

УДК 574.5; 572.14

Блинова З.П.*Московский государственный областной университет***БИОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОРОСТКОВ *RAPHANUS SATIVUS***

Аннотация. Приведены данные исследования по оценке экологического состояния почвенного покрова городских территорий (г. Электроугли Московской области) с использованием тест-организмов, а также сравнительная оценка загрязнения почв в разных районах, в том числе и в техногенных зонах, и оценка фитотоксичности почв при разном уровне антропогенной нагрузки. Основными критериями оценки служили такие интегральные показатели, как энергия прорастания, всхожесть семян редиса, развитие надземной части, длина корневой системы проростков.

Ключевые слова: биотестирование, фитотоксичность, энергия прорастания, всхожесть семян, антропогенная нагрузка, поллютант.

Z. Blinova*Moscow State Regional University***SOIL BIOASSAY IN URBAN AREAS USING SEEDLINGS *RAPHANUS SATIVUS***

Abstract. We present the results of studies aimed to assess the ecological status of the soil cover of urban areas (Elektrougli, Moscow region) using test organisms, as well as give a comparative evaluation of soil contamination in various technogenic areas and phytotoxicity assessment of soils with different levels of anthropogenic stress. The main criteria for assessment are such integral factors as the energy of germination, seed germination of radish, development of the aerial part, and the length of the root system of seedlings.

Keywords: bioassay, phytotoxicity, germination energy, seed germination, anthropogenic stress, pollutants.

Контроль качества окружающей среды с использованием биологических объектов в последние десятилетия оформился как актуальное научно-прикладное направление. Пристальное внимание в настоящее время уделяется приемам биоиндикации и биотестирования [3-5]. К сожалению, в последние годы происходит значительное увеличение антропогенной нагрузки на природные и урбани-

зированные экосистемы, что ведет к ухудшению экологической ситуации и к снижению качества среды обитания. Основными источниками загрязнения окружающей природной среды в городах, являются автотранспорт и промышленность. Вредные вещества попадают в воздух в результате сжигания топлива для нужд промышленности, отопления жилищ, работы транспорта, сжигания и переработки бытовых и промышленных отходов и т.д. Все

эти поллютанты, попадая в атмосферу, оседают на листовых пластинках растений в виде пыли, тем самым мешая дыханию растений, а попадая в почву, загрязняют ее и препятствуют нормальному росту и развитию растений.

Следует отметить, что почвенный покров представляет собой систему менее динамичную и более буферную, чем атмосферный воздух или водоемы. Одна из особенностей почвы состоит в том, что она накапливает информацию о происходящих процессах и изменениях. Городские почвы являются депонирующей средой практически для всех поллютантов [2]. Самоочищения почвы практически не происходит, поэтому токсические вещества накапливаются в ней, поглощаются растениями и далее передаются по трофическим цепям. В связи с этим оценка токсичности почвенного покрова городских территорий является актуальным направлением исследований. Биотестирование как один из методов оценки состояния окружающей среды позволяет дать интегральную картину экологического состояния почвы.

Для оценки степени загрязнения почвы поллютантами используют растения-индикаторы [1; 7; 8]. Как указывается многими, в том числе нашими, исследованиями, одним из тест-растений на фитотоксичность почвы является редис (*Raphanus sativus*) [6; 8]. Это однолетнее овощное растение обладает повышенной чувствительностью к загрязнению почвы. Оно отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей. Кроме того, побеги и корни этих растений под действием загрязнителей подвер-

гаются заметным морфологическим изменениям (задержка роста, искривление побегов, уменьшение длины и массы корней). Как показывают исследования, стрессовая реакция растений редиса близка к прямо пропорциональной по отношению к степени воздействия: чем больше загрязнена среда, тем всхожесть меньше, а число особей с морфологическими нарушениями больше. Поэтому для изучения фитотоксичности почв в разных районах города Электроугли были использованы проростки *Raphanus sativus*.

