

Б.Н. МЫНБАЕВА

ЭКОТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БИОТЕСТЫ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ УРОВНЯ ТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

(Представлена академиком М.Х. Саятовым)

Озимую пшеницу не следует использовать в качестве биотеста при исследовании токсичности почв г. Алматы. Плевел многолетний через изменения физиологических и экотоксикологических показателей проявил высокую чувствительность по отношению к Cd и Pb, среднюю чувствительность к Cu и Zn. Острая токсичность почвенных образцов (EC_{50}) проявилась по отношению к длине стеблей и корней проростков плевела при 4-кратном увеличении дозы Cd, а также для длины и веса корней при 4-кратном увеличении дозы Pb; EC_{20} – более часто встречаемое значение (соответствует 16-ти показателям проводимого эксперимента); EC_{10} – пороговая токсичность, встречалась в 28 показателях.

Таким образом, плевел многолетний оказался высокоэффективным растительным тест-объектом, который можно использовать для диагностики токсичности почв г. Алматы, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ).

Загрязнение городских почв ТМ приводит к серьезным функциональным нарушениям почвенных ценозов. Источники поступления ТМ в почвы общеизвестны, причем большая часть их закрепляется и накапливается в верхних слоях почвы. Аккумуляция ТМ в почве имеет как положительные (уменьшение загрязнения грунтовых вод), так и отрицательные (поступление ТМ в атмосферу и растения) стороны. Среди основных ТМ, обнаруживаемых вдоль транспортных магистралей в значительных количествах, большинство исследователей выделяют Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr и Co. Загрязнение ТМ почв придорожных пространств вызывает угнетение и гибель древесной и травянистой растительности, обнажение почвенного покрова. В результате значительное количество токсичных поллютантов поднимается воздушными потоками и переносится на большие расстояния, попадая при этом через дыхательные пути в организм человека.

Таким образом, одной из наиболее важных характеристик ТМ является их токсичность для живых организмов.

С этой точки зрения особую опасность представляют подвижные формы ТМ. Для оценки токсичности городских почв, содержащих в повышенных количествах перечисленные ТМ, а также другие загрязняющие вещества, часто используют метод биотестирования с помощью микроорганизмов [1, 2], проростков тест-растений [3] и др.

В данной работе исследовалась возможность применения проростков озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) и плевела многолетнего или райграса пастбищного (*Lolium perenne*) в качестве биотестов для оценки загрязненных ТМ урбанизированных территорий г. Алматы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований выбраны образцы темно- и светло-каштановых почв г. Алматы, отобранные в течение 2007-2009 гг., и имевшие определенные географические, эдафические и физико-химические характеристики. Отбор проб почвы производился вдоль проспекта им. Райымбека в широтном направлении на пересечении определенных автомагистралей, контролем служили пробы почв, взятые за городом (в том же широтном направлении на запад: 25 км за городской чертой и в 1 км от трассы). Урбанизированные почвенные образцы содержали подвижные формы ТМ (мг/кг): Cd – от 0,19 до 0,27; Pb – от 8,7 до 12,4; Cu – от 1,2 до 1,9; Zn – от 14,3 до 25,7. Контрольные почвенные образцы содержали (мг/кг): Cd - 0,14; Pb - 5,4; Cu - 0,8; Zn - 8,3 [4].

Взвешивание проростков тест-растений выполняли на электронных весах SPU 202. Проведена статистическая обработка данных по измерению и взвешиванию.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Тест-растения сначала выращивали в сосудах, объемом 500 мл, на дно которых укла-

дывали вату (по 2 г), пропитанную 50 мл отстоянной водопроводной водой. На вату помещали одинаковые по размеру семена озимой пшеницы (4 г/сосуд) и плевела многолетнего (2 г/сосуд).

Когда корни тест-растений хорошо прорастали через ватную подушку, проростки вместе с ватой помещали в 3-кратной повторности на пробах почв, в которые вносили ацетаты Cd и Pb, сульфаты Cu и Zn.

После внесения ТМ изучали их токсическое действие на физиологические параметры роста и развития тест-растений. В каждом варианте использовали 25-30 проростков, что обеспечило статистическую обработку результатов экспериментов.

