

**Оценка биологической активности и токсичности почв методом
фитотестирования**

Assessment of biological activity and toxicity of soils by method of phytotest

О.З. Еремченко, Н.В. Митракова, Н.В. Москвина, А.А. Швецов

O.Z. Eremchenko, N.V. Mitrakova, N.V. Moskvina, A.A. Shvetsov

Пермский государственный национальный исследовательский университет,
mitrakovanatalya@mail.ru

Аннотация. Использование растений в качестве тест-объекта может дать необходимые данные о нарушении экологических функций почв. Были исследованы почвы Пермского края на биологическую активность и токсичность при загрязнении тяжелыми металлами. Показатели состояния кресс-салата связаны с элементами почвенного плодородия - содержанием гумуса и величиной pH, а также с подвижностью в почве тяжелых металлов. Высота и масса тест-культуры отражают интегральную устойчивость почв к загрязнению тяжелыми металлами.

Ключевые слова: почва, фитотестирование, биологическая активность, загрязнение тяжелыми металлами, токсичность.

Почвы – это базис всех наземных экосистем, от успешного выполнения ими биоценотических функций зависит состояние живых организмов и оптимизация параметров окружающей среды. Необходимость диагностики качества почвы по биотическим показателям обоснована тесной взаимозависимостью “косного” и “биологического” начал. Биотические показатели могут дать объективную информацию о трансформировании почвы, о состоянии организмов и степени приемлемости антропогенных воздействий для сохранения разнообразия форм жизни и их сбалансированного развития [1].

Использование растений и микроорганизмов, а также показателей их активности, может дать необходимые оперативные данные о воздействии комплекса неблагоприятных факторов, которые включают в себя не только токсичные элементы, содержащиеся в почве, но и изменения свойств и режимов, имеющих место в антропогенно-преобразованных почвах. Биологическое тестирование отражает степень нарушения биогеоценотических функций почв, угрозу для биоты, связанную с антропогенной деятельностью [2,3]. В настоящее время фитотестирование, как дешевый, оперативный и чувствительный метод измерения интегральной токсичности почв, является стандартной процедурой при токсикологической оценке состояния окружающей среды в отечественной и зарубежной

природоохранной практике [2,4,5]. Однако степень разработки методов фитотестирования антропогенно-преобразованных почв, особенно на региональном уровне остается недостаточной.

Цель исследования – оценка методом фитотестирования биологической активности и токсичности природных и антропогенно-преобразованных почв Пермского края.

Объектами исследования являлись поверхностные горизонты дерново-неглубокоподзолистой легкосуглинистой почвы, чернозема глинисто-иллювиального легкогоглинистого, серой глинистой почвы, псаммозема песчаного, темно-серой и агротемно-серой легкогоглинистой почвы. Кроме того, фитотестированию подвергли урбаноземы и техноземы жилых районов города Перми.

В образцах почв были определены содержание гумуса – по Тюрину, $pH_{вод}$ и $pH_{сол}$ – потенциометрически; гидролитическая кислотность и сумма обменных катионов – по Каппену-Гильковицу, подвижный фосфор – в вытяжке по Кирсанову, подвижный калий – методом пламенной фотометрии, подвижность свинца и кадмия – ионоселективным методом на pH-метре, выраженную через их активность – $-lg[Cd]$ и $-lg[Pb]$. После выращивания растений в почвенных пробах определили активность фермента каталазы – газометрическим методом и интенсивность «дыхания» – путем адсорбции щелочью CO_2 , выделяемого за 24 часа.

Пробы из природных и агропочв загрязнили сульфатом кадмия из расчета $Cd\ 500\text{ мг/кг}$ почвы и нитратом свинца из расчета $Pb\ 1000\text{ мг/кг}$ почвы; затем на них в течение 10-15 дней выращивали кресс-салат, у которого определили среднюю высоту и массу одного растения, общую массу растений.

При выращивании на пробах из природных почв высота и масса кресс-салата были связаны с гумусом, $pH_{вод}$, $pH_{сол}$, гидролитической кислотностью. При количестве гумуса около 14 % (чернозем) высота и масса растений были в 2 раза выше, чем у кресс-салата, выращенного на пробах с содержанием гумуса 1,4-2,1 % (псаммозем и элювиальный горизонт дерново-подзолистой почвы). Зависимость высоты кресс-салата (см) от содержания гумуса (%): $y = 4,79 + 0,14x$; коэффициент корреляции $R = 0,57$; критерий Фишера $F = 3,36$; уровень значимости нулевой гипотезы $p = 0,012$. Зависимость массы кресс-салата (г) от содержания гумуса (%): $y = 0,68 + 0,05x$; $R = 0,64$; $F = 4,92$; $p = 0,021$.

В большей степени на состояние тест-культуры оказали влияние актуальная и обменная кислотность почв. Связь средней высоты и массы растений с pH была прямой и сильной. Повышение $pH_{сол}$ от 3,3 (псаммозем) до 5,05 (чернозем) сопровождалось увеличением высоты кресс-салата от 4,5 до 6,5 см, а массы – в 2,5 раза.

