

УДК 549.67:631.445.4+633.853.494

ВЛИЯНИЕ ЦЕОЛИТА И УДОБРЕНИЙ НА ЕГО ОСНОВЕ НА СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПАХОТНОМ СЛОЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПОД ПОСЕВАМИ РАПСА

Пахалин В.А., аспирант,
тел. 89603690185, vovan30011998@mail.ru,
Куликова А.Х., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ключевые слова: цеолит, тяжелые металлы, рапс, кадмий, свинец, цинк.

В работе приведены результаты исследования, направленного на изучение влияния цеолита и удобрений на его основе при возделывании рапса на подвижность тяжелых металлов в почве. Установлено снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое на 11 – 28 %.

Введение. Тяжёлые металлы — группа химических элементов со свойствами металлов (в том числе и полуметаллы) и значительным атомным весом, либо плотностью. Известно около сорока различных определений термина «тяжелые металлы» и невозможно указать на одно из них, как наиболее принятое. Соответственно, список тяжелых металлов согласно разным определениям будет включать разные элементы. Используемым критерием может быть атомный вес свыше 50 и тогда в список попадают все металлы, начиная с ванадия, независимо от плотности. Другим часто используемым критерием является плотность, примерно равная или большая плотности железа (8 г/см³), тогда в список попадают такие элементы, как свинец, ртуть, медь, кадмий, кобальт, а, например, более легкое олово выпадает из списка.

Как правило, мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах чаще всего проводят по наиболее токсичным элементам: Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, Cr³⁺ [1, 2]. Исходя из показателя предельно допустимой экологической нагрузки, наиболее напряженная обстановка в

Ульяновской области складывается с содержанием кадмия. Известно, что кадмий обладает мутагенными и канцерогенными свойствами и представляет генетическую опасность. Содержание его в почве на уровне 5 мг/кг наполовину снижает продуктивность сельскохозяйственных культур, а период полувыведения из почвы один из самых больших – около 1100 лет [3]. Кроме того, следует отметить высокую подвижность кадмия в почве, которая, как правило, превышает 50 %. Следовательно, кадмий представляет наибольшую опасность с точки зрения получения экологически безопасной продукции и обуславливает необходимость безусловного контроля растениеводческой продукции по содержанию в ней данного элемента. Высокая усвояемость кадмия определяет общую закономерность, чем больше его в почве, тем больше поступает он в растение [4,5,6].

Материалы и методы исследования. Исследование проводили в 2020 году в Крестьянско-фермерском хозяйстве «Мельников» Сурского района Ульяновской области. Культура рапс яровой, сорт Ратник.

Объекты исследования:

1. Природный цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области, химический состав которого представлен: $\text{SiO}_{2\text{общ}}$ 56,6 %; $\text{SiO}_{2\text{аморф}}$ 26,7 %; CaO 13,3 %; K_2O 1,25 %; MgO 1,73 %; P_2O_5 0,49 %; SO_3 0,5 %.

2. Цеолит, обогащенный аминокислотами, в составе которых содержится (%): аспаргиновая кислота (3,31+0,11), глутаминовая кислота (2,88+0,43), серин (0,70+0,11), гистидин (0,52+0,08), глицин (0,95+0,14), треонин (0,60+0,09), аргинин (0,89+0,13), тирозин (1,15+0,17), цистин (0,32+0,05), валин (1,82+0,27), метионин (0,42+0,06), фенилаланин (1,76+0,26), изолейцин (3,18+0,48), лейцин (4,46+0,67), лизин (7,41+1,11), пролин (3,10+0,46).

3. Цеолит, обогащенный карбамидом. В 10 кг цеолита содержится: кремний ионообменный – 7,0 кг, кальций – 934,520 г, калий ионообменный 240,0 г., фосфор ионообменный – 176,960 г., магний – 127 г., натрий – 42 г., медь – 0,573 г., цинк – 3,058 г., марганец – 8.468 г., кобальт – 0,160 г.

4. Почва – чернозем выщелоченный среднегумусный среднемогучный, легкосуглинистый.

5. Рапс яровой. Сорт Ратник является среднеспелым, вегетационный период 94 – 112 дней. Характеризуется высокой степенью адаптации к агроклиматическим условиям регионов Европейской части России и Сибири.

6. Минеральное удобрение — нитрофоска с содержанием элементов (NPK) по 17 кг.