Город Электроугли – это промышленный центр, где действуют предприятия, которые оказывают влияние на окружающую среду, что может привести к загрязнению воздуха и почв, а значит, к ухудшению экологической ситуации. В связи с этим основная цель исследований состояла в том, чтобы определить, как влияет промышленность, автомобильный и железнодорожный транспорт на состояние городских почв. Мониторинг окружающей среды позволяет определить наиболее загрязненные участки городской территории. В задачу исследований входило биотестирование городских территорий с использованием проростков *Raphanus sativus*, сравнительная оценка загрязнения почв в разных районах, в том числе в техногенных зонах г. Электроугли, и оценка фитотоксичности почв при разном уровне антропогенной нагрузки.

Объектами исследования явились почвы города, испытывающие на себе различное по интенсивности транспортное и промышленное воздействие. В частности биотестированию подвергали почвы придорожной трассы в центре города, транспортно-сели-

тебной зоны, вблизи промышленной зоны (железнодорожной станции и завода «Электроугли»), в городском парке, расположенном в северной части города, и в лесной зоне, примыкающей к городской территории. Всего были выбраны 6 пробных площадок в разных частях города.

Определение загрязненности почвы проводили в лабораторных условиях с помощью биотеста на проростках *Raphanus sativus*. Качественными показателями морфологических изменений тест-растения под влиянием загрязнения почвы являлись: энергия прорастания, всхожесть семян, длина корешка, высота растений. Пробы почвы отбирали 2 раза за летний сезон в июле и августе из слоя почвы 0-20 см, затем помещали в контейнеры и высевали на них по 50 семян редиса. Определяли на 3-ий день энергию прорастания, на 5 день – всхожесть семян редиса. Отмечали характер роста проростков, а в конце опыта – длину корневой системы проростков. Кроме этого, провели оценку уровня фитотоксичности почвы (ФЭ) по количеству проросших семян по отношению к контролю по формуле:

$$\text{ФЭ} = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100$$

где: ФЭ – фитотоксический эффект; B_1 – всхожесть семян редиса в контроле; B_2 – всхожесть семян в опытном варианте.

Уровень фитотоксичности почвы (ФЭ) оценивали по шкале с показателями: экологически чистая почва, если разница с контролем не превышает 10%; слабая фитотоксичность, если разница с контролем составляет 10-30%; средняя фитотоксичность почвы,

если всхожесть снижается на 30-50%; высокая степень фитотоксичности почвы, если всхожесть снижается более чем на 50% [ГОСТ ИСО 22030-2009, 2010]. В качестве контроля были взяты: контроль (1) по всхожести семян в лабораторных условиях (для определения лабораторной всхожести в чашки Петри на смоченную фильтровальную бумагу были разложены семена редиса – всхожесть семян, которую подсчитывали через 5 дней, составила 95%); контроль (2) по образцам почвы, отобранной в лесном массиве (всхожесть семян составила около 92%). Следовательно, всхожесть семян редиса, посеянных на образцах почвы, взятых в лесной зоне, практически была одинакова с лабораторным контролем. Наблюдение за развитием проростков также показали, что отклонений от нормы нет. Проростки крепкие, ровные, длина главного корня колеблется незначительно. Высокая всхожесть и хорошее развитие проростков позволяет сделать вывод, что лесной участок не подвергается загрязнению.

Пробы почвы, взятые в верхней части городского парка, показали, что хотя здесь идет небольшое снижение энергии прорастания и всхожести семян редиса по сравнению с лесной зоной, тем не менее разница с контролем не превышает 10%. Это позволяет говорить о том, что почвы не испытывают антропогенного загрязнения. На образцах почвы, взятых в относительно тихом районе города во дворе многоэтажных жилых домов, всхожесть редиса составила 75,6%, что на 20% ниже, чем в контроле (1). Определение фитотоксичности почвы показало, что она находится на уровне 27%, что указывает на слабое загрязнение почвы.

