

## Использование растений в качестве фитоиндикаторов загрязнения среды

### The use of plants as phytoindicators of environmental pollution

Дукенбаева А. Д., Капбасова А. К.

Dukenbayeva A. D., Kapbassova A. K.

Евразийский Национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

E-mails: asiya\_b@mail.ru, kapbassova.a@gmail.com

L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

**Реферат.** В данной статье представлены результаты многолетних наблюдений фитоиндикационных способностей зеленых насаждений, произрастающих на улицах города. Деревья и кустарники в городской среде выполняют важную функцию по очистке атмосферного воздуха от загрязнения пылевыми частицами, выхлопными газами автотранспорта и продуктов переработки промышленных предприятий, аккумулируя в своих органах соли тяжелых металлов. Растения способны задерживать сильные ветра и шумовое загрязнение. Одним из ярких представителей, обладающих рядом фитоиндикационных способностей, является хвойное растение – сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Целью нашего исследования являлось выявление фитоиндикационных способностей у деревьев на примере сосны обыкновенной, а также биоиндикационных диагностических признаков. Для достижения цели проводились многократные исследования со сбором образцов на пяти участках, расположенных в разных частях города. Показаны основные биоиндикационные признаки хвоинок *P. sylvestris*: хлорозы, краевой и точечный некрозы, усыхание и т. д. Полученные результаты имеют практическое применение при решении градостроительных задач.

**Ключевые слова.** Антропогенный фактор, биоиндикация, морфологический анализ, некроз, фитоиндикация, хлороз.

**Summary.** This article presents the results of long-term observations of the phytoindication abilities of green spaces growing on the streets of the city. Trees and shrubs in the urban environment perform an important function of cleaning the atmospheric air from pollution by dust particles, exhaust gases from motor vehicles, and industrial processing products by accumulating heavy metal salts in their organs. Plants are able to delay strong winds and noise pollution. One of the brightest representatives with a number of phytoindication abilities is a coniferous plant, *Pinus sylvestris* L. The purpose of our study was to identify phytoindication abilities in trees using the example of Scots pine as well as bio-indication diagnostic signs. To achieve this goal, multiple studies were conducted with the collection of samples at five sites located in different parts of the city. As a result of the studies, the main bioindicative signs of *Pinus sylvestris* L. needles were revealed: chlorosis, marginal and point necrosis, shrinkage, etc. The results obtained have practical application for solving urban planning problems.

**Key words.** Anthropogenic factor, bioindication, chlorosis, morphological analysis, necrosis, phytoindication.

**Введение.** Зеленый массив г. Астаны представлен многолетними деревьями и кустарниками, произрастающими в сложных экологических условиях среды. Растения постоянно находятся под воздействием высоких концентраций выхлопных газов, пыли, сажи от транспорта, стабильных рекреационных нагрузок и перепадов температуры воздуха. Деревья и кустарники обладают многофункциональными способностями, играют важную роль в жизнедеятельности человека, облагораживая среду обитания, задерживая шумовое загрязнение, защищая население от сильных ветров и пыльных бурь (Герман, Катин, 1987; Андреева и др., 2002). В настоящее время в динамично развивающемся городе Астана, наряду с высаживанием деревьев и кустарников в нововыстроенных жилых комплексах, отмечается тенденция сокращения, а порой и отмирания некоторых видов растений на старых участках города, что в свою очередь несет угрозу благополучию окружающей среды. Экологическая обстановка древесно-кустарниковой флоры в различных районах исследуемого города, является неустойчивым показателем, зависящим как от абиотических, так и от ряда антропогенных факторов (Моисеенко, Халеев, 1988; Жумадилова, 2014;). В данной статье изложены результаты пятилетних наблюдений на примере сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). В связи с вышеизложенным актуальным является

проведение оценки техногенной нагрузки на морфо-биологическое состояние некоторых представителей дендрофлоры г. Астаны. Целью нашего исследования являлось выявление возможности использования сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей на улицах города Астана в качестве фитоиндикатора.

