 мм, что является следствием пептизации почвенных коллоидов.

Ключевые слова: ПРИРОДНЫЙ РАССОЛ, ТРОИЦКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ, ГЕРБИЦИД, АГРОЧЕРНОЗЕМ, ЗАПАСЫ ПРОДУКТИВНОЙ ВЛАГИ, ПЛОТНОСТЬ СЛОЖЕНИЯ, СТРУКТУРНЫЙ СОСТАВ

Введение

Химические средства защиты культурных растений от сорной растительности являются одним из основных средств интенсификации сельскохозяйственного производства. Их использование, наряду с повышением урожайности сельскохозяйственных культур [1-4], сопряжено с возникновением ряда экологических проблем, таких как разрушение среды обитания жизненных форм [5], накопление остаточных количеств гербицидов в окружающей среде [6-9], быстрое появление устойчивых биотипов сорняков [10]. По мнению О.Г. Корнева с соавторами [11], главная задача регулирующего антропогенного воздействия при использовании гербицидов состоит не в полном уничтожении сорных растений, а в снижении их вредоносности на основе оптимизации структуры агрофитоценоза. Это определяет необходимость дальнейшего совершенствования ассортимента гербицидов. Перспективным направлением борьбы с сорняками может оказаться использование в качестве гербицидов некоторых природных продуктов, в том числе природной соли, обладающей гербицидной активностью. 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 физическое состояние агрочернозема при возделывании яровой пшеницы.

Объекты и методы

Исследования проведены в 2021 году в учебном хозяйстве «Миндерлинское» Красноярского государственного аграрного университета в Красноярской лесостепи. 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 температур составляет 1550-1800 °С, почвы промерзают на глубину 1,5-3,0 м.

Для изучения механизма действия природной соли на систему «почва-растение» и изменение физического состояния почвы под влиянием поступающих в почву компонентов проведен полевой опыт по схеме: 1) контроль (без обработки); 2) обработка растений 30% раствором природной соли; 3) обработка растений 30% раствором природной соли с прилипателем Сателлит, Ж.

В опыте использовали неочищенные природные рассолы Троицкого месторождения, территориально расположенного в Красноярском крае и имеющего разведанные запасы минерала галита около 1 млрд. тонн. Неочищенные природные рассолы этого месторождения в своём составе содержали в г/л: натрия – 77,07; магния – 0,49; железа – 3,68; кальция – 2,56; калия – 2,36; хлоридов – 131,00; сульфатов – 1,51. 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 15 м², учетная – 10 м², расположение – систематическое. Каждый вариант заложен в четырехкратной повторности. Посевы яровой пшеницы сорта Новосибирская 31 опрыскивали с помощью профессионального аккумуляторного телескопического опрыскивателя (CAIMANTELESCOPIC 150 EW) в период начала кущения при массовом появлении сорняков. Норма расхода рабочей жидкости рассчитывалась, исходя из гектарной нормы в 300 л/га.

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_{NH2O} 6,8-6,9), очень высоким содержанием подвижного фосфора (343-316 мг/кг) и обменного калия (228,6 -220,1 мг/кг).

Отбор почвенных образцов провели в слое 0-20 см в 3-хкратной повторности до обработки делянок (начало кущения) и в период колошения и молочной спелости пшеницы. В образцах определяли: влажность термовесовым методом, плотность сложения по Качинскому [12], структурный состав по Саввинову [13]. Полученные результаты обрабатывали методами дисперсионного, корреляционного анализов и описательной статистики [14].

Результаты и обсуждение

Исследование закономерностей формирования и динамики агрофизических свойств представляет основу управления продукционным процессом. Одним из важнейших показателей агрофизического состояния почв является влажность как сумма взаимозависимых метеорологических, почвенных и биологических условий. Общее количество доступной влаги в почве является абсолютной величиной, определяющей, сколько влаги потенциально культура может абсорбировать из почвы при влажности в диапазоне от наименьшей влагоемкости до влажности устойчивого завядания [15]. Удовлетворительная влагообеспеченность почвы контрольного варианта сохраняется на протяжении всего периода вегетации яровой пшеницы с незначительной сезонной динамикой (табл. 1). Изменение уровня запаса продуктивной влаги через 10 дней после опрыскивания посевов яровой пшеницы 30% раствором природной соли свидетельствует о миграции компонентов соли в почву и неоднозначном её влиянии на водный режим агрочернозема.