По мере приближения к центру города и промышленным объектам токсичность почвы возрастает. Анализ образцов почвы, взятой в придорожной зоне ул. Центральной, показывает резкое изменение морфологических показателей тест-объекта (см. табл.). Такое положение связано с тем, что по улице проходит поток автотранспорта. Интенсивность движения в дневные часы составляет до 1400 машин в час. Выхлопные газы автотранспорта привели к загрязнению почвы, что и сказалось на таких интегральных параметрах, как всхожесть, энергия прорастания семян, которые были в 1,7-2 раза ниже, чем на участках, расположенных в парке и по переулку Маяковского. Уменьшилась длина корневой системы, проростки стали более тонкие и короткие, чем полученные на образцах почвы, взятых из зон, испытывающих слабое загрязнение. Фитотоксичность данной почвы составила 53%.

Анализ энергии прорастания и всхожести семян редиса в различных

вариантах опыта показал, что максимального значения фитотоксичность почвы достигает в непосредственной близости от промышленной зоны, где энергия прорастания семян составляет лишь 10-20%, а всхожесть – 20-30%. Результаты биотестирования выявили, что наибольшее загрязнение испытывают почвы, расположенные в районе железнодорожной станции и около завода «Электроугли», где отмечена высокая степень фитотоксичности почв. Сильное техногенное загрязнение привело к резкому снижению таких качественных показателей тест-объекта, как энергия прорастания, всхожесть, рост и развитие проростков редиса. Энергия прорастания и всхожесть семян редиса снизилась в 3-5 раз по сравнению с парковой зоной. Даже по сравнению с центральной частью города, где также ощущается сильная антропогенная нагрузка, наблюдается снижение энергии прорастания и всхожести семян редиса почти в 2 раза.

Таблица

Изменение морфологических показателей тест-растения под влиянием загрязнения почвы токсикантами

| Места забора образцов почв | Энергия прорастания, % | Всхожесть, % | Длина главного корня, см | Длина проростка, см |
|----------------------------|------------------------|--------------|--------------------------|---------------------|
| городской парк | 50,3 | 86,9 | 5,8±0,27 | 4,8±0,31 |
| переулок Маяковского | 34,3 | 75,6 | 5,2±0,30 | 4,3±0,30 |
| улица Центральная | 27,3 | 42,3 | 4,8±0,27 | 4,0±0,28 |
| район завода «Электроугли» | 16,5 | 29,7 | 4,4±0,37 | 3,5±0,32 |
| железнодорожная станция | 10,3 | 18,7 | 4,0±0,37 | 3,4±0,32 |

Наиболее загрязнены почвы на участке, расположенном недалеко от железнодорожной станции и промышленной зоны. Всхожесть семян редиса, высеянных на отобранных образцах почвы, оказалась ниже 20%, что указывает на сильное загрязнение почвы поллютантами. Одновременно с такими показателями, как всхожесть и энергия прорастания, по мере увеличения антропогенной нагрузки ухудшаются показатели роста и развития растений. Происходит снижение темпа развития, уменьшается длина корневой системы. Корневая система проростков, выращенных на почве, собранной в районе влияния выбросов завода «Электроугли» и в районе железнодорожной станции, развита более слабо, чем у проростков, выращенных на образцах почвы взятых в других районах города. Длина корневой системы уменьшилась, а проростки здесь более тонкие и короткие. Оценка уровня фитотоксичности почвы (ФЭ) показала, что фитотоксичность почв в этих местах очень высокая и составляет около 70-

80%. Сравнивая уровень фитотоксичности почвы в разных районах города мы видим (см. рис.), что в зависимости от антропогенной нагрузки фитотоксичность городских почв изменяется в широком диапазоне: от 6-9% в парковой зоне до 53% в центре города и до 70-80% в промышленных зонах.