Степень токсичности тяжелых металлов в почвах проявилась по-разному. Подвижность кадмия усиливалась с кислотностью; согласно уравнению связи, при повышении $pH_{\text{сол}}$ с 3 до 5 подвижность кадмия снижалась на 2 порядка. Метод определения подвижности кадмия ионоселективными электродами позволяет оценить токсичность почвы, при $-\lg[Cd] = 3-4$ высота растений не превышала 1-2 см, а масса - 0,4 г; при $-\lg[Cd] > 5$ высота была ≥ 5 см, а масса растений ≥ 1 г. Состояние тест-культуры показало высокую устойчивость чернозема и темно-серой почвы, т.к. при внесении высоких доз солей свинца и кадмия не снижены показатели высоты и массы растений. При загрязнении серой, дерново-подзолистой почв и, особенно, псаммозема у тест-культуры были меньше высота и масса, особенно, на варианте с сульфатом кадмия.

Менее чувствительным к элементам почвенного плодородия оказалось функционирование микробиоты, отраженное в интенсивности «дыхания» и активности каталазы. Выделение углекислого газа не связано с pH , но установлена прямая связь с гумусом. При количестве гумуса 1,4 % выделялось CO_2 почти в 3 раза меньше, чем при 14 % гумуса. На активность каталазы существенно влияло $pH_{\text{вод}}$, $pH_{\text{сол}}$ и содержание гумуса. Активность каталазы самым тесным образом зависела от совместного действия $pH_{\text{сол}}$ (x_1) и содержания гумуса (x_2 , %): $y = -4,67 + 1,42x_1 + 0,25 x_2$; $R = 0,95$; $F = 33,0$; $p = 0,0005$.

Между показателями состояния растений и «дыханием» почв отсутствует достоверная связь, но выявлена зависимость средней силы с активностью каталазы.

В результате сельскохозяйственного использования у темно-серой почвы изменились агрохимические свойства: снизились количество гумуса, емкость поглощения и кислотность, значительно увеличилось содержание подвижных фосфатов. Состояние растений зависело от гумуса, $pH_{\text{вод}}$ и $pH_{\text{сол}}$, гидролитической кислотности, запасов доступного фосфора и калия, подвижности свинца и кадмия. Так, увеличение $pH_{\text{сол}}$ от 5,1 до 6,75 привело к увеличению высоты растений от 19 до 40 мм, а средняя масса растения с 10 мг возросла вдвое. Установлена зависимость высоты и массы кресс-салата от содержания подвижных форм фосфора и калия. При этом высота и средняя масса кресс-салата, выращенного на пробах из гумусовых горизонтов темно-серой и агротемно-серой почв, существенно не отличались.

Сельскохозяйственное использование темно-серой почвы понизило ее устойчивость к загрязнению, что показали опыты с выращиванием тест-культуры на фоне сульфата кадмия. Не смотря на некоторое снижение кислотности в агропочве, основное значение в снижении устойчивости имела потеря части гумуса.

В урбаноземах и техноземах г. Перми сильно варьировали содержание органического углерода, подвижных фосфатов и калия; $pH_{\text{вод}}$ находился в слабокислом – слабощелочном интервале. В поверхностных горизонтах (слоях) подвижность кадмия и свинца превысила

порог токсичности. Высота и масса растений, выращенных на пробах из городских почв, тесно связана с кислотностью, содержанием органического вещества, подвижных фосфатов и калия, активностью каталазы. Одновременно подвижность кадмия и свинца отрицательно сказалась на состоянии растений, коэффициенты корреляции с массой составили 0,65 и 0,94 соответственно.

Таким образом, кресс-салат оказался перспективной культурой для оценки биологической активности и токсичности природных и антропогенно-преобразованных почв Пермского края. Тест-культура чувствительна к основным элементам плодородия (гумус, $pH_{\text{вод}}$, $pH_{\text{сол}}$, гидролитическая кислотность, сумма оснований, содержание питательных элементов). Высота и масса растений отражали подвижность тяжелых металлов в почвах, а также интегральную устойчивость почв к загрязнению тяжелыми металлами.

Литература

1. Терехова В. А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. – 2011. – №2. – С. 190-198.
2. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: автореф. дис. канд. биол. наук. – Ставрополь, 2005. – 24 с.
3. Духовский П., Юкнис Р., Бразайтите А., Жукаускайте И. Реакция растений на комплексное воздействие природных и антропогенных стрессоров // Физиология растений. – 2003. – Т.50, № 2. – С. 165-173.
4. Столбова В. В., Агапкина Г. И., Берегела Д. В. Использование стандартных фитотестов для оценки токсичности городских почв со сложным ксенобиотическим профилем // Вестн. Моск. ун-та. Сер. Почвоведение. – 2012. – №2.- С. 14-19.
5. Ecological Assessment of Hazardous Waste Sites: A Field and Laboratory Reference Document. Report N. EPA/600-/3-89/013. Corvallis, 1989.

Summary

Using plants as a test object can provide the necessary data about violation of ecological functions of soils. Soils Perm region were tested for biological activity and toxicity at the pollution of heavy metals. Indicators of the state of watercress were associated with the elements of soil fertility - humus content and pH, as well as the mobility of heavy metals in soils. The height and weight of the test-culture reflects the integral stability of soils to heavy metal contamination.