На первом этапе по разработке растительных биотестов, характеризующих загрязнение почв ТМ, были выполнены опыты по использованию проростков озимой пшеницы на почвенных образцах: 1) почва за городом (контроль), 2) урбанизмы с естественным содержанием ТМ, 3) почвенные образцы с внесением 2- и 4-кратного содержания ТМ, рассчитанные для абсолютно-сухой почвы. Дополнительная цель: выбор оптимальной продолжительности воздействия ТМ (7, 10 или 14 дней), на основании измерения высоты побегов.

Анализируемые почвенные образцы в своем естественном состоянии содержали определенные количества ТМ, поэтому этот вариант рассматривался как второй дополнительный контроль в представленных модельных опытах, т.е. варианты с внесением 2- и 4-кратных концентраций ТМ можно считать чисто экспериментальными.

При оценке опытов с озимой пшеницей было обнаружено, что содержание Cd и Pb оказалось значительное влияние на 10 день посадки побегов на почву в зависимости от вносимой концентрации ТМ в обоих вариантах; таким образом, 10 дней были определены в экспериментах как продолжительность периода внесения ТМ.

Результаты, касающиеся снижения высоты стеблей озимой пшеницы, выращенных в почвенных образцах, в которые дополнительно вносили ТМ, были противоречивыми: во-первых, не наблюдалась предполагаемая корреляция

между уменьшением высоты проростков и увеличением концентрации ТМ, и, во-вторых, токсичность вносимых ТМ едва достигла порогового значения ЕС₁₀ (угнетение показателей роста на 10% при определенной концентрации, т.н. эффективной концентрации ЕС₁₀). Следовательно, семена озимой пшеницы, обладающие высоким содержанием питательных веществ и использующие только часть почвенных элементов для роста и развития, не подходили для реализации их в качестве биотеста; другими словами, для биотестирования почв следует использовать семена растений с более низким содержанием питательных веществ. Кроме того, было решено включить в биомониторинг дополнительные растительные физиологические параметры, чувствительные к вносимым дозам ТМ (длина корней, зеленая масса или вес стеблей, корневая масса или вес корней). Полученные результаты предварительных экспериментов были введены для следующей серии экспериментов.

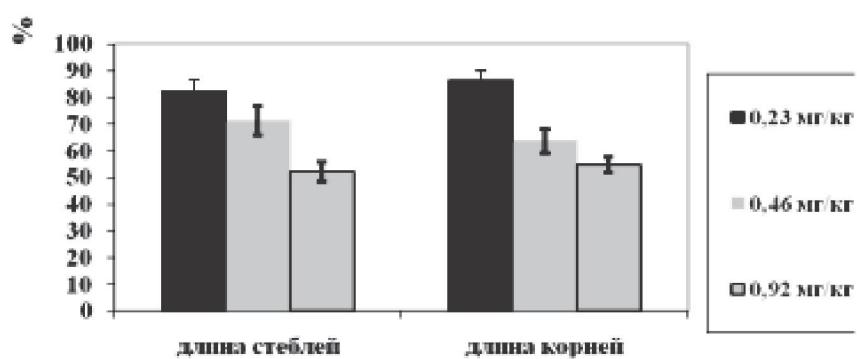
В дальнейших опытах были использованы проростки плевела многолетнего. Варианты почвенных образцов были такими же, что и для озимой пшеницы.

После посадки проростков на почвенные субстраты через 10 дней произвели отбор: удалили заболевшие, карликовые (или проявившие гигантизм) растения. Выросшие проростки промывали, высушивали фильтровальной бумагой и проводили взвешивание и измерение длины отдельно надземной и корневой частей проростков тест-растений.

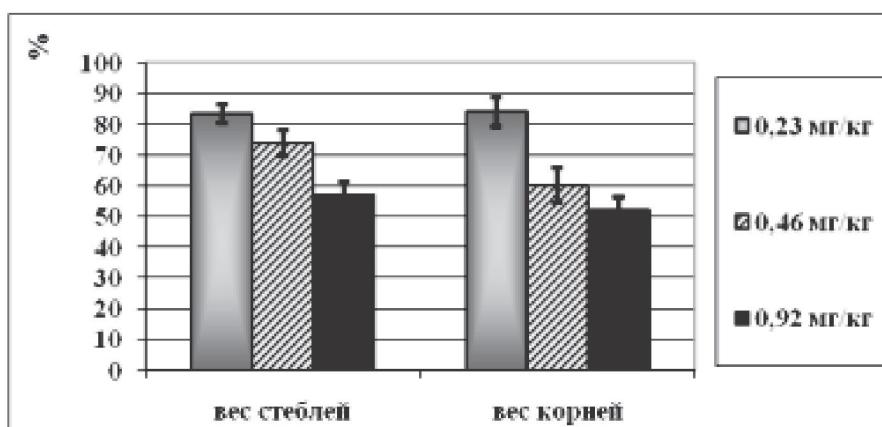
Рассмотрим результаты экспериментов по отдельным ТМ.

