

УДК 581.5

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВ ГОРОДА ТОБОЛЬСКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ

Попова Е.И.

*Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, e-mail: popova-3456@mail.ru*

В статье представлен один из биологических приемов оценки качества почв – фитоиндикация. Объектом исследования стали почвы антропогенных территорий города Тобольска. Проведенные исследования подтверждают эффективность использования методов биотестирования для определения загрязнения почв. Фитотоксичность почв оценивалась методом проростков. Метод проростков можно успешно использовать как экспресс диагностику загрязнения почв. В результате наблюдений было установлено, что содержание в почве загрязняющих веществ оказывает прямое воздействие на морфологические признаки исследуемых растений *P. major* L. и *P. media* L. Изучение фитотоксичности почв показало, что почвы всех участков исследования незначительно подавляли рост объектов наблюдения, что свидетельствует о незначительном антропогенном воздействии. Сопоставление этих данных позволяет выявить факт фитотоксичности или стимулирующего действия. Фитоиндикация позволяет оценить биологические последствия антропогенного изменения среды.

Ключевые слова: фитотоксичность, почвы, биоиндикация, биотестирование, метод проростков.

## DETERMINATION OF SOIL PHYTOTOXICITY OF TOBOLSK BY BIOTESTING

Popova E.I.

*Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS, Tobolsk, e-mail: popova-3456@mail.ru*

The article presents one of the biological soil quality assessment methods – phytoindication. The object of the study was soil of anthropogenic territories of the city of Tobolsk. The researches confirm the effectiveness of the use of biotesting methods to determine the soil contamination. Phytotoxicity was evaluated by soil plantlets method. Plantlets method can be successfully used as a rapid diagnosis of soil contamination. The result of observation, it was found that the content of pollutants in the soil has a direct effect on the morphological characteristics of the test plants *P. major* L. and *P. media* L. The study of soil phytotoxicity has shown that soil all areas of research significantly inhibited the growth of objects of observation, indicating that a slight anthropogenic influence. Comparison of these data reveals a fact of phytotoxicity or stimulating action. Phytoindication is evaluating the biological consequences of anthropogenic changes in the environment.

Keywords: phytotoxicity, soils, bioindication, biotesting, plantlets method.

Преимущественное значение в природе имеет семенное воспроизведение. Исходя из характера постановки опыта, можем говорить в данном случае о некотором имитировании отдельных экологических условий, которые могли бы действовать на семена в естественном сообществе. Таким образом, лабораторные опыты играют роль необходимой модели для понимания процессов, происходящих в природных условиях [1,3].

Почва как депонирующий компонент среды отражает длительность и интенсивность поступления и накопления загрязняющих веществ. Почвы занимают особое место в экологических системах и выполняют огромное количество функций. Важнейшая из них – экологическая, обеспечивающая жизненное пространство для человека и живых организмов. Загрязнение почвы может повлиять на ее структуру, порозность и плотность горизонтов, что может привести к уменьшению аэрируемости и дренажа. Это приводит к затруднению прорастания семян и проникновения корней в почву, замедлению роста корней и побегов.

Для определения этих изменений используется широкий набор методов биотестирования [2,3,6].

В нашем случае проводилось исследование токсичности почв города Тобольска с помощью биологических показателей *P. major* L. и *P. media* L.

Методы биотестирования дают возможность охарактеризовать степень воздействия изучаемого фактора на биоценозы и природные среды.

Фитотоксичность почвы – это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений. Необходимость определения этого показателя возникает при мониторинге химически загрязненных почв. Начало проявления фитотоксичности коррелирует с ПДК. Уменьшение числа проростков в загрязненной почве, по сравнению с контролем более чем в несколько раз, свидетельствует о значительной деградации почв и снижении ее продуктивности, потере способности почвы к самоочищению.

**Цель исследования:** определение фитотоксичности почв города Тобольска, подвергающихся различной степени влияния техногенного загрязнения.

#### **Материал и методы исследования**

В данных исследованиях проведено биотестирование различных образцов почв, определяя их фитотоксичность методом проростков. Фитотоксичность – свойство почвы, обусловленное наличием загрязняющих веществ и токсинов, подавлять рост и развитие высших растений. Достоинствами указанного способа являются его простота и оперативность.