Таблица 1. Динамика запасов продуктивной влаги в агрочерноземе, мм (0-20 см)

Вариант	Срок отбора образцов			$\bar{X}_{cp}$	$C_v, \%$
	июнь	июль	август		
Контроль (без обработки)	31,6	22,5	30,3	28,1	17
Природная соль 30%	39,4	14,2	29,4	27,7	46
Природная соль 30% + прилипатель	37,3	11,4	27,3	25,3	52
HCP_{05}	4,5	3,5	$F_{\phi} < F_T$		

Результатами исследований установлено, что применение природной соли в качестве гербицида способствует повышению запасов продуктивной влаги в период начала кущения пшеницы на 5-7 мм по сравнению с контролем ($HCP_{05} = 4,5$). Большое количество осадков в июньский период, превышающее среднееголетний уровень на 75%, определяет гидратацию поступающей с осадками в почву воды за счет иона натрия, доминирующего в химическом составе соли. Поступление в почву природного гербицида на вариантах опыта, где применялась 30% соль и 30% раствор соли совместно с прилипателем, определяет высокую изменчивость запасов доступной для растений влаги ($C_v = 46-52 \%$). Уменьшение содержания продуктивной влаги на 9-12 мм по сравнению с контролем отмечено в июльский период, характеризующийся жаркой погодой с

дефицитом осадков, интенсивным ростом яровой пшеницы и максимальным потреблением влаги из почвы. Подобный результат ранее нами был отмечен в лабораторном опыте, где однократное опрыскивание вегетирующего овсяга обыкновенного раствором природной соли с концентрацией от 5 до 20 % снижало влажность почвы на 5-7 % по сравнению с контролем [16]. Высокая сезонная изменчивость запасов продуктивной влаги в почве обусловлена участием натриевых солей в обменных процессах с поглощающим комплексом агрочернозема. По данным Ф. Дюшофур [17], наиболее сильно поглощается почвой кальций. Натрий, обладая слабой энергией поглощения, относится к меньшинству поглощенных катионов. При этом адсорбция катионов сильно зависит от сезонных изменений почвенных растворов, которые, в свою очередь, определяются погодными условиями. Разбавление растворов усиливает активность двухвалентных катионов, и они адсорбируются поглощающим комплексом, в то время как одновалентные переходят в раствор. Это наблюдается во влажные периоды года. В сухой и жаркий периоды, когда гидратация иона натрия снижается, он внедряется в почвенный поглощающий комплекс, вытесняя в почвенный раствор кальций. Исследованиями А.В. Новиковой [18] доказано влияние динамической смены погодных условий на поглощение ионов в почве.

Плотность сложения, являясь показательной характеристикой физического состояния почв, накладывает отпечаток на весь комплекс почвенных условий. Агрочерноземы, функционирующие в посевах яровой пшеницы, характеризуются рыхлым сложением 0-20 см слоя, не превышающим $0,84 \text{ г/см}^3$ (табл. 2). Величина этого показателя в течение вегетационного сезона изменяется в почве контрольного варианта от 0,64 до $0,75 \text{ г/см}^3$ ($C_v = 8 \%$) и на 35% определяется влажностью корнеобитаемого слоя.

Таблица 2. Динамика плотности сложения в агрочерноземе, г/см^3 (0-20 см)

Вариант	Срок отбора образцов			X_{cp}	$C_v, \%$
	июнь	июль	август		
Контроль (без обработки)	0,64	0,72	0,75	0,70	8
Природная соль 30%	0,84	0,75	0,71	0,77	9
Природная соль 30% + прилипатель	0,83	0,83	0,71	0,79	9
HCP_{05}	0,13	0,06	$F\phi < F_t$		

Плотность почвы агроценоза пшеницы, обработанного 30% раствором соли, существенно увеличивается в период кущение–колошение культуры с сохранением оптимальных параметров показателя ($0,83-0,84 \text{ г/см}^3$; $\text{НСР}_{05} = 0,06-0,13$). Среднестатистические данные в полевом эксперименте показали увеличение плотности сложения пахотного слоя на $0,07-0,09 \text{ г/см}^3$ по сравнению с контролем.