Cd. Высота стеблей и длина корней проростков плевела многолетнего зависела от доз вносимого Cd: в урбанизмах снижение составило 17,4% и 13,6% соответственно; 2-кратное увеличение концентрации Cd снизило эти параметры на 28,7 и 36,4% соответственно; 4-кратное увеличение концентрации Cd - почти на 50% (гистограмма 1).

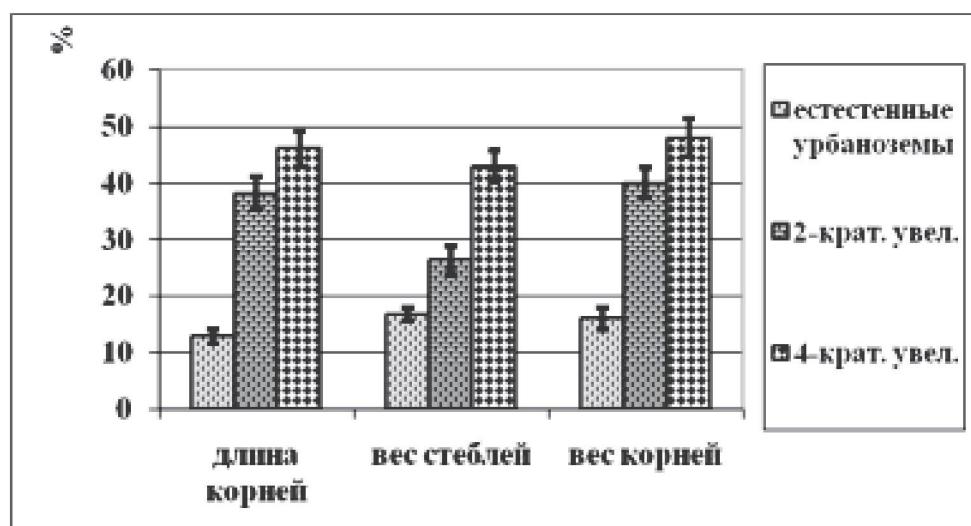
Вес стеблей и корней плевела многолетнего достоверно уменьшался по мере увеличения доз вносимого Cd: от 83 до 57% для стеблей и от 84 до 52% - для корней (гистограмма 2), т.е. степень ингибирования этих физиологических



Гистограмма 1. Уменьшение длины стеблей и корней проростков плюща многолетнего (в %) при внесении Cd по сравнению с контролем



Гистограмма 2. Уменьшение веса стеблей и корней плюща многолетнего (%) при внесении Cd по сравнению с контролем



Гистограмма 3. Уменьшение параметров плюща многолетнего (%) при внесении Pb по сравнению с контролем

Таблица 1. Результаты измерений физиологических параметров тест-растения плевела многолетнего в модельных экспериментах

Медь, мг/кг					
вариант		контроль- 0,8	естественные урбанизмы -1,55	2-крат. увел. 3,10	4-крат. увел. 6,20
стебли	ср. длина, см	29,1±5,05	26,9±4,81	24,8±3,92	23,2±3,39
	ср. вес, г	0,51±0,11	0,47±0,06	0,46±0,07	0,45±0,10
	ср. длина, см	17,7±2,02	15,1±2,80	14,7±3,35	13,3±3,22
	ср. вес, г	0,31±0,07	0,29±0,08	0,28±0,09	0,27±0,08
Цинк, мг/кг					
вариант		контроль- 8,3	естественные урбанизмы - 20,0	2-крат. увел. 40,0	4-крат. увел. 80,0
стебли	ср. длина, см	27,1±1,47	26,2±1,25	25,1±1,24	24,7±0,77
	ср. вес, г	0,49±0,05	0,48±0,06	0,47±0,06	0,46±0,08
	ср. длина, см	19,1±1,10	18,3±0,77	17,1±1,76	16,6±1,06
	ср. вес, г	0,29±0,05	0,28±0,071	0,27±0,072	0,26±0,07

показателей при максимальной концентрации Cd составила почти 50%. Таким образом, при определении токсичности почв, загрязненных Cd, можно использовать все 4 физиологических параметра.

