

Л.Н. Ольшанская, А. Никифорова, О.В. Титоренко, Е.М. Баканова
(Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.; e-mail: ecos123@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ МЕДИ, КАДМИЯ И ВНЕШНИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА ВСХОЖЕСТЬ, РОСТ, РАЗВИТИЕ СОИ И ФАСОЛИ ПРИ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВЫ

Получены новые данные по совместному влиянию природы и концентрации тяжёлых металлов (меди и кадмия), УФ-облучения и постоянного магнитного поля на процессы всхожести семян, рост и развитие растений-фиторедегантов (соя, фасоль). Результаты исследований имеют важное научное и практическое значение для теории и технологии очистки почв от поллюгантов методом фиторедегации.

Ключевые слова: ионы меди, кадмия, внешние физические поля, УФ-облучение, магнитное поле, растения-фиторедеганты, соя, фасоль, фиторедегация почвы.

L.N. Olshanskaja, A. Nikiforova, O.V. Titorenko, E.M. Bakanova

IMPACT OF COPPER, CADMIUM IONS AND EXTERNAL PHYSICAL FIELDS ON GERMINATION, GROWTH AND DEVELOPMENT OF SOY AND BEANS PLANTS DURING PHYTOREMEDIATION OF SOIL

New data on the joint impact of nature and concentration of heavy metals (copper and cadmium), UV-radiation and constant magnetic field on germination of the seeds, growth and development of the plants-phytoremediators (soy, beans) are obtained. The results of the research have important scientific and practical value for the theory and technology of cleaning of soils from pollutants by means of phytoremediation.

Key words: copper, cadmium ions, external physical fields, UV-radiation, constant magnetic field, plants-phytoremediators, soy, beans, phytoremediation of soil.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 14 октября 2015 г.

В последние десятилетия в связи с быстрым развитием промышленности во всем мире усиливается загрязнение окружающей среды **тяжёлыми металлами (ТМ)** в масштабах, которые не свойственны природе. В силу этого возрастание их содержания в окружающей среде становится серьёзной экологической проблемой.

В России площадь загрязнённых ТМ земель достигла более 70 млн га, из них около 1 млн га имеют чрезвычайно опасный уровень загрязнения. Загрязнение почвы носит глобальный характер и может привести к непоправимым последствиям. Разрушение плодородного слоя неумолимо ведёт к нарушению природного баланса, обмена веществ в природе. Исходя из этого, можно сказать, что загрязнение почвы может обернуться разрушением других экосистем [1]. В стране необходимы срочные меры по снижению уровня загрязнения почв тяжёлыми металлами.

В последние десятилетия обнаружены многочисленные факты, свидетельствующие о высокой чувствительности растений к воздействию **внешних физических полей (ВФП)** различной природы (УФ-, ИК-излучение, магнитные поля и др.), которые создают дополнительные электрические токи в биообъектах, и, изменяя величины мембранного потенциала клетки, могут воздействовать на процессы роста и развития, оказывая как стимулирующее, так и тормозящее влияние. Это воздействие зависит от характеристик внешних физических полей: длины волны, частоты колебаний электромагнитных излучений, интенсивности и времени [2, 3]. Обработка семян является прогрессивным способом их подготовки к посеву, позволяющим не только вывести семена из состояния покоя, но и активизировать работу разнообразных биологических катализаторов – ферментов, обеспечивающих быстрый рост и развитие растений. В клеточной стенке имеются белки, пектины, фосфолипиды и др., содержащие фиксированные отрицательно заряженные группы (прежде всего – карбоксильные). Они определяют катионно-обменную способность и влияют на накопление катионов ТМ в клетке из почвенного раствора высшими растениями в процессе фиторемедиации [4]. Растительная клетка при этом является природным биоэлектрохимическим нанореактором, способным эффективно извлекать и утилизировать ТМ.

Авторами исследованы рост и развитие сои и фасоли в процессе очистки почв от ионов ТМ (медь и кадмий) методом фиторемедиации при воздействии на семена фиторемедиантов (соя и фасоль) УФ-излучением и постоянным магнитным полем.

Тестовые культуры (**фиторемедианты**) – соя (*Glycine max*) сорт Самер 2 и зерновая красная фасоль (*Phaseolus vulgaris*) сорт Рубин, районированы в Саратовской области. Выбор обусловлен тем, что в целях фиторемедиации обычно используют высокопродуктивные культуры. Загрязняющими веществами служили растворы $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ с концентрацией катионов Cu^{2+} и Cd^{2+} 5 и 15 ПДК для почвы. В качестве источника УФ-излучения использовалась бактерицидная лампа, марки СБПе 3×30 Вт, с длиной волны $\lambda = 257 \text{ нм}$; **источником постоянного магнитного поля (ПМП)** с напряжённостью 2 кА/м служил прибор марки Б5-43. Обработку семян проводили в течение 6 часов [5].