Увеличение дисперсности почвенных коллоидов отразилось и на структурном состоянии агрочернозема. Устойчивость структурного состояния обрабатываемых почв реализуется за счет взаимодействия различных специфических почвенных механизмов, и, в большей степени, за счет способности к переагрегации. Переагрегация почвенной массы происходит в результате циклов набухания – усадки при увлажнении и высыхании, замораживании и оттаивании, обработки почвы и биологических и химических факторов. Анализ фракционного состава структуры показал, что в 0-20 см слое агрочернозема контрольного варианта господствуют глыбистые отдельности (рис. 1).

Рис. 1. Фракционный состав структуры 0-20 см слоя агрочернозема, % на вариантах опыта: 1 – контроль; 2 – природная соль 30%; 3 – природная соль 30% + прилипатель

На их долю в среднем за период наблюдений приходится 32%, что является типичной величиной для обрабатываемых почв сельскохозяйственной части Красноярского края [19, 20]. Количество пылеватой фракции $< 0,25 \text{ мм}$ не превышает 1%. Среди агрономически ценных отдельностей размером от 10 до $0,25 \text{ мм}$ доминируют зернистые агрегаты размером 2-1 мм (21%).

Гербицидная обработка растений пшеницы природной солью отразилась на трансформации фракционного состава структурных отдельностей. Она сопровождается уменьшением в 2 раза доли глыбистой фракции > 10 мм, существенным увеличением структурных отдельностей размером 5-3; 3-2 и 2-1 мм. В наибольшей степени переагрегация структурных отдельностей проявляется на варианте без прилипателя. Разрушение глыбистых структурных отдельностей по причине пептизации почвенных коллоидов и увеличение доли агрономически ценных фракций отразилось на качественной оценке структурного состояния агрочернозема. Хорошая оструктуренность почвы контрольного варианта опыта стабильно сохраняется в течение вегетационного периода (58-69 %) (табл. 3).

Таблица 3. Содержание агрономически ценных фракций в агрочерноземе, % (0-20 см)

Вариант	Срок отбора образцов			$\bar{X}_{cp}$	$C_v, \%$
	июнь	июль	август		
Контроль (без обработки)	58,2	69,0	65,4	64,2	9
Природная соль 30%	61,3	81,5	85,5	76,1	17
Природная соль 30% + прилипатель	57,8	80,6	83,9	74,1	19
HCP_{05}	$F_f < F_t$	10,3	9,8		

Поступление в почву остаточных количеств природного гербицида способствует отличной оструктуренности пахотного слоя (81-86 %) с усилением сезонной вариабельности параметра до 17-19 %. Среднесезонное содержание агрономически ценных агрегатов в агрочерноземе с гербицидной обработкой превышает контрольный вариант на 10-12 %, что свидетельствует о существенной трансформации почвенной структуры.

Заключение

Результаты полевого эксперимента с 30% раствором природной соли с гербицидной активностью свидетельствуют о миграции её компонентов в почву и изменении физического состояния. Существенные изменения запасов продуктивной влаги в агрочерноземе проявляются через 10 дней после обработки. Высокая сезонная динамика показателя ($C_v = 46-52 \%$) характеризовалась как повышением, так и снижением запасов продуктивной влаги, что обусловлено ролью погодных условий в адсорбции

катиона натрия почвенным поглощающим комплексом. Однократное опрыскивание посевов яровой пшеницы раствором природной соли определило увеличение плотности сложения пахотного слоя на 0,07-0,09 г/см³ с сохранением оптимальных параметров и повышение содержания агрономически ценных агрегатов размером 10-0,25 мм на 10-12 % по сравнению с контролем. Изменение физических свойств агрочернозема в неблагоприятную сторону свидетельствует о необходимости проведения дополнительных исследований для определения возможности использования природной соли в качестве гербицида.

Данный проект поддержан за счет средств, предоставленных РФФИ, Правительством Красноярского края, Краевым фондом науки и ООО «Троицкая соль» в рамках научного проекта № 20-416-2429030.

