

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

<sup>1</sup>Сарбаева Е.В., <sup>1</sup>Воскресенская О.Л., <sup>1</sup>Воскресенский В.С.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола, Россия (424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, 1), e-mail: sarbaevaev@mail.ru

Работа посвящена исследованию проницаемости клеточных мембран у ряда древесных и кустарниковых растений, произрастающих в различных по степени атмосферного загрязнения районах г. Йошкар-Олы. В статье представлены данные об уровне загрязнения атмосферного воздуха различными ингредиентами в районах проведения исследований. Приведены данные по проницаемости клеточных мембран, от которой судили по интенсивности выхода электролитов из тканей растений. Оценивалось состояние деревьев и кустарников, произрастающих в жилой и промышленной зонах города. Проницаемость клеточных мембран рассматривалась как интегральный показатель функционального состояния растительных тканей, свидетельствующий об их выносливости и стабильности в неблагоприятных условиях произрастания. Сравнительный анализ полученных показателей позволил сделать предположение о различной степени устойчивости изученных видов деревьев и кустарников к факторам урбанизированной среды.

Ключевые слова: выход электролитов, древесные и кустарниковые растения, загрязнение атмосферного воздуха, устойчивость.

## EVALUATION OF STABILITY TREES AND SHRUBS IN THE URBAN ENVIRONMENT

<sup>1</sup>Sarbaeva E.V. <sup>1</sup>Voskresenskaya O.L., <sup>1</sup>Voskresensky V.S.

<sup>1</sup>Mari state university, Ioshkar Ola, Russia (424000, Ioshkar Ola, Lenin Square, 1), e-mail: e-mail:sarbaevaev@mail.ru

Work is a study of cell membrane permeability number of trees and shrubs that grow in atmospheric pollution in Yoshkar-Ola. The article presents data on the extent of air pollution by different ingredients. On the permeability of cell membranes was assessed by the intensity of the output of electrolytes from the tissues of plants growing in the residential and industrial areas of the city. Comparative analysis of the performance led to the assumption of varying degrees of stability of tree and shrub planting to the factors of urban environment.

Keywords: out electrolytes, trees and shrubs, the pollution of atmospheric air resistance.

### Введение

Растения в урбанизированной среде часто подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов. Способность приспосабливаться к ним и сохранять при этом свой жизненный потенциал является одним из определяющих условий существования растений и зависит от возможности адаптироваться к разнообразным стрессовым воздействиям. Ключевая роль при этом принадлежит общим механизмам устойчивости, функционирующим на этапе стресс-реакции и обеспечивающим защиту организма при кратковременном действии на растение повреждающих факторов различной природы [1; 7].

Одним из первичных неспецифических процессов, происходящих в клетках растений при действии любых стрессоров, является повышение проницаемости мембран. Мембраны, являясь динамическими структурами, способны быстро реагировать на отклонения в условиях существования, однако изменения, возникающие в них, влекут за собой каскад сдвигов в обмене веществ всей клетки. Структура мембран клеток растений определяет ее свойства, физиологическую активность и устойчивость к стрессам, так как антиоксиданты,

встроенные в мембраны, предохраняют ее от разрушения окислителями и поддерживают оптимальные регуляторные функции [4].

Содержащиеся в атмосфере газообразные вещества проникают в межклетники листьев растений главным образом через устьица, далее они растворяются в воде, и на пути в клетку вступают в контакт с клеточной мембраной. Причины возрастания проницаемости мембран разнообразны. Ряд исследователей связывают их с изменением отношения  $H^+/Ca^{2+}$  в мембранах, другие – ставят повышение проницаемости в зависимость от снижения уровня SH-групп и увеличения в мембранах дисульфидных связей, от образования в мембранах дефектных областей в липидах, которые являются результатом накопления свободных жирных кислот, продуктов перекисного окисления липидов. Наиболее же универсальным представляется объяснение зависимости проницаемости от концентрации АТФ в клетке. Действие экстремальных факторов ведет к снижению уровня АТФ, что влечет за собой нарушение функций мембран и ограничения в поддержании их структуры [6].

Поскольку мембраны устойчивых растений меньше повреждаются при стрессовых воздействиях, то можно ожидать, что системы регуляции проницаемости и поддержания гомеостаза работают у них эффективнее, чем у неустойчивых. Действительно, подобные данные выявлены для растений, устойчивых к засухе, высокой и низкой температуре, инфекции, гипоксии и аноксии. Поэтому проницаемость мембран растительных клеток может служить показателем устойчивости растений при разработке экспресс-методов диагностики, например путем определения интенсивности выхода из тканей электролитов [7].

**Целью** исследования явилось определение проницаемости клеточных мембран листьев деревьев и кустарников, произрастающих в условиях урбанизированной среды. В задачи работы входило выявить виды, более устойчивые к антропогенному загрязнению атмосферы.