Результаты проведенных исследований по влиянию меди и кадмия в различных концентрациях и воздействиях УФ-облучения и ПМП на количество всходов семян сои представлены в табл. 1.

**Влияние концентрации меди (числитель) и кадмия (знаменатель)
и воздействий УФ и ПМП на количество всходов семян сои (от 15 семян)**

День	Воздействие УФ – 6 часов			Воздействие ПМП – 6 часов	
	Количество всходов				
	Контроль	5 ПДК	15 ПДК	5 ПДК	15 ПДК
7	8/8	8/6	7/4	5/6	3
14	10/10	11/6	9/6	9/6	7
21	10/10	11/7	9/8	10/6	7
28	9/9	11/6	10/7	10/6	7

Установлено, что, по сравнению с контролем, количество всходов в почвах, содержащих катионы меди, изменилось. Влияние Cu^{2+} на процессы всхожести семян сои весьма неоднозначно. Так, по сравнению с контролем, в почвах, содержащих медь, при концентрациях 5 ПДК всхожесть семян сои, обработанной УФ облучением в течение 6 часов, увеличилась, а при 15 ПДК – наблюдалось снижение всходов сои в течение первых трёх недель и незначительный рост на последней неделе.

При обработке семян сои ПМП наблюдалось снижение количества всходов в течение четырёх недель при концентрации 15 ПДК. А в случае обработки почвы раствором меди 5 ПДК наблюдалась задержка произрастания всходов в течение первых двух недель.

Количество всходов в почвах, содержащих катионы кадмия, отличалось от количества всходов в контрольном образце. Так, по сравнению с контролем, в почвах, содержащих кадмий, при концентрациях 5 и 15 ПДК всхожесть семян сои, обработанных УФ облучением и ПМП в течение 6 часов, практически всегда была меньше.

Проведенные исследования по влиянию концентрации меди и кадмия и воздействий УФ-облучения и ПМП в течение 6 часов на количество всходов семян фасоли представлены в табл. 2. Установлено, что, по сравнению с контролем, количество всходов в почвах, содержащих катионы меди, изменилось. Так, по сравнению с контролем, в почвах, содержащих медь, при концентрациях 5 и 15 ПДК всхожесть семян фасоли, обработанной УФ облучением и ПМП в течение 6 часов, заметно увеличилась.

**Влияние концентрации меди (числитель) и кадмия (знаменатель)
и воздействий УФ и ПМП на количество всходов семян фасоли (от 15 семян)**

День	Воздействие УФ – 6 часов			Воздействие ПМП – 6 часов	
	Количество всходов				
	Контроль	5 ПДК	15 ПДК	5 ПДК	15 ПДК
7	0/0	7/5	6/3	6/4	6/3
14	4/4	9/7	7/6	8/5	9/5
21	5/5	9/8	10/6	8/5	9/5
28	5/5	9/6	8/6	8/5	8/4

Количество всходов фасоли, обработанной УФ облучением и высаженной в почвы, содержащие кадмий в концентрациях 5 и 15 ПДК, по сравнению с контролем, увеличилось. При воздействии ПМП и кадмия в концентрации 5 ПДК количество всходов оказалось равным количеству всходов семян в контрольном образце, а при концентрации Cd^{2+} 15 ПДК количество всходов немного снизилось.

Средняя высота растений фасоли при воздействии Cu^{2+} и ВФП на 28 сутки представлена на рис. 1.