Список использованных источников

1. Немченко В.В., Рыбина Л.Д. Эффективность применения гербицидов и азотных удобрений при выращивании яровой пшеницы // Агрохимия. –2007. – №3. – С. 41-46.
2. Слободчиков А.А. Влияние средств защиты растений на продуктивность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. –2020. – Т.34. – №2. – С. 10-14.
3. Пурлаур В.К., Трубников Ю.Н., Бутковская Л.К., Морозов Н.Д., Крючков А.А., Мазуров И.А., Салагашева О.О., Алхименко Р.В., Малинников А.В., Малахова З.В., Терехова В.Ф., Хижняк С.В., Платонова Ю.В., Злотникова О.В., Потехин А.А., Бопп В.Л. Химическая защита зерновых культур в Красноярском крае: методические рекомендации. – Красноярск, 2009. – С. 5-12.
4. Захаренко В.А. Гербициды. – М., 1990. – 240 с.
5. Содбоева Ю.Ю., Батудаев А.П., Соболев В.А., Цыбиков Б.Б. Влияние гербицидов избирательного действия на биологическую активность и токсичность почвы в условиях степной зоны Бурятии // Вестник КрасГАУ. – 2018. – №6. – С. 17-20.
6. Eberbach P.L. Applying non-steady-state compartmental analysis to investigate the simultaneous degradation of soluble and sorbed glyphosate (N-(phosphonomethyl)glycine) in four soils // Pestic. Sci. – 1998. – V. 52. – № 3. – P. 229-240.
7. Eberbach P.L. Influence of Incubation Temperature on the Behavior of Triethylamine-Extractable Glyphosate (N-Phosphonomethylglycine) in Four Soils // J. Agric. FoodChem. – 1999. – V.47. – №6. – P. 2459-2467.
8. Спиридонов Ю.Я., Ларина Г.Е., Протасова Л.Д., Абубикеров В.А. Многолетнее применение общеистребительного гербицида Раундап в центральном регионе Нечерноземья // Агрохимия. – 2010. – №2. – С. 29-36.

9. Гогмачадзе Г.Д., Матюк Н.С., Полин В.Д., Биналиев И.Ф. Роль систем обработки почвы и гербицидов в снижении уровня засоренности посевов культур зернопропашного севооборота // АгроЭкоИнфо. – 2019, №4. http://agroecoinfo.ru/STATYI/2019/4/st_404.doc.

10. Козлова Е.В., Злотникова О.В. Качество пыльцы как индикаторный признак последствий гербицидов у культурных растений // Вестник КрасГАУ. – 2014. – №11. – С. 132-136.

11. Корнева О.Г., Байрамбеков Ш.Б., Даулетов Б.С. Гербициды для защиты посевов кукурузы от сорной растительности в дельте Волги // Защита и карантин растений. – 2014. – №4. – С. 17-19.

12. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 295 с.

13. Методическое руководство по изучению почвенной структуры. – Л.: Колос, 1969. – 430 с.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Альянс, 2014. – 315 с.

15. Гефке И.В., Болотов А.Г. Распределение продуктивных запасов влаги в почве и их вероятностей за вегетационный период в условиях плодового сада // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – №6. – С. 79-86.

16. Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Власенко О.А., Казанова Е.Ю. Действие природной соли различной концентрации на агрофизическое состояние почвы в модельном опыте // Вестник КрасГАУ. – 2020. – № 6. – С. 28-34.

17. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. – М.: Прогресс, 1970. – 591 с.

18. Новикова А.В. Оценка импультверизации солей на осолонцевание почв Причерноземья // Почвоведение. – 2009. – № 12. – С. 1421-1431.

19. Кураченко Н.Л., Солодченко С.Н., Романов В.Н., Литау В.М. Структурно-агрегатное состояние чернозема обыкновенного в агроценозах Средней Сибири // Аграрная наука. – 2008. – № 10. – С. 15-16.

20. Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Чупрова В.В. Влияние систем удобрения на изменение агрофизических свойств темно-серой лесной почвы // Агрохимия. – 2011. – № 4. – С. 22-29.

Цитирование:

Кураченко Н.Л., Ульянова О.А., Власенко О.А., Казанова Е.Ю. Физическое состояние агрочернозема при использовании природной соли с гербицидной активностью на яровой пшенице [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2021. – №5. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/5/st_503.pdf. DOI: <https://doi.org/10.51419/20215503>.