

УДК 631.811.98:632.122.2

МОНТМОРИЛЛОНИТ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ СТИМУЛЯТОР РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ В ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ МЕТСУЛЬФУРОН-МЕТИЛОМ¹

© 2023 г. Н. Д. Чкаников^{1,*}, А. В. Пастухов¹,
В. А. Абубикеров², Г. С. Босак², А. П. Глинушкин²

¹Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН
119991, Москва, ул. Вавилова, 28, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии
143050, р.п. Большие Вяземы, Московская обл., ул. Институт, влад. 5, Россия

*E-mail: nik-chkan@yandex.ru

Поступила в редакцию 02.09.2022 г.

После доработки 23.09.2022 г.

Принята к публикации 14.10.2022 г.

В настоящее время широкое применение гербицидов в сельском хозяйстве создает серьезную проблему дальнейшего использования загрязненных почв для выращивания различных типов растений сельскохозяйственного назначения. Развивая исследования алюмосиликатов, как детоксикантов остатков гербицидов, содержащихся в почве, в настоящей работе изучено влияние монтмориллонита К-10 (МРТ) на вегетирующие растения ярового рапса и кукурузы. Показано, что внесение МРТ в почву перед посевом в невысоких дозах оказывало мощное стимулирующее действие на развитие растений, как в присутствии в почве остатков метсульфурон-метила, так и в отсутствии гербицида в почве. Дозы примененного МРТ составляли всего 100–200 кг/га, что создавало перспективу широкого применения монтмориллонитовых (бентонитовых) глин в растениеводстве.

Ключевые слова: сульфонилмочевины, почвы, фитотоксичность, монтмориллониты, яровой рапс, кукуруза.

DOI: 10.31857/S0002188123010039, **EDN:** VPPWRW

ВВЕДЕНИЕ

Систематическая разработка новых методов защиты посевов от остатков гербицидов в почве [1–4] позволила найти перспективный способ защиты посевов от остатков гербицидов сульфонилмочевинового ряда (метсульфурон-метила), основанный на заблаговременном внесении перед посевом в загрязненную фитотоксикантом почву невысоких доз (100–250 кг/га) цеолита (природного клиноптилолита марки ЦПС) [3, 4]. Экспозиция цеолита в почве в течение 6 нед перед посевом позволяла не только снять 25–30% угнетения растений ярового рапса, но и добиться существенного увеличения массы тест-растений. Очевидным недостатком этого метода является необходимость заблаговременного внесения цеолита в почву перед посевом. В настоящей работе, продолжая исследования алюмосиликатов, были достигнуты превосходные результаты при внесе-

нии детоксиканта непосредственно перед посевом. Для этого использовали невысокие дозы активированного монтмориллонита К-10.

Монтмориллонит (МРТ) – глинистый материал, относящийся к подклассу филлосиликатов, к группе смектитов. Главной особенностью монтмориллонита, обусловленной строением его кристаллической решетки, является способность к адсорбции различных ионов (в основном катионов), а также к ионному обмену. Наличие изоморфных замещений, огромная удельная поверхность (до 600–800 м²/г) и легкость проникновения ионов в межпакетное пространство обеспечивает значительную емкость катионного обмена монтмориллонита [5]. Монтмориллонит является одним из породообразующих минералов бентонитовых глин, которые расположены по всему миру. В России в настоящее время разрабатываются месторождение монтмориллонитовых глин Гарпегеж (Кабардино-Балкария), Зырянское месторождение бентонитов (Урал), месторождение бентонитов “10-й Хутор” (Хакасия). Монтмориллонит – ценное полезное ископаемое с адсорбционными и омыляющими свойствами, которые с дав-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 19-29-05043), а также при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ.

Таблица 1. Влияние монтмориллонита (МРТ) на рост тест-растений рапса сорта Ратник при применении гербицида (ЛИК ВНИИФ, 2022 г.)

Внесение в почву гербицида Зингер, СП	– 14.02.2022 г.
Внесение МРТ	– 15.02.2022 г.
Посев тест-культуры	– 16.02.2022 г.
Учет	– 14.03.2022 г.