В качестве объектов взяты семена *Plantagomajor* L. и *Plantagomedia* L. Семена были собраны и сохранялись в бумажных пакетах. Специальной обработки (стратификация, скарификация и др.) не проводилось, хотя по некоторым данным скарификация повышает всхожесть *Plantagomajor* L. Опыты проводились по обычной методике [6,7]. Отобранные для опыта в нужном количестве (обычно по 100 шт. в каждой повторности) семена размещались равномерно в чашки Петри с почвой исследуемых участков. Проращивание проводилось при температуре 18–20 °С. Каждый вариант каждой серии проводился в трёхкратной повторности с последующей статистической обработкой. При проращивании наблюдалась энергия прорастания.

Метод позволяет выявить токсичное действие тех или иных веществ на растительные объекты. Семена *P. major* L. и *P. media* L. высевались в чашки Петри, заполненные почвой исследуемых участков. В лабораторных условиях определялась энергия прорастания, морфофизиологические признаки (длина наземной части растений, длина корней). Степень фитотоксичности почв рассчитывали по изменению длины корешков и проростков *P. major*

*L.* и *P. media* L., выращенных на исследуемых почвах по отношению к контролю, выраженную в процентах [4,5].

В процессе исследования: записывали время появления всходов и их число на каждые сутки; по окончании опыта растения отделяли от земли, просушивали, стряхивали остатки почвы и измеряли окончательную длину надземной части растений, длину корней.

Выбранный метод отличается простотой, скоростью и невысокой стоимостью расходных материалов, а также позволяет за один вегетационный период провести оценку качества твердой среды.

### **Результаты**

На этапе полевых исследований первоначально были определены модельные ландшафтные участки с различной антропогенной нагрузкой. Модельный участок № 1 – опушка смешанного леса, около деревни Винокурово (контроль); модельный участок № 2 – обочина автодороги, прилегающая к промышленной зоне ТГМЗ (Тобольский Гормолзавод); модельный участок № 3 – восточная часть города, прилегающая к промышленной зоне ТНХК (Тобольский Нефтехимический комбинат); модельный участок № 4 – северная часть города, пустырь, примыкающий к промышленной зоне ТЗЖБИ (Тобольский завод железобетонных изделий); модельный участок № 5 – обочина автодороги, южная часть города около Никольского взвоза; модельный участок № 6 – жилой микрорайон № 9, с современной, плотной высокоэтажной городской застройкой.

Использование подорожников в качестве модельных объектов связано, прежде всего, с их широким распространением, формовым разнообразием и легкостью культивирования, что способствует их использованию в разных биологических экспериментах и полевых исследованиях.

Полевое почвенное обследование проведено в летний период 2015 г. В ходе обследования учитывалось соответствие типов почв геоморфологическим элементам, орографическому уровню и типологическим единицам растительного покрова. Почвы наблюдательных площадок относятся к одному типу, что соответствует условиям идентичности выбранных участков.

В отличие от дерново-подзолистых почв, эти почвы имеют в профиле второй гумусовый горизонт (реликтовый, сохранившейся от прежних фаз). Слой в виде пятен или сплошной полосы тёмной углисто-чёрной окраски приурочен к нижней части подзолистого горизонта, может находиться под ним.

В верхней части профиля залегает поверхностный горизонт (лесная подстилка).

AУ – гумусово-аккумулятивный (серогумусовый) горизонт.

EL – элювиальный горизонт (горизонт вымывания). Имеются следы подвижного железа в виде ржавых и охристых пятен, за счет железосодержащих пленок на поверхности минеральных зерен и агрегатов. Переход к ВТ резкий, по цвету, вмещает в себя реликтовый гумусовый горизонт.

EL[hh] – второй гумусовый (реликтовый) горизонт в виде гумусированных линз, пятен, прерывистого горизонта.

