

УДК 87.21.09

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ Г. ЖЕЗКАЗГАН С
ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ**

Альмагамбетова Улпан Ергалиевна

ulpan99@gmail.com

Магистрант 2 курса факультета естественных наук ЕНУ им. Л. Н. Гумилева,
Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Әділбектегі Г.Ә.

Аннотация. В данной статье на примере города Жезказган исследована фитотоксичность почв с применением методов биотестирования. Оценка фитотоксичности почв была проведена по всхожести семян, энергии прорастания и морфологическим параметрам проростков редиса. Рассчитано индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) на основе данных энергии прорастания и фитотоксичный эффект для получения сопоставимых результатов. Кроме того, разработана мероприятия для уменьшения уровня токсичности почв на основе методов фиторемедиации.

Ключевые слова: почва, фитотоксичность, биоиндикация, тест-растение, биотестирование, индекс токсичности, фиторемедиация.

Введение. В настоящее время в связи с усилением антропогенной нагрузки на природно-территориальные геосистемы урбанизированных территорий наблюдается все более усиливающаяся тенденция ухудшения экологической обстановки в городах.

Выбросы крупных промышленных предприятий, выхлопные газы автотранспорта, количество которых растет с каждым годом, и другие источники являются основными причинами сложившейся ситуации. Известно, что в связи с жизнедеятельностью человеческой цивилизации синтезируются и попадают в окружающую среду сотни тысяч новых химических соединений с невыясненными токсикологическими характеристиками. Так, разнообразные соединения естественного и антропогенного происхождения накапливаясь в почве, обуславливают ее загрязненность и токсичность.

Почвы занимают особое место в экологических системах и выполняют огромное количество функций. Важнейшая из них – экологическая, обеспечивающая жизненное пространство для человека и живых организмов.

Для оптимизации экологического состояния почв города и урбозкосистемы в целом необходимо дать оценку качества почв различного происхождения, содержащих неопределенное количество загрязнителей. Одним из важных показателей, позволяющих определить степень антропогенной нагрузки на почвы селитебных территорий, является экологическая оценка почв по показателям фитотоксичности [1].

Фитотоксичность – это свойство почв подавлять рост и развитие высших растений. Этот показатель необходимо определять при мониторинге химически загрязненных почв.

При определении общей токсичности почвы высокоэффективны биологические методы исследований, более объективно отражающие экологическое состояние системы, в частности её реакцию на тот или иной раздражитель. Принцип метода биоиндикации основан на зависимости между дозой токсиканта и эффектом его действия на тест-объект. Основным требованием к тест-объекту является высокая чувствительность к определенному токсиканту или продуктам его распада. Для такого анализа используются различные тест-растения, которые реагируют на неблагоприятные изменения в почве, воздухе и в других средах [2].

В данной работе на примере города Жезказган исследована фитотоксичность почв с применением методов биотестирования. Основой промышленности города Жезказган является металлургия меди. Здесь располагается один из мощнейших медеперерабатывающих комбинатов страны; «Жезказганцветмет», включающий в себя две обогатительные фабрики, медеплавильный завод, литейно-механический цех, предприятие железнодорожного снабжения. Корпорация «Казахмыс», которой принадлежат все предприятия тяжёлой промышленности в городе, занимает десятое место среди медедобывающих компаний мира.

Проблема влияния выбросов промышленных предприятий на окружающую среду носит глобальный характер, что и обусловило её важность. В результате природные компоненты региона претерпевают значительные изменения, что привело к загрязнению компонентов окружающей среды. Хорошо известна глобально-экологическая роль почвы как природного фильтра для разного рода техногенных загрязнителей, среди которых особое место занимают тяжелые металлы.

Целью настоящего исследования являлась оценка фитотоксичности почв г. Жезказган с применением методов биотестирования.

Для достижения данной цели необходимо решение следующих задач:

1. Оценить фитотоксичность почв в различных районах г. Жезказган по всхожести семян, энергии прорастания и морфологическим параметрам проростков редиса.
2. Рассчитать индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) на основе данных энергии прорастания и фитотоксичный эффект (по проросткам) для получения сопоставимых результатов.
3. Разработать мероприятия для уменьшения уровня токсичности почв на основе методов фиторемедиации.

Практическая значимость научного проекта заключается в том, что данный вид биомониторинга, заключающийся в применении фитотестов, отличается информативностью, высокой чувствительностью, характеризуется стабильностью получаемых результатов и быстротой применения.