**Объекты и методы исследования.** Исследования по оценке влияния техногенной нагрузки на морфологическое состояние хвоинок сосны обыкновенной проводили в течение 2018–2023 гг. Объектом исследований являлась сосна обыкновенная, произрастающая в разных частях правого берега г. Астана. К правому берегу относится вся старая часть города с более ранними зелеными насаждениями, левый берег – более новые микрорайоны, жилые массивы и соответственно свежие озеленительные структуры.

Морфо-биологическая оценка габитуса и хвоинок *Pinus sylvestris* L. проводилась на следующих участках:

1) участок ограниченного пользования № 1 – ул. Жирентаева 4-й мкрн, район средней школы № 22; 2) участок общего пользования № 2 – городской парк Жерұйық, Юго-Восток; 3) внутриквартальный участок № 3 – ул. Саркан, расположенный в частном секторе, параллельно с проспектом М. Жумабаева (Юго-Восток); 4) участок общего пользования № 4 – ул. Ак жол, транзитная территория, загруженная трасса; 5) участок специального назначения № 5 – промышленная зона в районе ул. Досмухамедулы. В ходе исследований нами были использованы следующие методы исследований: рекогносцировочный способ обследования территории (Моисеенко, Халеев, 1988), ориентировка на местности; фотосъемка; сбор гербария и определение вида; сбор материала проводили на каждом участке десятикратной повторности. Оценка степени поражаемости растений проводили на основе сравнительного морфологического анализа здоровых и пораженных листьев с использованием 5 балльной шкалы оценивания (Павлов, 1983; Инфобюллетень, 2022).

**Результаты и их обсуждение.** Согласно нашим наблюдениям, лучший защитный эффект от пыли и газа получается при сочетании растительных посадок: наряду с деревьями в посадках должны быть кустарники, которые заполняют пространство между стволами древесных пород, а также дополняет картину травянистый ярус, представленный прямостоячими многолетними травами. За трехъярусными зелеными кулисами в несколько раз снижается в воздухе концентрация выхлопных газов. Листва деревьев уменьшает запыленность воздуха примерно на 40 % (Моисеенко, Щитников, 1988). Пыле-газоустойчивость растений заключается в том, что они в состоянии без какого-либо ущерба для себя накапливать в тканях соли тяжелых металлов. Это растения-накопители. Зачастую растения, устойчивые к засухе и засолению, более устойчивы и к выхлопным газам (Моисеенко, Щитников, 1988).

В ходе инвентаризации зеленых насаждений на 1, 4 и 5 участках исследований нами были отмечены растения с поражениями хвоинок и ветвей в различной степени. Для установления причин изменения общего облика, был проведен сравнительный морфологический анализ здоровых и поврежденных особей, произрастающих на изучаемых участках. Для данного исследования проводили фотосъемку общего облика растений, проводили сбор хвоинок с морфологическими изменениями с целью установления причины изменений в лабораторных условиях.

#### *Особенности повреждений хвоинок*

Неинфекционное заболевание хвойных пород, чаще всего связанное с неблагоприятными условиями внешней среды, например, засухой, загрязнением почвы или воздуха.

Под воздействием техногенных факторов для сосны обыкновенной нами было выявлено несколько типов заболеваний: краевой, верхушечный и точечный некроз, различные виды хлороза, низкорослость, раннее старение и сброс хвои.

На рис. 1А показаны отдельные особи сосны обыкновенной, произрастающей на территории завода (участок № 5), для которых отмечено усыхание побегов 75 % и более. Длительное воздействие поллютантов оказывает губительное воздействие на растения в целом. На прилегающей территории завода таких особей отмечено около 30 %. На рисунке 1Б показаны образцы веток сосны в порядке перечисления объектов. Незначительные повреждения в морфологии хвоинок установлены на участке № 3, 4; на участке № 5 повреждения значительные.