Вариант	Доза алюмо-силиката, кг/га	Доза гербицида Зингер, СП г/га	Надземная масса тест-растений, г					среднее	Изменение надземной массы тест-растений, % к контролю
			повторности						
			1	2	3	4	5		
МРТ	100	–	8.7	8.3	6.7	8.2	8.3	8.0	+77.8
		0.4	4.8	5.6	4.9	5.7	4.4	5.1	+13.3
	200	–	8.1	6.4	7.1	6.9	8.4	7.4	+64.4
		0.4	8.0	5.1	6.8	6.8	7.5	6.8	+51.1
Зингер, СП	–	0.4	3.2	2.6	2.9	2.8	3.0	2.9	–35.6
Контроль без МРТ и гербицида	–	–	4.5	4.3	4.5	4.3	4.7	4.5	0.0
<i>HCP</i> ₀₅								1.0	

Таблица 2. Влияние монтмориллонита (МРТ) в суспензионной форме на тест-растения кукурузы сорта Феномен (протравленные семена) (ЛИК ФГБНУ ВНИИФ, 2022 г.)

Внесение в почву гербицида Зингер, СП	– 14.04.2022 г.
Внесение МРТ	– 15.04.2022 г.
Посев тест-культуры	– 16.04.2022 г.
Учет	– 04.05.2022 г.

Вариант	Доза алюмо-силиката, кг/га	Доза гербицида Зингер, СП г/га	Надземная масса тест-растений, г					средняя	Изменение надземной массы тест-растений, % к контролю
			повторности						
			1	2	3	4	5		
МРТ	100	–	4.8	8.3	5.3	6.4	5.4	6.0	+66.7
		2.0	6.7	7.6	6.3	7.9	6.9	7.1	+97.2
	200	–	5.6	5.7	4.8	5.2	5.0	5.3	+47.2
		2.0	5.9	7.5	5.9	6.8	7.4	6.7	+86.1
Зингер, СП	–	2.0	3.1	3.2	3.0	2.9	2.4	2.9	–19.4
Контроль без МРТ и гербицида	–	–	4.3	3.2	3.0	3.6	4.1	3.6	0.0
<i>HCP</i> ₀₅								1.0	

них пор активно используют люди. В сельском хозяйстве бентонит эффективен при производстве комбикормов, в качестве подстилки для животных и для мелиорации почвы. Агрехимическим результатом взаимодействия бентонита с почвой является оптимизация ее питательного режима и увеличение урожайности основных сельскохозяйственных культур [6]. Например, оптимальная доза внесения бентонита под озимую пшеницу составляет 7.5 т/га. Такая обработка приводит к

увеличению урожайности на 15.1% [7]. Для повышения урожайности подсолнечника на 21.7% требовалась доза бентонита 10 т/га [8]. Таким образом, эффективность применения бентонитовых (монтмориллонитовых) глин в растениеводстве продемонстрирована для его высоких доз. Хозяйственное значение такого способа увеличения урожая существенно снижается за счет процедур, связанных с транспортировкой и внесением в почву такого количества бентонитовой глины.