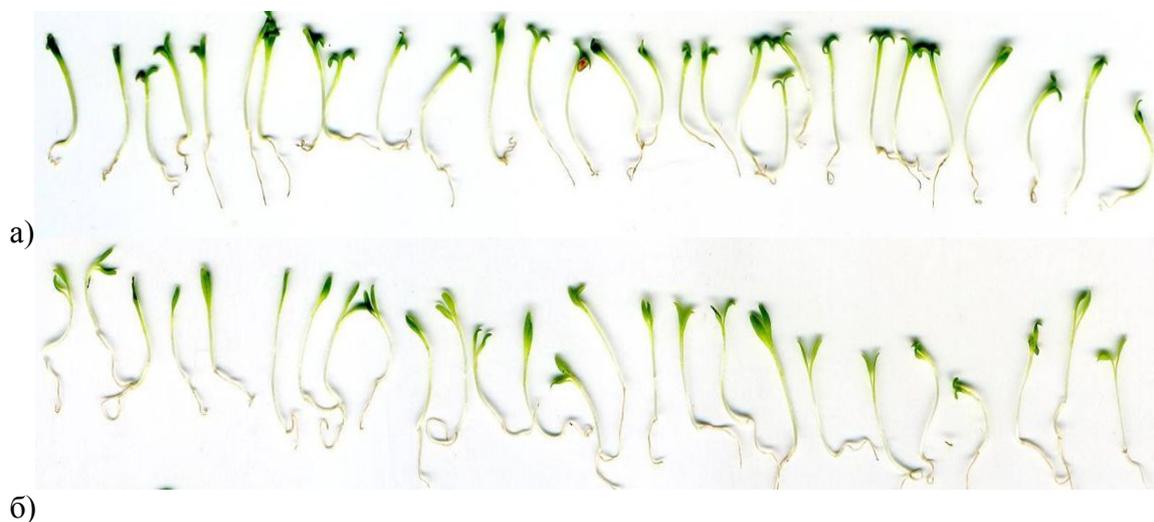
EL. Отличается от современного серогумусового горизонта структурой и цветом.

BEL – субэлювиальный переходный горизонт (зона активной деградации текстурной толщи) представлен комбинацией светлых и темных фрагментов выше и ниже лежащих горизонтов.

ВТ – текстурный горизонт, самый плотный в профиле, буровато-коричневый.

С – рыжеватая с оглеением тяжелосуглинистая материнская порода. Структура не оформлена, пластичная, липкая, наблюдается потрескивание от соляной кислоты, что свидетельствует о присутствии карбонатов

Семена *P. major* L. и *P. media* L., пророщенные на почвах загрязненных участков, характеризовались пониженными биологическими свойствами, что нашло отражение в показателях энергии прорастания (рисунок).



Проростки *P. major* L. И(а) и *P. media* L.(б)

Одновременно с этими показателями производились расчёты по энергии прорастания и индексу токсичности оцениваемого фактора (ИТФ).

Энергию прорастания (В) определяли в процентах по формуле [1]:

$$B = \frac{a}{b} \times 100 (\%)(1)$$

где а – число проросших семян; в – общее число семян, взятых для опыта. Для получения сопоставимых результатов по итогам тестирования рассчитывали индекс токсичности оцениваемого фактора для каждого биологического тест-объекта [2]:

$$\text{ИТФ} = \text{ТФ}_0 / \text{ТФ}_к(2)$$

где ТФ<sub>0</sub> – значение регистрируемой тест-системы в опыте; ТФ<sub>к</sub> – значение регистрируемой тест-системы в контроле [2]. Полученные результаты занесли в таблицу 1.

Энергия прорастания на участках с наибольшей антропогенной нагрузкой почти в два раза меньше, чем в контроле как у *P. major* L. так и у *P. media* L. Энергия прорастания варьировала от 20 до 70 % (*P. major* L.) в сравнении с контролем 100 % (n=100), соответственно от 20 до 60 % (100 % – контроль) *P. media* L. Также отмечена высокая доля аномальных проростков с наиболее загрязненных участков у *P. media* L. (53–56 %, контроль 34 %), *P. major* L. (35–48 %, контроль 35 %).