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

Основные загрязнители атмосферы определяли общепринятыми методами [3]. О проницаемости клеточных мембран судили по выходу электролитов из вытяжки растительной ткани, измеряя величину ее электропроводности кондуктометрическим методом, единицы измерения – микросименсы на грамм сырой массы ( $мкСм/г^{-1}$ ) [5]. Статистическую обработку данных проводили с помощью программы STATISTIKA 6.0. Достоверность различий обсуждалась при 5% уровне значимости.

Объектами исследования служили деревья: береза повислая (*Betula pendula* Roth.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.) и кустарники: пузыреплодник калинолистный (*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim.), сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), карагана

древовидная (*Caragana arborescens* Lam.), шиповник морщинистый (*Rosa rugosa* Thunb.). Исследования проводились в двух районах г. Йошкар-Олы: селитебной зоне (ул. Комсомольская) и промышленной зоне вблизи автотранспортной магистрали (ул. Строителей).

### Результаты исследования и их обсуждение

При изучении загрязненности атмосферного воздуха было показано (рис. 1), что концентрация основных загрязнителей атмосферного воздуха г. Йошкар-Олы не превышает санитарно-гигиенических показателей. Однако растения более чувствительны к загрязнению атмосферного воздуха, чем люди, особенно к диоксидам серы и азота [4], концентрация которых в промышленных районах г. Йошкар-Олы была почти в два раза выше, чем в селитебной зоне. В промышленной зоне города отмечается также более высокое содержание взвешенных веществ: практически в 2 раза больше, чем в селитебной зоне. Соответственно, можно предположить, что основные загрязнители атмосферы могли оказать негативное воздействие на древесно-кустарниковые насаждения.

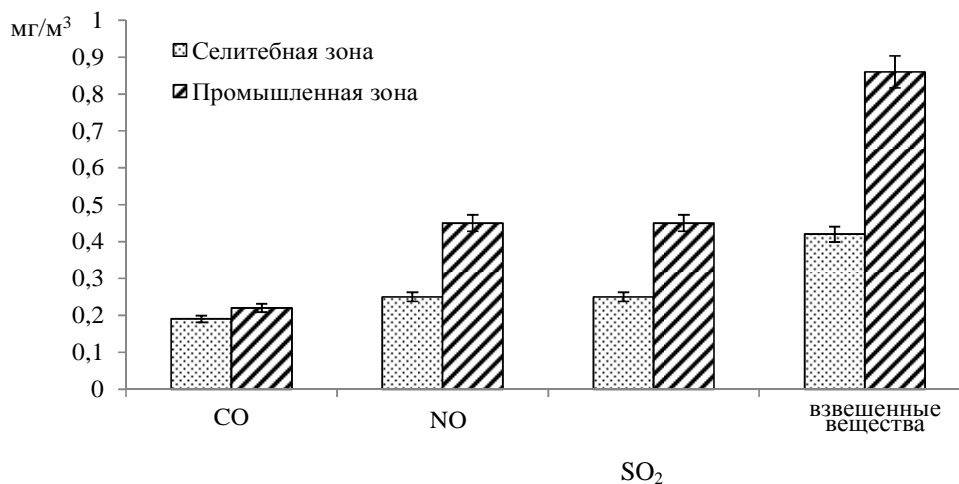


Рис. 1. Концентрация основных загрязнителей атмосферы в г. Йошкар-Оле

Загрязнение атмосферного воздуха на урбанизированной территории инициировало проведение научных исследований, связанных с оценкой состояния окружающей среды и разработкой мероприятий, направленных на улучшение и восстановление природных компонентов городской экосистемы. К числу таких компонентов, выполняющих ключевые средообразующие и средозащитные функции, относится в первую очередь древесно-кустарниковая растительность.

Одним из признаков негативного воздействия атмосферных загрязнителей на растения является повышение проницаемости клеточных мембран ассимиляционных тканей. Как

видно из рисунка 2, максимальный выход электролитов из тканей листьев древесных растений отмечался у рябины обыкновенной ( $35,5 \text{ мкСм/г}^{-1}$ ). Среди кустарников наиболее высокий выход ионов и низкомолекулярных веществ наблюдался у караганы древовидной и составил  $45,3 \text{ мкСм/г}^{-1}$ . Существенно ниже была проницаемость клеточных мембран в листьях березы повислой, клена остролистного и пузыреплодника калинолистного (около  $23 \text{ мкСм/г}^{-1}$ ).

Результаты проведенных исследований позволили построить ряд по уменьшению интенсивности выхода электролитов из тканей деревьев и кустарников: карагана древовидная > рябина обыкновенная > липа мелколистная > сирень обыкновенная > шиповник морщинистый = береза повислая > клен остролистный = пузыреплодник калинолистный.