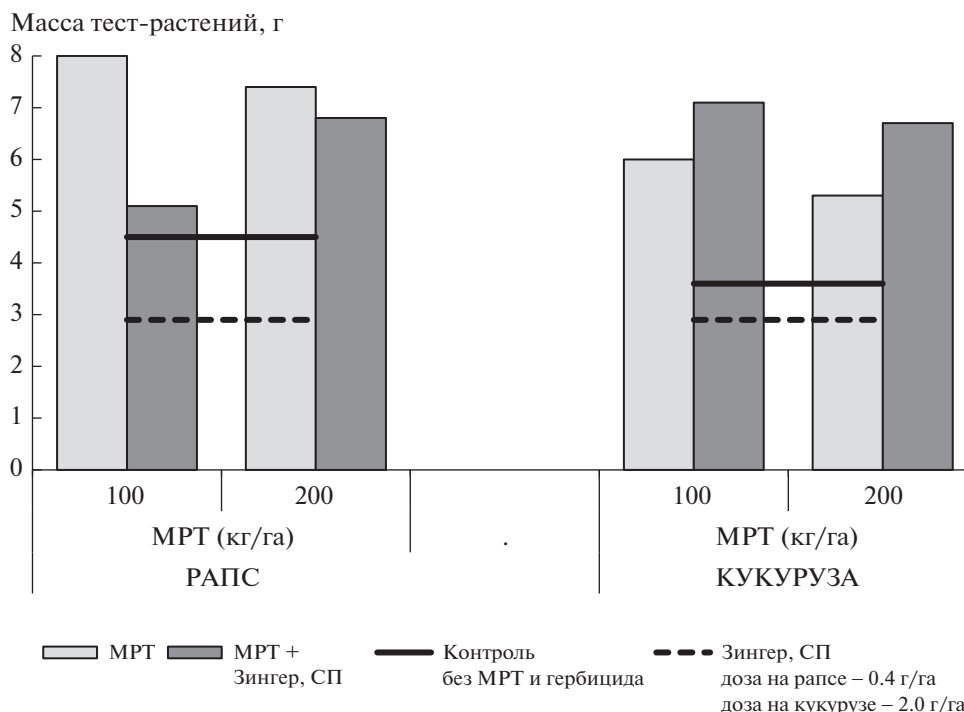


Рис. 1. Влияние активированного монтмориллонита (МРТ) на массу растений рапса и кукурузы в присутствии гербицида и без него.

Сведения о возможности детоксикации монтмориллонитом почв, загрязненных гербицидами отсутствуют. Цель работы – исследование эффективности монтмориллонита как стимулятора развития растений в почве, загрязненной метсульфурон-метилом.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для определения эффективности применения невысоких количеств монтмориллонита (МРТ) для решения поставленных задач детоксикации почв, содержащих остатки сульфонилмочевинных гербицидов, проведены эксперименты на вегетирующих растениях ярового рапса и кукурузы. При этом использован монтмориллонит К-10 (Aldrich).

Дерново-подзолистую почву обрабатывали с помощью лабораторного опрыскивателя гербицидом Зингер, СП (содержит в качестве действующего вещества 60% метсульфурон-метила) в дозе 0.4 г/га для тест-растений рапса и 2.0 г/га – для тест-растений кукурузы. Затем через 1 сут в обработанную гербицидом почву вносили суспензию монтмориллонита в воде в дозе 100 кг/га или 200 кг/га. В качестве контроля использовали чистую почву или почву с внесенным в нее гербицидом (Зингер, СП) (табл. 1, 2). Почву распределяли в вазоны вместимостью 600 г и проводили посев тест-растений. Повторность опыта пятикратная.

Выращивание тест-растений осуществляли в контролируемых условиях лаборатории искусственного климата (ЛИК) фирмы "Фетч" (ФРГ) во Всероссийском научно-исследовательском институте фитопатологии (ВНИИФ): при влажности воздуха в камере 70%, длительности дня 16 ч, ночи – 8 ч, освещенности днем 20 тыс. лк, температуре воздуха днем 25°C, ночью – 16°C; влажность почвы поддерживали на уровне 60% ПВ путем ежедневного полива каждого вегетационного сосуда водопроводной обессоленной водой. Через 18–26 сут надземную массу тест-растений взвешивали.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты эксперимента по изучению влияния МРТ на развитие растений ярового рапса в присутствии гербицида и без него представлены в табл. 1. При этом МРТ применяли в 2-х дозах 100 и 200 кг/га, как в присутствии гербицида, так и без него.

Анализ данных, представленных в табл. 1, показал, что внесение в почву МРТ перед посевом в дозах 100 и 200 кг/га приводило не только к полной нейтрализации фитотоксического действия гербицида, которое составляло 35.6%, но и к стимуляции роста растений рапса (до 50% по массе в сравнении с контролем без внесения гербицида). В случае выращенных на чистой (не загрязнен-

ной гербицидами) почве растений внесение МРТ приводило к увеличению надземной части растений на 64–78%, т.е. наблюдали мощное ростстимулирующее действие.

Другой пример стимулирующего действия МРТ на растения продемонстрировал эксперимент на кукурузе (табл. 2) в условиях, аналогичных приведенным выше для рапса.