Таблица 1

Фитотоксичность почв г. Тобольска

Участки	Средняя длина проростков (см)				Энергия прорастания (%)		ИТФ		Токсичность почвы (средне значение)	Класс токсичности
	ПБ		ПС		ПБ	ПС	ПБ	ПС		
	Побеги	Корни	Побеги	Корни						
№ 1	2,2	0,8	1,7	0,7	100	100	3,0	2,4	2,7	VI
№ 2	0,7	0,2	0,5	0,3	20	30	1,1	0,3	0,7	IV
№ 3	1,5	0,6	1,3	0,4	40	50	0,7	0,7	0,7	IV
№ 4	1,8	0,4	1,0	0,3	60	50	0,7	0,5	0,6	IV
№ 5	0,9	0,3	0,7	0,2	30	20	0,4	0,4	0,4	II
№ 6	1,9	0,5	1,3	0,6	70	60	0,8	0,8	0,8	IV

ПБ - *P. major* L., ПС - *P. media* L.

Для определения класса токсичности исследуемых почв использовали шкалу токсичности (табл. 2).

Таблица 2

Шкала токсичности почв

Класс токсичности	Величина ИТФ
VI (стимуляция)	>1,10
V - норма	0,91 – 1,10
IV – низкая токсичность	0,71 – 0,90
III – средняя токсичность	0,50 – 0,70
II – высокая токсичность	< 0,50
I – сверхвысокая токсичность, вызывающая гибель тест-объекта	Среда не пригодна для жизни тест-объекта

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.

Используя шкалу токсичности, определили класс токсичности исследуемой почвы. Индекс фитотоксичности в разных районах города различен. На участках № 3,4,5,6 низкая токсичность (IV класс токсичности), на участке № 5 отмечена высокая токсичность (II класс токсичности).

В результате наблюдений было установлено, что содержание в почве загрязняющих веществ оказывает прямое воздействие на морфологические признаки исследуемых растений *P. major* L. и *P. media* L., при замерах высоты наземной части растений наблюдались следующие зависимости: с увеличением токсичности почвы высота побегов была минимальной.

### **Выводы**

Результаты наблюдений показывают, что без предварительной обработки или какого-либо дополнительного воздействия семена разных видов подорожников при достаточно высокой постоянной температуре и влажности при ежедневном освещении в течение 3–5 минут прорастали с разной интенсивностью.

Семена *Plantagomedia* L. в отличие от *Plantagomajor* L. прорастали дружно и достаточно быстро, демонстрируя и общую достаточно высокую всхожесть. Исследуемые показатели *P. media* L. при этом более информативны, чем у *P. major* L.

Преимущественное значение в природе имеет семенное воспроизведение. Исходя из характера постановки опыта, можем говорить в данном случае о некотором имитировании отдельных экологических условий, которые могли бы действовать на семена в естественном сообществе. Таким образом, лабораторные опыты играют роль необходимой модели для понимания процессов, происходящих в природных условиях.

Результаты работы могут найти применение для комплексной оценки состояния городской и промышленной среды, в том числе для оценки и прогноза возможных негативных последствий для растительных сообществ, а также человека при использовании вторичных материалов.

### Список литературы

1. Алехин В.В. Методика полевого изучения растительности и флоры. – 2-е изд. – М.: Наркомпроса, 1938. – 208 с.
2. Булохов А.Д. Фитоиндикация и ее практическое применение. – Брянск: Изд-во БГУ, 2004. – 254 с.
3. Глотов Н.В. Эколого-демографическая характеристика природных популяций. *Plantago major L.*// Экология. – 1996. – № 6. – С. 445-452.
4. Доброхотов В.Н. Семена сорных растений. – М.: Изд-во сельскохозяйственной лит., 1961. – 414 с.
5. Иваныкина Т.В. Актуальность биоиндикации растений в условиях техногенного загрязнения // Вестник Амурского государственного университета. Естественные и экономические науки. – 2010. – № 51. – С. 81–83.
6. Котт С.А. К методике учета засоренности почвы// Химизация социалистического земледелия. – 1936. – № 11. – С. 19-25.
7. Котт С.А. Методика определения всхожести семян сорных растений – М.: Сельхозиздат, 1937. – 116 с.