Pb. Выяснилось, что Pb уменьшал длину корней проростков, вес зеленой и корневой масс: в урбанизмах уменьшение составило от 10 до 15% по сравнению с контролем; 2-кратное увеличение дозы вносимого Pb уменьшило значения показателей от 26 до 40%; 4-кратное увеличение – от 43 до 48% (гистограмма 3).

Таким образом, токсичность Pb в почве была выражена через уменьшение значений 3 физиологических параметров плевела многолетнего.

Внесение Cu и Zn выявило незначительное уменьшение значений 4 исследуемых физиологических параметров (таблица 1) при увеличении концентраций вносимых ТМ.

Угнетение длины стеблей и корней проростков плевела на 50% при определенной концентрации (показатель EC₅₀) наблюдали при 4-кратном увеличении дозы Cd, также угнетение длины и веса корней на 50% наблюдали при 4-кратном увеличении дозы Pb (т.е. EC₅₀ или острая токсичность соответствует 4 показателям); угнетение показателей роста на 20% EC₂₀ – более часто встречаемое значение (соответствует 16-ти показателям проводимого эксперимента); пороговая токсичность (показатель EC₁₀) – встречалась в 28 показателях.

Таким образом, результаты модельных опытов с внесением Cd, Pb, Cu и Zn в почвенные образцы определили плевел многолетний как высокоэффективный тест-объект, физиологические и экотоксикологические параметры которого могут служить диагностическими показателями степени загрязнения почв ТМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Przybulewska K., Nowak A. Rating sensitivity at different temperatures bacteria of the genus Azotobacter for the presence of soil contaminants. - Folia Univ. agr. stetin. - 2004. – №. 98. - С. 143-150.
2. Мынбаева Б.Н., Гайдобрусова М.Н. Биомониторинг почв г. Алматы при загрязнении их свинцом //Мат-лы II Межд. научно-практ. конф. «Научная мысль информационного века». - Прага. - 2009. - Т. 13. - С.40-45.
3. Базель В.С., Большаков В.Н., Воробейчик Е.Л. Популяционная экотоксикология. - М. - 1994. - 80 С.
4. Мынбаева Б.Н. с соавт. Биотестирование почв г. Алматы //Мат-лы межд. конф., посвящ. 80-летию акад. Илялтдинова А.Н. - Алматы. - 2009. - С.176-180.

Резюме

Алматы қаласының топырағының улылығын күздік бидайларға биотест жүргізу арқылы зерттеудің қажеті жоқ. Қөпжылдық үйбидайық Cd және Pb-ге биік сезгіштікті, Cu және Zn-ге орташа сезгіштікті физиологиялық және улылық қөрсеткіштерінің өзгерісі арқылы айқындалды. (EC₅₀-ші тиімді шоғырландыруды мән) топырақ үлгілердің өткір улағыштығы сабактар және үйбидайықтың есімшелерінің түбірлерінің ұзындығына Cd-тың дозасының 4-еселі үлкеюінде айқындалды және ұзындық және түбірлердің салмағына Pb-ның дозасының 4-еселі үлкеюінде; EC₂₀ - (өткізілетін тәжірибелін

16-шы көрсеткіштеріне сәйкес келеді) жиірек карсы алатын мән; EC_{10} - табалдырықты улағыштық - 28 көрсеткіш-тердегімен кездесті. Сайып келгенде, көпжылдық үйбидайық аса тиімді өсімдік тестіci Алматы қаласының ауыр металл (АМ) кір басқан топырақтарының улағыштықтың диагностикасына қолдануға болатынын көрсетті.

Summary

Winter wheat should not be used as a bioassay for toxicity study of soils Almaty. Ryegrass showed high sensitivity to Cd and Pb, the average sensitivity to Cu and Zn through changes in physiological and ecotoxicological indicators. Acute toxicity

of soil samples (the effective concentration EC_{50}) manifested itself for the length of stems and roots of weed seedlings at 4-fold increase in dose of Cd and for the length and weight of roots at the 4-fold increase in dose of Pb; EC_{20} - more frequently encountered value (corresponds to 16 indicators of the ongoing experiment); EC_{10} - the threshold toxicity - met the 28 indicators.

Thus, ryegrass was highly effective plant test-object, which can be used for diagnosis of toxicity of Almaty city's soil, contaminated with heavy metals (HMs).

УДК 574.21.024

Казахский национальный педагогический

университет им. Абая

Поступила 06.10.09 г.