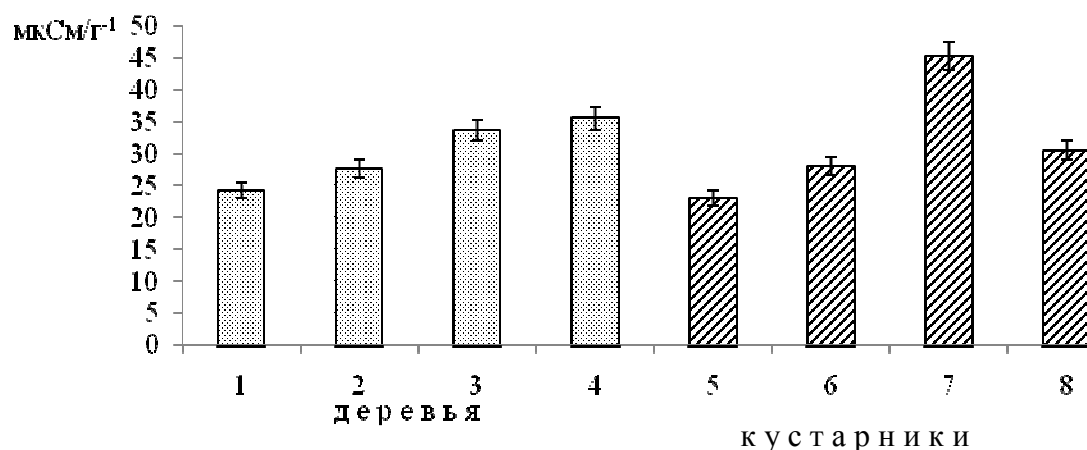


Рис. 2. Выход электролитов из листьев растений, произрастающих в жилой зоне г. Йошкар-Олы

*Примечание:* деревья: 1 – клен остролистный, 2 – береза повислая, 3 – липа мелколистная, 4 – рябина обыкновенная; кустарники: 5 – пузыреплодник калинолистный, 6 – шиповник морщинистый, 7 – карагана древовидная, 8 – сирень обыкновенная

Статистический анализ результатов исследования с помощью t-критерия Стьюдента показал, что у таких видов, как рябина обыкновенная и карагана древовидная, значения интенсивности выхода электролитов по сравнению с растениями других видов имели статистически значимые различия. Статистически значимых отличий между остальными исследуемыми видами деревьев и кустарников не обнаружено.

Проницаемость клеточных мембран для электролитов – это интегральный показатель функционального состояния растительных тканей, свидетельствующий об их выносливости и стабильности в неблагоприятных условиях произрастания. Ряд исследователей указывают

на то, что мембраны устойчивых растений отличаются от неустойчивых видов тем, что имеют повышенную стойкость и лучше сохраняют целостность в условиях стресса [4; 6].

Как показали результаты наших исследований (рис. 3), в промышленной зоне г. Йошкар-Олы наибольший выход электролитов из тканей наблюдался у особой караганы древовидной и составил  $77,6 \text{ мкСм/г}^{-1}$ , что практически на 40% выше, чем в селитебной зоне. У липы мелколистной данный показатель возрос на 27%. У других изученных видов древесно-кустарниковой растительности выход электролитов из тканей был незначительно выше по сравнению с селитебной зоной, однако между ними не установлено статистически значимых различий.

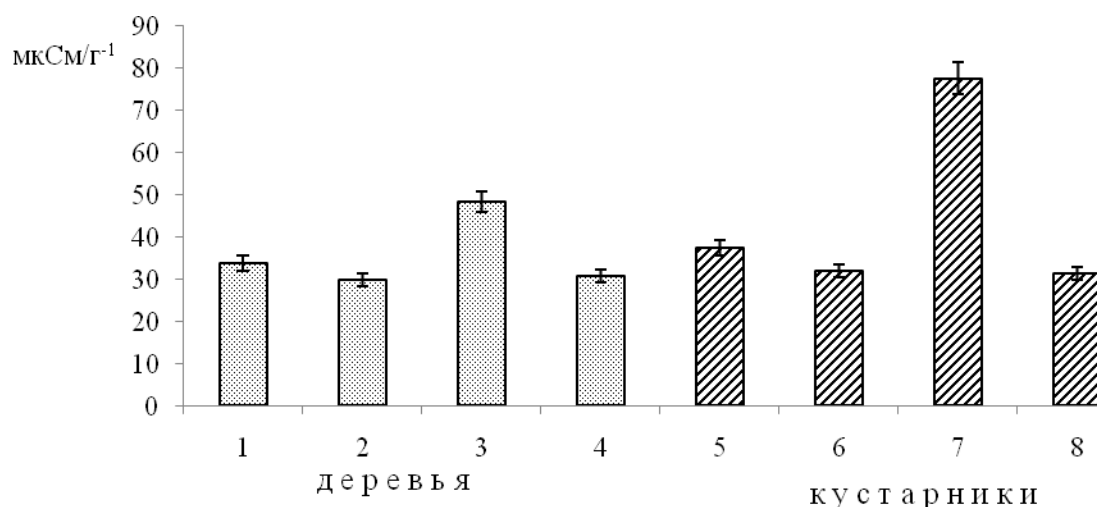


Рис. 3. Выход электролитов из листьев растений, произрастающих в промышленной зоне г. Йошкар-Олы