В 2020 году схема опыта состояла из 14 вариантов: 1. Контроль, 2. Цеолит, 250 кг/га, 3. Цеолит, 500 кг/га, 4. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га, 5. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га, 6. Цеолит, обогащенный карбамидом, 250 кг/га, 7. Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га, 8. $N_{40}P_{40}K_{40}$, 9. NPK + Цеолит, 250 кг/га, 10. NPK + Цеолит, 500 кг/га, 11. NPK + Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га, 12. NPK + Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га, 13. NPK + Цеолит, обогащенный карбамидом, 250 кг/га, 14. NPK + Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследования, приведенные в таблице, показывают, что в черноземе выщелоченном под посевами рапса содержание подвижных соединений кадмия, наиболее токсичного из тяжелых металлов, при внесении цеолита в дозе 250 кг / га снизилось на 0,04 и 500 кг / га — на 0,08 мг/кг почвы, или на 14 и 28 %. Следовательно, имеется прямая зависимость подвижности данного элемента от дозы цеолита. В варианте «Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га + NPK» содержание Cd составило 0,13 мг/кг, что ниже контроля на 55 %. По другим элементам также наблюдалось снижение содержания подвижных форм тяжелых металлов. Влияние цеолита на подвижность тяжелых металлов в почве сохранялось при обогащении его аминокислотами и карбамидом, а также совмещении с минеральными удобрениями. Последнее объясняется способностью кремнекислоты, присутствующей в цеолите, переводить тяжелые металлы в труднорастворимые соединения.

В.В. Матыченков установил, что подвижность тяжелых металлов в почве зависит от начальной и конечной концентраций монокремниевой кислоты: при внесении малых количеств активного кремния идет образование растворимых комплексов с металлами и повышение общего содержания растворимых их форм; при

значительном повышении концентрации монокремниевой кислоты в почве или растворе происходит образование труднорастворимых силикатов элементов [7].

Таблица - Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое чернозема выщелоченного под посевами рапса, мг/кг

Вариант	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr ³⁺
Контроль (без удобрений)	4,0	9,2	2,2	0,29	4,6	3,4
Цеолит, 250 кг/га	3,7	8,8	1,8	0,25	4,4	3,1
Цеолит, 500 кг/га	3,2	8,2	1,8	0,21	3,6	2,8
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га	3,9	8,7	2,0	0,27	4,3	3,2
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	3,3	8,5	1,9	0,24	4,3	3,2
Цеолит, обогащенный карбамидом, 250 кг/га	3,9	8,8	1,9	0,24	4,3	3,2
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	3,5	8,4	1,8	0,22	4,1	3,0
N ₄₀ P ₄₀ K ₄₀ (NPK)	4,0	8,9	2,2	0,26	4,5	3,8
Цеолит, 250 кг/га+NPK	3,6	8,6	2,2	0,23	4,5	3,7
Цеолит, 500 кг/га+NPK	3,2	7,6	2,1	0,21	3,9	3,2
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 250 кг/га+NPK	3,6	6,6	2,0	0,14	4,5	3,7
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га+NPK	3,2	6,5	1,9	0,13	4,0	3,5
Цеолит, обогащенный карбамидом, 250 кг/га+NPK	3,6	6,6	2,4	0,21	4,4	3,6
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га+NPK	3,6	6,5	2,0	0,18	4,1	3,5
ПДК	3,0	23,0	6,	0,5	4,	6,0
НСР05	0,3	0,3	0,2	0,02	0,2	0,2

Заключение. Кремнистые породы, в том числе диатомит, благодаря высокому содержанию в них аморфного кремнезема, в значительной степени способствуют переводу подвижных соединений тяжелых металлов в труднодоступные растениям формы, тем самым способствуя получению экологически более безопасной продукции сельскохозяйственных культур.

Библиографический список:

1. Дьяконова, О. В. Тяжелые металлы и минеральные формы азота в системе «почва–растение»: дисс. на соискание ученой степени канд. с.–х. наук. – Барнаул, 2005. – 128 с.

2. Кравченко, А. Л. Экологическая оценка влияния фитотоксичности почвы на развитие растений: дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук. – М., 2016. – 115 с.

3. Соколов, О. А., Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О. А. Соколов, В. А. Черников. – Пушкино, 1999. – 163 с.

4. Башмаков, Д. И., Эколого – физиологические аспекты аккумуляции и распределение тяжелых металлов у высших растений. / Д. И. Башмаков, А. С. Лукаткин. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2009. – 236 с.

5. Борисов, Д. Е. Причины и закономерности техногенного загрязнения тяжелыми металлами системы «почва–растение» в условиях лесостепной зоны: автореф. дисс. канд. с.–х. наук. – Омск, 2000. – 16 с.

6. Куликова, А. Х. Кремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур / А. Х. Куликова, А. В. Карпов, Е. А. Яшин. - 2020. – 176 с.

7. Матыченков, В.В. Роль подвижных соединений кремния в растениях и системе почва–растение / Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. Пушкино, 2008. 34 с.

THE EFFECT OF ZEOLITE ON THE CONTENT OF MOBILE FORMS OF HEAVY METALS IN THE ARABLE LAYER OF LEACHED CHERNOZEM UNDER RAPESEED CROPS

Pakhalin V. A., Kulikova A. Kh.

Keywords: *zeolite, heavy metals, rapeseed, cadmium, lead, zinc.*

The paper presents the results of a study aimed at studying the effectiveness of zeolite, including enriched with amino acids and carbamide. A decrease in the content of heavy metals in leached chernozem has been established.