Материалы и методы исследований. Объектами настоящего исследования явились почвы города Жезказган, испытывающие на себе различное по интенсивности автотранспортное и промышленное воздействие, а в качестве предмета исследования – редис (*Raphanus sativus*) сорт «Ультраранний». Выбор предмета исследования не случаен, так как в последние годы использование растений в качестве биологических тестов химических веществ ведется в различных областях мониторинга окружающей среды. *Raphanus sativus* (редис) отличается быстрым ростом и почти стопроцентным прорастанием. Он рекомендуется для исследования почвы на вредные вещества и является чувствительным тест-организмом к загрязнению почв кадмием, цинком, медью и никелем [3].

Точечные пробы по ГОСТ 17.4.3.01-83 [4] отбирались методом конверта по диагонали в качестве составных проб на глубине 0-20 см от верхнего слоя. Общая масса нескольких точечных проб, отобранных в разных местах, должна быть не менее 1 кг.

Пробы почв отобраны с 5 основных загрязненных участков на территории города Жезказган (рис. 1):

1. точка отбора №1 – район парка «Наурыз»;
2. точка отбора №2 – район Кенгирского водохранилища;
3. точка отбора №3 – граница санитарно-защитной зоны «Жезказганский медеплавильный завод»;
4. точка отбора №4 – санитарно-защитная зона ТЭЦ;
5. точка отбора №5 (контроль) – район медицинского центра «Самсунг». В качестве контроля была использована почва, собранная за пределами города.



Рисунок 1. Пробы почвы отобранные на территории города Жезказган

В данных исследованиях проведено биотестирование различных образцов почв, определяя их фитотоксичность методом проростков. Выбранный метод отличается простотой, скоростью и невысокой стоимостью расходных материалов, а также позволяет за один вегетационный период провести оценку качества почвы.

Опыты проводились по обычной методике. Отобранные для опыта в нужном количестве (10 шт. в каждой повторности) семена размещались равномерно в чашки Петри с почвой исследуемых участков. Проращивание семян проводилось при температуре 17–19 °С и влажности 79-84% в течение 7 суток (рис.2).



Рисунок 2. Проростки *Raphanus sativus* после 7 дней

В процессе исследования определялось количество всходов, длина их надземной части на каждые сутки. По окончании опыта растения отделяли от земли, просушивали, стряхивали остатки почвы и измеряли окончательную длину надземной части растений и длину корней.

Степень фитотоксичности почв рассчитывали по изменению длины корешков и проростков тест-культур, выращенных на исследуемых почвах по отношению к контролю, выраженную в процентах, а также по энергии прорастания.

Результаты исследования и обсуждение

Производились расчёты по энергии прорастания и индексу токсичности оцениваемого фактора (ИТФ) [5].

Энергию прорастания (В) определяют по формуле:

$$B = \frac{a}{b} \cdot 100 (\%),$$

где:

а - число проросших семян;

в - общее число семян, взятых для опыта.

На основе данных энергии прорастания для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывают индекс токсичности оцениваемого фактора (ИТФ):

$$ИТФ = \frac{T\Phi_0}{T\Phi_k},$$

где:

$T\Phi_0$ - значение регистрируемой тест-функции в опыте;

$T\Phi_k$ - значение регистрируемой тест-функции в контроле.

Полученные результаты занесли в таблицу 1.

Таблица 1. Энергия прорастания семян и индекс токсичности по показателю энергии прорастания

Вариант	1	2	3	4	5 контроль
Энергия прорастания, %	40	80	30	20	60
ИТФ по энергии прорастания	0,67	1,33	0,5	0,33	1
Класс токсичности	III	VI	III	II	V

Энергия прорастания на участках с наибольшей антропогенной нагрузкой почти в три раза меньше, чем в контроле 5. Энергия прорастания варьировала от 20 до 80 % в сравнении с контролем 60 %. Также отмечена высокая доля аномальных проростков с загрязненных участков (80 %, контроль 60 %).

Используя шкалу токсичности, определили класс токсичности исследуемой почвы. По оценочной шкале токсичности почв величина ИТФ вариантов 1,3 соответствует III классу - низкая токсичность. ИТФ вариантов 4 соответствует II классу - высокая; 5 – V классу токсичности - норма.

Используя шкалу токсичности (табл. 2), определяется класс токсичности исследуемой почвы [6].

Таблица 2. Оценочная шкала токсичности почв.