В этом случае увеличение массы растений составило почти 100% на фоне применения гербицида, которое приводило к подавлению растений на 19.4% в отсутствие МРТ. Полученные данные для рапса и кукурузы схематично представлены на рис. 1.

Следует отметить чрезвычайно низкую эффективную дозу МРТ (100–200 кг/га), что открывает новые возможности преодоления фитотоксического эффекта остатков гербицидов в почве.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, продемонстрирована стимулирующая активность низких доз монтмориллонита К-10 в процессе вегетации растений ярового рапса и кукурузы. Этот эффект в полной мере проявлялся в присутствии фитотоксичных остатков сульфонилмочевин в почве. Практическая реализация этих исследований будет связана с дальнейшим изучением влияния различных типов бентонитовых глин на развитие растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я., Халиков С.С., Музафаров А.М. Пути снижения фитотоксичности

остатков сульфонилмочевин в почве с помощью антидотов // *Агрохимия*. 2020. № 5. С. 103–113. <https://doi.org/10.31857/S0002188120050063>

2. Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д., Пастухов А.В., Ильин М.М. (мл.) Влияние цеолитов на развитие ярового рапса в присутствии остатков метсульфурон-метила // *Агрохимия*. 2021. № 10. С. 81–88. <https://doi.org/10.31857/S000218812110015X>
3. Спиридонов Ю.Я., Чкаников Н.Д., Пастухов А.В., Абубикеров В.А., Ильин М.М., Спиридонова И.Ю. Защита ярового рапса от фитотоксического действия остатков метсульфурон-метила с помощью цеолитов // *Агрохимия*. 2022. № 4. С. 40–45. <https://doi.org/10.31857/S0002188122040123>
4. Чкаников Н.Д., Спиридонов Ю.Я. Способ детоксикации почв, загрязненных гербицидами: Пат. 2759603, РФ // Б.И. 16.11.2021. № 32.
5. Montmorillonite Clay, IntechOpen 2021 Ed. F. Uddin. <https://doi.org/10.57772/intechopen.92926>
6. Козлов В.В., Куликова А.Х., Уромова И.П. Влияние высококремнистых пород (диатомита, цеолита и бентонитовой глины) на активность олиготрофного и автохронного пула дерново-подзолистой почвы // *Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева*. 2019. № 96. С. 86–112. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2019-96-86-112>
7. Агафонов Е.В., Цыганков А.В., Турчин В.В., Громаков А.А. Применение бентонитовой глины под озимую пшеницу на темно-каштановой почве // *Агрохим. вестн.* 2013 № 3. С. 22–24.
8. Громаков А.А., Скуратов Н.С., Горячев В.П. Эффективность применения бентонитовой глины и минеральных удобрений под подсолнечник на черноземе южном // *Научн. журн. КубГАУ*. 2012. № 84(10). С. 1–10.

Montmorillonite as an Effective Stimulator of Plant Development in Soil Contaminated with Metsulfuron-Methyl

N. D. Chkanikov^{a,#}, A. V. Pastukhov^a, V. A. Abubikerov^b,
G. S. Bosak^b, and A. P. Glinushkin^b

^aA.N. Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of the RAS
ul. Vavilova 28, Moscow 119991, Russia

^bAll-Russian Research Institute of Phytopathology
ul. Institute str., vlad. 5, Moscow region, Bolshye Vyazemy 143050, Russia

[#]E-mail: nik-chkan@yandex.ru

Currently, the widespread use of herbicides in agriculture creates a serious problem of further use of contaminated soils for growing various types of agricultural plants. Developing the research of aluminosilicates as detoxicants of herbicide residues contained in the soil, the effect of montmorillonite K-10 (MRT) on vegetative plants of spring rape and corn is studied in this work. It was shown that the introduction of MRT into the soil before sowing in low doses had a powerful stimulating effect on plant development, both in the presence of methsulfuron-methyl residues in the soil and in the absence of herbicide in the soil. The doses of the applied MRT were only 100–200 kg/ha, which created the prospect of widespread use of montmorillonite (bentonite) clays in crop production.

Key words: sulfonylureas, soils, phytotoxicity, montmorillonites, spring rape, corn,