Выводы. Результаты исследования подтвердили, что редис является универсальным биоиндикатором, обладающим чувствительностью к загрязнению почвы токсикантами. Стрессовая реакция растений редиса близка к прямо пропорциональной по отношению к степени воздействия: чем больше загрязнена среда, тем всхожесть меньше. Оценка состояния почвы в разных районах г. Электроугли, проведенная методом биотестирования, показала, что степень загрязнения почв сильно отличается в зависимости от района города. Сильное техногенное загрязнение почв отмечено около железнодорожной станции и завода «Электроугли». По мере удаления от железной дороги и завода идет сниже-

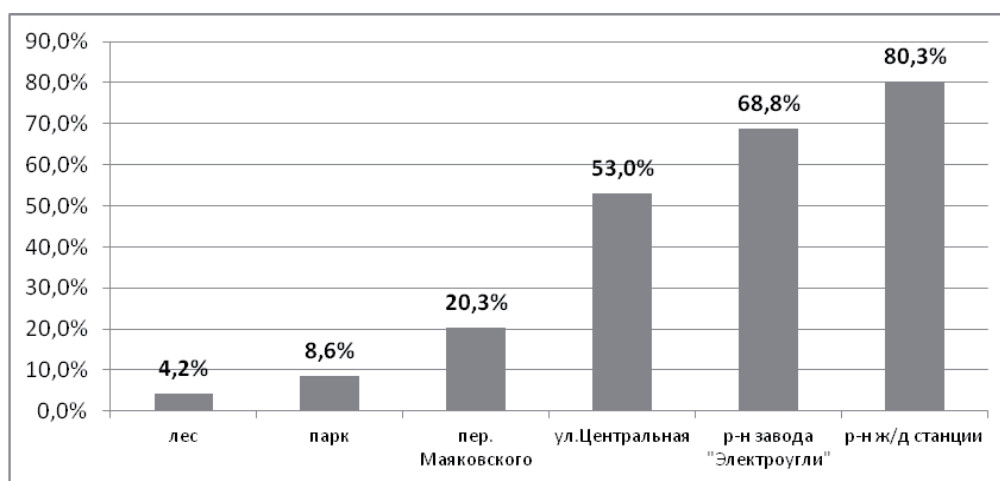


Рис. Уровень фитотоксичности почв в разных районах города Электроугли.

ние антропогенной нагрузки, уровень загрязнения почвы снижается, на что и указывает изменение морфологических показателей тест-растения. Наиболее чистыми участками в городском ландшафте оказались зоны городского парка и переулка Маяковского, находящиеся почти в 1,5 км от промышленной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева М.В. Оценка состояния окружающей среды в насаждениях в зонах промышленных выбросов с помощью растения-индикаторов: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. – СПб., 2007. – 20 с.
2. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов : дис... канд. биол. наук: Ставрополь, 2005. – 159 с.
3. Бадтиев Ю.С., Кулемин А.А. Методика биоиндикации окружающей природной среды // Экологический вестник России. – 2001. – № 4. – С. 27–29.
4. Биоиндикация состояния окружающей среды Москвы и Подмосковья / под ред. Д.А. Криволицкого. – М.: Наука, 1982. – 144 с.
5. Биологический контроль окружающей среды (биоиндикация и биотестирование) / под ред. О.П. Мелиховой и Е.И. Егорова. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
6. Блинова З.П., Позднякова В.В. Влияние автотранспорта на состояние почв вдоль автомагистралей // Сб. материалов научной конференции преподавателей, аспирантов и молодых ученых Московской области, посвященной 300-летию М.В. Ломоносова и 80-летию МГОУ, 1-2 декабря 2011 г. – М.: МГОУ, 2011. – С. 85–87.
7. Меженский В.Н. Растения-индикаторы. – М.: АСТ, 2004. – 80 с.
8. Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие / под ред. Т.Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2006. – 416 с.