Для оценки состояния использовали 5 балльную систему оценки (Jager, 1980). Категория состояния хвоинок сосны представляет собой интегральную оценку состояния, состоящую из комплекса визуальных признаков: цвет хвоинок, длина, наличие изменений в виде изменения окраски, наличие точек, усыхание и т. д.



Рис. 1. Виды повреждений *Pinus sylvestris* L.: А – внешний вид сосны обыкновенной на участке № 5; Б – образцы с пяти участков.

I группа 5 баллов – все хвоинки здоровые без морфологических изменений;

II группа 3–4 балла состояние хвоинок удовлетворительное, отмечаются повреждения занимающие 10–50 % поверхности;

III группа 1–2 балла неудовлетворительное состояние, растение сильно угнетено, резкое отклонение в морфологическом облике. Площадь поражения хвоинок составляет от 50 до 100 %.

Для сосновых насаждений пяти исследуемых участков г. Астаны выявлены основные типы поражений антропогенного характера, представленные явно выраженными изменениями хвоинок (рис. 2). Большинство растений подвергаются различным типам хлороза, некроза и смене окраски. Для сосновых отмечается красно-коричневая суховершинность веток, вызванная высоким содержанием двуокиси серы в атмосфере (III группа поражений). На 4 и 5 участках отмечены особи с частичным некрозом побегов и ранним старением всего растения (II группа) 10–20 % поражены краевым некрозом.



Рис. 2. Морфологические изменения хвоинок: А – краевой некроз хвоинок; Б – суховершинность, усыхание кончиков побегов; В – частичный и полный некроз тканей хвоинок.

#### Выводы:

1. В ходе многолетних наблюдений за морфологическими изменениями хвоинок сосны обыкновенной на различных участках города Астана, нами была возможность использования *Pinus sylvestris* L. в качестве фитоиндикатора.

2. Выявлены типы повреждений хвоинок сосны обыкновенной, являющиеся фитоиндикационными признаками: краевой и точечный некроз, увядание, пожелтение и побурение.

3. Проведен сравнительный анализ загрязнения воздуха на морфологические признаки сосны обыкновенной на пяти участках города с разной техногенной нагрузкой. В результате анализа установлена максимальная встречаемость заболеваний листьев некрозом и хлорозом на участках с повышенной техногенной нагрузкой 1, 4 и 5; выявлен частичный некроз и раннее отмирание побегов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Андреева Е. Н., Баккал И. Ю., Горшков В. В., Лянгузова И. В. Мазная В. А., Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Ставрова И. И. и др. Методы изучения лесных сообществ. – СПб.: Изд-во НИИ Химии СПбГУ, 2002. – 240 с.
- Герман Э. В., Катин И. А. Растения и наше здоровье. – Алматы: Изд-во Кайнар, 1987. – 22 с.
- Жумадилова А. Ж. Пылеудерживающая способность древесных и кустарниковых растений. – Алматы: Казахский нац. аграр. ун-т, 2014. – 48 с.

*Информационный бюллетень о состоянии загрязнения окружающей среды Республики Казахстан / Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан, РГП Казгидромед, департамент экологического мониторинга, 2022. – 36 с.*

**Моисеенко Т. А., Халеев А. Е.** Анализ структуры состояния и функций городских лесов. – Тольятти-Куйбышев, 1988. – 22 с.

**Моисеенко Т. А., Щитников В. К.** Методические рекомендации к разработке экологического паспорта промышленного предприятия. – Куйбышев-Тольятти, 1988. – 241 с.

**Павлов Н. В.** Очерки истории ботанических исследований // Флора Казахстана. – Алматы, 1983. – 423 с.

**Jäger E. J.** Indikation von Luftverunreinigungen durch morphometrische Untersuchungen an Höheren Pflanzen // Bioindikation, Teil 3 / R. Schubert, J. Schuh (Herausgeb.). – Halle-Wittenberg: Martin-Luther-Univ., 1980. – S. 43–52.