Класс токсичности	Величина ИТФ	Пояснения
VI (стимуляция)	>1,10	Фактор оказывает стимулирующее действие на тест-объект. Величина тест-функции в опыте превышает контрольные значения
V (норма)	0,91 - 1,10	Фактор не оказывает существенного влияния на развитие тест-объектов. Величина тест-функций находится на уровне контроля
IV (низкая токсичность)	0,71 - 0,90	
III (средняя)	0,50 - 0,70	Разная степень снижения величины тест-функций в опыте по сравнению с контролем
II (высокая)	<0,50 (ниже индекса LD ₅₀ , принятого в токсикологии)	
I (сверхвысокая, вызывающая гибель тест-объекта)	Среда непригодна для жизни тест-объекта	Наблюдается гибель тест-объекта

Результаты расчета индекса токсичности, рассчитанного по длине корешковой части, представлены в таблице 3.

Таблица 3. Индекс токсичности почвы по длине корешковой части

№ точки	<i>Raphanus sativus</i>		
	Средняя длина корня, см	ИТФ	Класс токсичности
1	0,92	0,85	IV
2	1,46	1,35	VI
3	0,78	0,72	IV
4	0,55	0,51	III
5 контроль	1,08	1	V

Результаты расчета индекса токсичности, рассчитанного по длине наземной части, представлены в таблице 4.

Таблица 4. Индекс токсичности почвы по длине наземной части

№ точки	<i>Raphanus sativus</i>		
	Средняя длина побега, см	ИТФ	Класс токсичности
1	2,50	0,64	III
2	3,83	0,98	V
3	2,23	0,57	III
4	2,10	0,54	III
5 контроль	3,91	1	V

Анализ параметров корневой системы показал, что практически для всех проб почвы, взятых из загрязненных районов, характерны корни меньшей или одинаковой длины, при этом, чем выше токсическая нагрузка, тем слабее развивается корневая система.

Выводы

Индекс фитотоксичности в разных районах города различен. На участках № 1,3 низкая токсичность (IV класс токсичности), на участке № 4 отмечена средняя токсичность (III класс токсичности). А в точке отбора № 2 отмечается класс токсичности VI (стимуляция), что показывает превышение величины контрольного значения.

В результате наблюдений было установлено, что содержание в почве загрязняющих веществ оказывает прямое воздействие на морфологические признаки исследуемого тест-объекта, при замерах высоты наземной части растений наблюдались следующие зависимости: с увеличением токсичности почвы высота побегов была минимальной.

Для уменьшения уровня токсичности почв необходимо применение методов фиторемедиации. Применение для очистки среды растений стало эффективным и экономически выгодным методом только после того, как были обнаружены растения-гипераккумуляторы поллютантов, способные накапливать в своих тканях до 5 % тяжелых металлов в пересчете на сухой вес, то есть в десятки раз больше, чем обычные растения. Например, в качестве аккумуляторов соединений тяжелых металлов рекомендуются такие распространенные культуры, как горчица (количество накопленной меди 190 мкг/г, цинка - 100 мг/г, свинца - 9,4 мг/г), клевер (количество накопленной меди 180 мкг/г, цинка - 42 мг/г, свинца - 3,6 мг/г) и овёс (количество накопленной меди - 185 мкг/г, цинка - 125 мг/г, свинца - 1,4 мг/г) [7].

Кроме того в качестве растений-аккумуляторов можно использовать люцерну, эспарцет, житняк и т.д. Также с помощью различных видов дикорастущих трав, семена которых были занесены ветром, такие как полынь горькая, вейник, пырей ползучий, бескильница, кохия и др., происходит очищение рекультивируемого грунта от тяжелых металлов, которые через корневую систему попадают в листья и стебли.

Предлагаемый способ биологической рекультивации имеет высокую экологическую значимость, так как направлен на решение такой проблемы как оздоровление санитарной и экологической обстановки в районе его применения.

Список использованных источников

1. Федорова А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / Федорова А.И., Никольская А.Н. – М. – 2001. – 288 с.
2. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение. – Брянск: Изд-во БГУ, 2004. – 254 с.
3. Методика выполнения измерений интегрального уровня загрязнения почвы техногенных районов методом биотестирования. РД 52.18.344 93. М., 1993. 24 с.
4. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб».
5. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. Экологическое почвоведение//Лабораторные занятия для студентов-экологов. Ярославль, 2002. – С.20-22.
6. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пос. / Под ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Егоровой. М.: Академия, 2007. 288 с.
7. Орлов Д. С. Садовникова Д. С., Лозановская И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. Учеб. пособие для хим., хим-технол. и биол. спец. вузов М.: Высш. шк., 2002. 334 с.