*Примечание:* деревья: 1 – клен остролистный, 2 – береза повислая, 3 – липа мелколистная, 4 – рябина обыкновенная; кустарники: 5 – пузыреплодник калинолистный, 6 – шиповник морщинистый, 7 – карагана древовидная, 8 – сирень обыкновенная

В промышленном районе г. Йошкар-Олы по сравнению с селитебной зоной не произошло изменение проницаемости клеточных мембран среди деревьев – у березы повислой, а среди кустарников – у сирени обыкновенной и шиповника морщинистого, что позволяет предполагать, что данные виды отличаются большей устойчивостью к условиям антропогенного загрязнения.

### **Заключение**

Таким образом, наибольшим выходом электролитов из тканей растений среди кустарников характеризовалась карагана древовидная, а среди деревьев – липа мелколистная, произрастающие как в селитебной, так и в промышленной зонах г. Йошкар-

Олы. Возможно, это является специфической особенностью данных видов, или мембраны клеток листьев караганы древовидной и липы мелколистной в условиях городской среды повреждаются больше. По-видимому, данные виды обладают меньшей устойчивостью по отношению к загрязнению атмосферного воздуха.

Растения, произрастающие вблизи автотранспортной магистрали в промышленной зоне города, оказались в значительной мере подвержены негативным воздействиям в связи с тем, что на них оказали влияние загрязняющие вещества автотранспорта (вклад которого в загрязнение воздуха максимален) и промышленных предприятий. Многие поллютанты обладают свойствами сильных окислителей, поэтому они адсорбируются на поверхности мембраны и, проникая через нее, могут вызвать окислительное разрушение. Возможно, это и привело к возрастанию проницаемости клеточных мембран исследуемых видов (карагана древовидная и липа мелколистная) в промышленной зоне г. Йошкар-Олы.

У таких видов, как береза повислая, сирень обыкновенная, шиповник морщинистый, пузыреплодник калинолистный, низкая проницаемость мембран клеток наблюдалась в обоих местообитаниях г. Йошкар-Олы, что позволило предположить бóльшую их устойчивость к атмосферным загрязнениям, так как системы регуляции и поддержания гомеостаза у этих видов оказались в условиях урбанизации более эффективными. Возможно, это связано с изменениями в функциональной активности клеточных мембран, сопровождающихся перестройками структуры, приводящими к повышению их устойчивости к основным загрязнителям атмосферы. Большую устойчивость мембран приспособленных растений связывают с качественными и количественными изменениями в составе их липидов, прежде всего фосфолипидов и жирных кислот [2; 7].

### Список литературы

1. Бухарина И.Л., Поварницина Т.М., Ведерников К.Е. Эколого-биологические особенности древесных растений в урбанизированной среде : монография. – Ижевск : ФГОУ ВПО «Ижевская ГСХА», 2007. – 216 с.
2. Воскресенская О.Л., Сарбаева Е.В. Эколого-физиологические адаптации туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в городских условиях : монография. – Йошкар-Ола : МарГУ, 2006. – 130 с.
3. Воскресенский В.С., Воскресенская О.Л. Влияние факторов городской среды на функциональное состояние древесных растений : монография. – Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2011. – 194 с.
4. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск : Наука, 1979. – 280 с.

5. Практикум по росту и устойчивости растений : учеб. пособие / В.В. Полевой, Т.В. Чиркова, Л.А. Лутова и др. / под ред. В.В. Полевого, Т.В. Чирковой. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2001. – 212 с.
6. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений : учеб. пособие. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2002. – 244 с.
7. Шакирова Ф.М. Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. – Уфа : Гилем, 2001. – 160 с.

*Работа выполнена при поддержке НИР № 5.8479.2013 «Экологический мониторинг и прогнозирование состояния урбанизированных и природных популяций растений» в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ на 2013-2015 гг. Работа поддержана федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы. Номер соглашения 14.В37.21.1111 по теме «Экологические аспекты функционального состояния растений в условиях городской среды».*

**Рецензенты:**

Глотов Н.В., доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и микологии ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола.

Новоселов С.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола.