

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА НАКОПЛЕНИЕ БИОМАССЫ В РАСТЕНИИ

А.С. Акмуллаева, А.Т. Канаев., Г.М. Талгарбаева, М.С. Абилмажсин

Жетысуский государственный университет им. И. Жансугурова

Научно-исследовательский институт проблем биотехнологии, Казахстан

Проведена оценка фиторемедиационной способности зерновых культур (овес, яровой и озимый ячмень, озимая пшеница, тритикале, просо) к загрязнению почвы тяжелыми металлами по коэффициентам биологического поглощения и транслокации. Учитывая, что формирование ростка зависит от темпов прорастания зерна, становится очевидным, что это ответственный этап в общем росте и развитии растения. Если сравнивать между собой по темпам прорастания зерна растений, то для тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb, Zn) А. растение *repens* обладает относительной устойчивостью.

Ключевые слова: растения, загрязнение, тяжелые металлы, почва, прорастание зерна, транслокации.

Одной из главных задач современных ученых всего мира является ослабление воздействия тяжелых металлов на живые организмы после применения пестицидов. Распространение тяжелых металлов в окружающей среде интенсивно осуществляется не только в природных условиях, но и антропогенным путем. К ним можно отнести отходы производства, горнодобывающая промышленность, транспорт, производство цветных и черных металлов, хаотичное использование удобрений, содержащих тяжелые металлы, теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) или общую урбанизацию.

Загрязнение воздуха, воды и почвы тяжелыми металлами также является актуальной экологической проблемой в крупных промышленных центрах Казахстана. К примеру, некоторые концентрации тяжелых металлов в почвах вблизи промышленных предприятий г. Семей по сравнению с почвами в нормальных условиях увеличились в 7,4, свинца – 9,9, меди – 3,8, кадмия – 13,3, марганца – 1,3, кобальта – в 2,4 раза. Содержание тяжелых металлов в почве при наблюдении на близлежащих возделываемых сельскохозяйственных растениях и огородных культурах увеличилось до 2-3, 5 раз [1].

В связи с этим охрана окружающей среды – первая проблема, которая ставится перед специалистами, это определение общего и активного содержания тяжелых металлов в окружающей среде. Второй момент – разработка простых и достаточно надежных моделей распределения загрязняющих веществ с целью прогнозирования уровня загрязнения природных объектов. На третьей очереди – научно обоснованное обезвреживание и нормирование тяжелых металлов с целью недопущения негативных последствий загрязнения [2].

В общих фракциях в виде пыли (0,001-0,005 мкм) тяжелых металлов, распространяющихся по-разному в воздух, очень мелкие частицы (0,001-0,005 мкм) и фракции среднего уровня в разных местах составляют около 34-54% по сравнению с крупногабаритными фракциями. Фракции такого мелкого уровня по данным Уэсти (1988), считаются наиболее опасными для кровеносных сосудов и дыхательных систем человека [3].

Согласно научным данным, благодаря трофическим связям организм человека получает 40-50% токсических веществ из пищевых продуктов, 20-40% - из воды, 20-40% - из воздуха [4].

Восстановление окружающей среды, особенно очистка почвы от тяжелых металлов такими способа-

ми крайне неэффективно. Из вышеперечисленных методов наиболее эффективным является биологический метод. Особенно интенсивно в последние годы развивается разработка путей восстановления загрязненной среды с помощью растений.

Материал и методика

Agropyron repens L – озимая пшеница. Высота 50-100 см. Корнеплод с лежачим длинным побегом. Стебель зеленый, гладкий, без ворса. Листовое влагалище гладкое безволосое, в некоторых случаях низко бахромчатое. Лист короткий, лист гладкий или скрученный, шириной 5-10 мм. Низ гладкий, верх с выпуклостью. Колос прямостоячий, длиной 7-15 см. Колосья расположены вертикально, иногда криво, шириной 10-20 мм. Имеет 5-7 цветков зеленого или фиолетового цвета. Колосовидная чешуйка длиной 5-12 мм. Цветет в июне, августе. Устойчив к засухе, холоду и засолению. При нормальных условиях дает урожай 25-30 ц/г и выше. Масса 1000 зерен 2,5±0,9 г. всхожесть свежеобранного зерна в лаборатории составляет 80% и сохраняется до 5-7 лет. Встречается во всех регионах Казахстана. Травянистое многолетнее кормовое растение.

Phleum pratense L – луговая стрелокоза. Высота 60-100 см. Стебли прямые, с короткими междоузлиями, иногда полностью длинные. Листовое влагалище блестящее, безволосое, длина язычка 4 мм. Лист гладкий, с острым зубчатым краем, шириной 8 мм. Цветок 6-12 см цилиндр опорный. Колос сжат с продольной стороны. Цветочная чешуйка в 2 раза короче чешуйки колоса с непроходимыми зубчиками. Растет на сухих площадях. Цветет в мае, июне, в зависимости от региона. Плодородное, многолетнее кормовое травянистое растение.

Zerna inegmis – арпабас без щетины. Высота 40-100 см. Стебель прямостоячий, плоский или сгруппированный, без ворса. Корнеплод с лежачим ростком. Шпунт 1-2мм. Лист гладкий, слегка скрученный. Безволосый, изогнутый ниже кончика, края закручены нитями. Ширина 4-9 мм. Бахрома 10-15 см вертикальная, чаще стебель прямолинейный 3-7 ден. Колос прямой, длинный острый 1,5-3 см, цветок зеленый или серовато-фиолетовый по 5-12. Чешуйки Колоса длинные, острые, голые и рельефные нитями. Нижние 6-7 верхние 9-11 мм. Цветет в июне, августе. Устойчив к морозам, холодам и засухе. При устойчивости к высоким температурам многие злаки стоят на переднем крае, уступая место пшенице (*Agropyron repens* L), не подлежащей засолению почвы. После цветения накапливает большее количество запасного вещества,

чем у большинства семейств мудрецов. При хороших влажных условиях дает урожай до 50 ц/г. Встречается во всех регионах Казахстана. Особенно в равнинных степях, предгорьях. Высоко продуктивное кормовое травянистое растение.

Метод определения тяжелых металлов в органах растений. Высушенные органы растений (корни, стебли) измельчали и расфасовывали по 20 мг в пробирки, устойчивые к высоким температурам. В каждую пробирку вливали по 1 мл 100 мл концентрированной серной кислоты из смеси с 8 мл 57% хлорной кислоты. Пробирки закрывали крышкой и оставляли на ночь. На следующий день работы по влажному обжигу проводились под вытяжным шкафом, над асбестовым настилом на электрической плитке. Чтобы узнать полное обесцвечивание, в качестве контрольного варианта обжигали кислоту в отдельной пробирке в объеме 1 мл. После завершения процесса полного обесцвечивания охлаждают и доводят до объема 10 мл дистиллированной воды. Пробирки хранили в холодильнике в закрытом виде. Ионы тяжелых металлов в нем определялись с помощью инверсионного вольтамперметрического подхода.

Результаты

По данным многих исследователей, под воздействием тяжелых металлов рост корней тормозится больше, чем в стебле, уменьшается количество и био-

масса корневых волосков. Под воздействием тяжелого металла происходят сложные изменения в клетках зоны растяжения, в которой сначала происходит образование корневых меристем, а затем и корневых волосков. Нарушается корреляция роста, устраняется совместимость верхушечного роста и латерального роста. Вследствие этого образуются короткие толстые корни с угнетенным ветвлением, продольным ростом. В результате объем общей и адсорбирующей поверхности корня растения уменьшается, из-за чего растение постепенно перестает существовать. Снижение способности корней поглощать питательные вещества приводит к замедлению роста, развития и прекращению жизнедеятельности растения.

Тяжелые металлы подавляют рост и надземных органов растений, что приводит к нарушению развития ассимилирующих органов и снижению общей сухой биомассы растений.

Рассмотрим влияние различных концентраций тяжелых металлов на накопление биомассы растениями с учетом приведенных данных. Показано, что скорость накопления биомассы экспериментальных растений зависит от концентрации тяжелых металлов и при экспериментальных концентрациях высокотоксичных (Cd, Pb) видов тяжелых металлов, отнесенных к 1 классу, зависит от уровня роста и развития чувствительных видов растений (1-таблица).

Таблица 1. Влияние различных концентраций тяжелых металлов на накопление биомассы растениями с учетом приведенных данных

Варианты	<i>A. repens</i>			<i>Z. inermis</i>			<i>Ph. pratense</i>		
	стебель	корень	растения	стебель	корень	растения	стебель	корень	растения
Контроль	1,4±0,08	0,5±0,01	1,9±0,1	2,1±0,0	1,0±0,04	3,0±0,2	0,5±0,0	0,2±0,0	0,7±0,0
3,2 мг/кг	1,2±0,09	0,3±0,01	1,5±0,1	1,9±0,1	1,0±0,00	2,9±0,1	0,5±0,0	0,1±0,0	0,60±0,0
6,4	1,1±0,03	0,2±0,01	1,3±0,1	1,8±0,1	0,9±0,03	2,7±0,2	0,4±0,01	0,1±0,0	0,50±0,0
12,8	1,0±0,05	0,1±0,01	1,1±0,1	1,7±0,0	0,7±0,01	2,4±0,1	0,4±0,01	0,08±0,0	0,50±0,0
25,6	0,6±0,01	0,1±0,01	0,7±0,1	1,6±0,0	0,5±0,03	2,1±0,1	0,3±0,01	0,01±0,0	0,31±0,0

По мере увеличения концентрации меди, как приведено в таблице, биомасса растений зависимо снижалась. Однако биомасса растения *Z. inermis* выше по сравнению с другими растениями в эксперименте (сухой вес одного корня, стебля или целого растения). Даже по сравнению с контрольным вариантом других растений видно, что растение *Z. inermis* имеет высокий показатель темпов накопления сухой биомассы по стеблю, корню и одному растению в максимальной концентрации. Ну и самый низкий показатель показывает растение *A. gigantea*. Например, биомасса стебля растения *Z. inermis* в контрольном варианте составляла 2,1 мг, концентрация снижалась только на 1,9 мг, 1,8 мг при 3,2 мг/кг, 6,4 мг/кг. А в концентрациях 12,8 мг и 25,6 мг/кг составил 1,7 мг, 1,6 мг. Эти

показатели у растения *A. repens* в контрольном варианте концентрация превышала 1,4 мг, снижалась до

1,2 мг, 1,1 мг, 1,0 мг и 0,6 мг.. биомасса стебля растения *Ph pratense* уменьшилась до 0,4 мг и 0,3 мг в другой концентрации, оставаясь 0,5 мг на контрольном уровне при более низкой концентрации 3,2 мг/кг, если в контрольном варианте 0,5 мг. А также в растении *A. gigantea* биомасса стебля контрольного варианта составляла 0,19 мг, при увеличении концентрации этот показатель снижался до 0,15 мг, 0,17 мг и 0,10 мг. Такие показатели наблюдаются при увеличении темпов накопления биомассы корней растений в опыте. Например. сухая биомасса корня растения *Z. inermis* в максимальной концентрации 25,6 мг / кг составляет 0,5 мг. с корнеплодом в контрольном варианте растения *A. repens* равны 0,5 мг, показатели остальных рас-

тений в контрольных вариантах 0,2 мг и 0,14 мг. Ну а в максимальной концентрации вес корня растения *A. repens* на 0,7 мг, масса корня растения *P. pratense* на 0,01 мг, было отмечено, что корневая масса растения *A. gigantea* была ниже до 0,06 мг. Кроме того, если посмотреть на показатели растений в расчете на одно растение в целом, вариант контроля *Z. inermis* масса всего растения 3,0 мг., *A. repens* 1,9 мг, *P. pratense* 0,63 мг, отмечается, что *A. gigantea* выше, чем 0,33 мг. Этот показатель при увеличении концентрации меди в растении *Z. inermis* составляет 2,9 мг, 2,7 мг, 2,4 мг и 2,1 мг. в растении *A. repens* снижено до 1,5 мг, 1,3 мг, 1,1 мг и 0,7 мг в максимальной концентрации. в растении *Ph pratense* уменьшилось на 0,6 мг, 0,5 мг и 0,31 мг. Показано, что у растения *A. gigantea* эти показатели снижены до 0,22 мг, 0,26 мг, 0,2 мг и 0,16 мг.