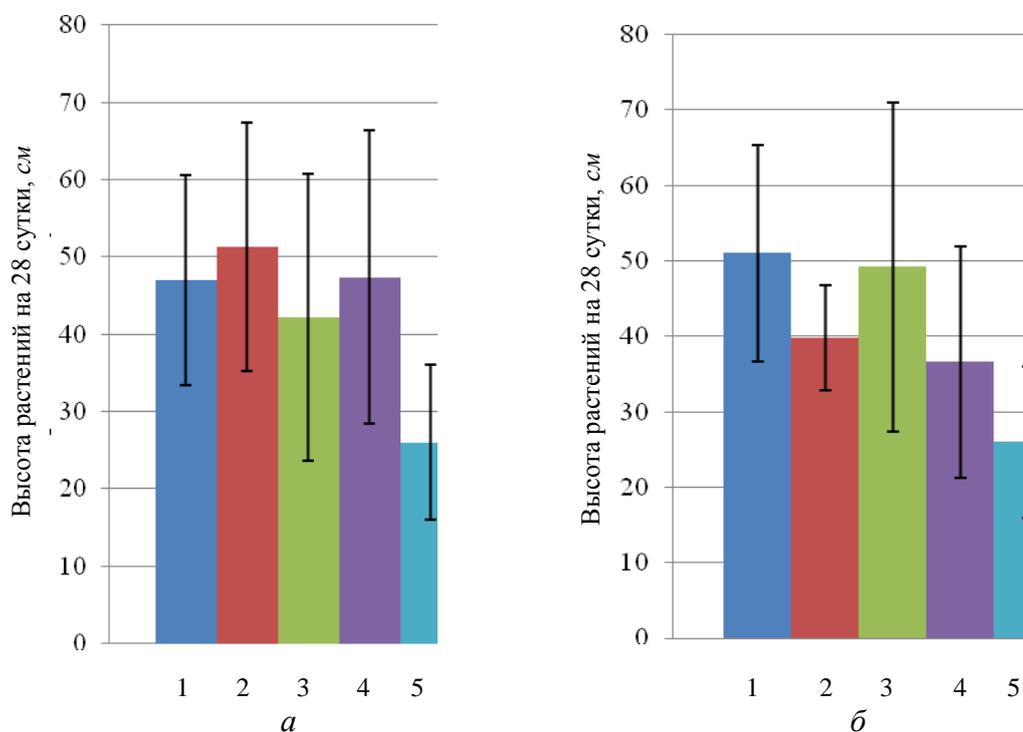


Рис. 1. Средняя высота растений фасоли при воздействии физических полей и катионов Cu^{2+} (а) и Cd^{2+} (б) на 28 сутки: 1 – 5 ПДК + ПМП; 2 – 15 ПДК + ПМП; 3 – 5 ПДК + УФ; 4 – 15 ПДК + УФ; 5 – Контроль (без ВФП)

Выводы

1. Изучено влияние природы и содержания тяжёлых металлов (меди и кадмия) на процессы всхожести семян, роста и развития растений сои и фасоли. Установлено, что с увеличением концентрации катионов ТМ в почве сильнее проявляется их токсическое действие на растения-фиторемедианты. При высоких концентрациях ТМ растения имеют более низкие показатели всхожести семян, роста и развития.

2. Показано, что воздействие УФ и ПМП в течение 6 часов на семена сои, в присутствии кадмия в концентрации 5 и 15 ПДК, снижали всхожесть, рост и развитие растений. Результаты для контроля оказались несколько выше.

В аналогичных условиях, в присутствии в почве Cu^{2+} , достигалось повышение исследуемых параметров на 10-12 %, особенно после обработки ультрафиолетом. По всей видимости, функции клеток активизировались и растения усиливали свои накопительные свойства.

3. Анализ полученных данных показал, что кадмий оказывает большее токсическое воздействие на растения, по сравнению с медью. Это обусловлено тем, что медь, в отличие от токсиканта кадмия, является микроэлементом, необходимым для роста и развития растений, и её концентрация в фитомассе контролируется.

Литература

1. *Чупрова, В.В.* Экологическое почвоведение. Красноярск: КрасГАУ, 2007. 172 с.
2. *Нефёдов Е.И., Протопопов А.А., Семенцов А.И., Яшин А.А.* Взаимодействия физических полей с живым веществом: монография. Тула: ТГТУ, 1995. 98 с.
3. *Титоренко О.В., Халиева А.С., Ольшанская Л.Н., Майорова О.В.* Влияние внешних физических полей и загрязнений тяжёлыми металлами (никель, цинк) на процессы фиторемедиации почв // Промышленная экология и безопасность: матер. VIII Межрег. науч.-практ. конф. Казань: МЭ и ПР Республики Татарстан, 2013. С. 84-87.
4. *Оприлов В.А., Пятыгин С.С., Воденев В.А.* Непосредственное сопряжение генерации потенциала действия в клетках высшего растения *Sisymbrium L.* с работой электрогенного насоса // Физиология растений. 2002. Т. 49. № 1. С. 160-165.
5. *Ольшанская Л.Н., Титоренко О.В., Еремеева Ю.А.* Влияние постоянного магнитного поля и ультрафиолетового излучения на рост высших растений и фиторемедиацию почвы от нефтепродуктов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2015. № 5. С. 43-45.