По темпам сбора биомассы растений в опытах на воздействие меди в целом наблюдается резистентность растения *Z. inermis*. Учитывая, что в основном устойчивость растений к тяжелым металлам определяется по коэффициенту Уилкинса, сопротивление меди при всех концентрациях, как показано в таблице 2. без сомнения, это растение *Z. inermis*. На второе место, если считать, в основном, с максимальной концентрацией тяжелого металла, на третьем месте стоит растение *A. alba*. закладывается растение *A. repens*. Чувствительное к меди растение *P. pratense* было найдено. Так, если поставить ряд устойчивости к меди с показателями концентрации 25,6 мг/кг *Z. inermis* > *A. gigantea* > *A. repens* > *Ph. pratense* является.

Таким образом, скорость сбора биомассы растений в эксперименте зависит от эффекта концентрации меди. Корневая система растений страдает больше, чем стебель. По темпам накопления сухой биомассы стеблевых, корневых и целых растений в опытах растение *Z. inermis* считается наиболее устойчивым. Самым чувствительным было растение *Ph. pratense*.

Выводы. Таким образом, тяжелые металлы по-разному влияют на всхожесть зерен растений, которые были испытаны на практике. То есть, по результатам этих опытов было установлено, что тяжелые металлы оказывают свое влияние на начальную стадию жизни растений, начиная с процесса прорастания. Учитывая, что формирование ростка зависит от темпов прорастания зерна, становится очевидным, что это ответственный этап в общем росте и развитии растения. Если сравнивать между собой по темпам

прорастания зерна растений, то для тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb, Zn) А. растение *A. repens* обладает относительной устойчивостью. А также к элементам кадмия, меди и цинка. можно сказать, что растение *A. gigantea* значительно более устойчиво, чем другие растения. Такие результаты наиболее ярко выражены в следующем ряду.

По меди (25,6 мг/кг) *A. repens* > *A. gigantea* > *Z. inermis* > *Ph. pratense*.

По кадмию (25,6 мг/кг) *A. gigantea* > *Z. inermis* > *Ph. pratense*.

По цинку (200 мг/кг) *A. repens* > *A. gigantea* > *Z. inermis* > *Ph. pratense*.

По свинцу (400 мг/кг) *A. repens* > *Z. inermis* > *Ph. pratense* > *A. gigantea*

Среди растений, согласно приведенному выше описанию, если наблюдать относительную устойчивость растения *A. repens* ко всем тяжелым металлам, оказалось, что растение *Ph. pratense* наиболее чувствительно по прорастанию зерна, а два других вида чередуются между этими двумя из-за воздействия тяжелых металлов.

Литература

1. Панин М.С. Эколого-биохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана // Отв. ред. Ж. У. Аханов: МОН РК. Семипалатинский гос. Университет им. Шакарима. Алматы, 2000. №6. – 338 с.
2. Солдат И. Е., Нетребенко Н. Н., Шептухова Л. Г., Лукин С. В. Влияние уровня загрязнения почвы тяжелыми металлами на их накопление в зерновых культурах // Зерновые культуры, 1999. – №3 – С. 25-26
3. Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высших растениях // Физиология растений, 2001. –Т. 48. – №4. – С. 606-630.
4. Новикова О. В., Кошелева Н. Е. Биогеохимия тяжелых металлов в городских ландшафтах // Тезисы III Международной научно-практической конференции «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде. Семипалатинск-Казахстан, 2004. – С. 404-419