

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕКОРАТИВНЫХ КУСТАРНИКОВ ПО НАКОПЛЕНИЮ СВОБОДНОГО ПРОЛИНА В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ

¹Любимов В.Б., ²Логачева Е.А.

¹ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»,
Брянск, e-mail: lubimov-v@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Балашовский институт (филиал) Саратовского государственного университета
им. Н.Г. Чернышевского», Балашов, e-mail: mail@bfsgu.ru

Эффективным способом оздоровления окружающей среды является развитие зеленого строительства, защитного лесоразведения, создание садов и парков. Для решения проблемы необходима интродукция новых устойчивых к токсичным веществам видов, что позволит создать экологически устойчивые насаждения. Введение в ассортимент декоративных кустарников, характеризующихся высокой устойчивостью к абиотическим и антропогенным факторам, имеет большое значение в озеленении, при создании садов и парков, защитных насаждений. Кустарники важны для создания биогрупп, плотных живых изгородей, создания других элементов насаждений различного целевого назначения. Определено, что повышение устойчивости растений к токсичным веществам сопровождается накоплением свободного пролина. По степени устойчивости к токсичным веществам декоративные кустарники, интродуцированные в Саратовскую область, были разделены на три группы. Изучение динамики образования и накопления пролина позволяет не только определить степень устойчивости к токсичным веществам разных видов растений, но и вести мониторинг по определению степени загрязнения урбанизированных территорий.

Ключевые слова: мониторинг, пролин, интродукция, вид, кустарник, степень устойчивости.

ASSESSMENT OF THE DEGREE OF STABILITY OF ORNAMENTAL BUSHES ON THE ACCUMULATION OF FREE PROLINE IN THE VEGETATIVE ORGANS

¹Lubimov V.B., ²Logacheva E.A.

¹FHBOY VPO «Bryansk state University named after academician I.G. Petrovsky»,
Bryansk, e-mail: lubimov-v@mail.ru;

²FHBOY VPO «Balashov Institute (branch) of the Saratov state University N.G. Chernyshevsky»,
Balashov, e-mail: mail@bfsgu.ru

Effective way of improvement of the environment is the development of green building, protective afforestation, establishment of parks and gardens. To solve it is necessary to introduce new resistant to toxic substances species. Introduction in the range of the ornamental shrubs, being characterized high resistance to abiotic and anthropogenous factors is of great importance in gardening, at creation of gardens and parks, protective plantings. Bushes are important for creation of biogroups, dense green hedges, creation of other elements of plantings of various purpose. That will help to create environmentally sustainable plantations. It is determined that the increase of stability of plants to toxic substances is accompanied by accumulation of proline. In relation to toxic substances decorative bushes introduced in Saratov region is divided into three groups. Study of the dynamics of formation and accumulation of proline helps to determine the degree of resistance to toxic substances of different species of plants and monitor the state of environment.

Keywords: monitoring, proline, introduction, plant species, shrubs, the degree of stability.

Развитие отраслей народного хозяйства сопровождается урбанизацией территорий, ростом автопарка, развитием промышленности, сельского и лесного хозяйства, загрязнением среды, что негативно сказывается на здоровье человека. Учёными МГУ и Биоцентра РАН была предложена программа «Экополис», направленная на изучение загрязнения среды в городах и сёлах. Результаты исследований, осуществлённые по такой программе, успешно используются для разработки рекомендаций, направленных на оздоровление и сохранение окружающей среды. Как известно, наиболее эффективным способом решения экологической проблемы, направленной на оздоровление среды, является интенсификация зе-

ленного строительства, защитного лесоразведения, создание лесных культур, противоэрозионных, приовражных насаждений, насаждений вдоль дорог и т.д. Однако и сами насаждения сегодня подвергаются значительному техногенному прессингу, поэтому целесообразно изучение не только толерантности видов растений, в том числе и декоративных кустарников, к абиотическим факторам, но и к техногенному загрязнению среды токсичными веществами, что будет способствовать созданию высокоэффективных, экологически устойчивых насаждений различного целевого назначения.

Рядом исследователей отмечается, что для нейтрализации отрицательного влияния загрязнителей в растениях вырабатывается

свободный пролин, осмотически активное низкомолекулярное вещество, образующее гидрофильные коллоиды, удерживающее воду и защищающее растительные белки от разрушения (при неблагоприятных условиях). Причем наиболее устойчивые виды растений в условиях стресса отличаются повышенным содержанием пролина. Например, как отмечают Н.С. Репкина и Л.И. Тужилова, повышение устойчивости растений к загрязнению, сопровождается усилением накопления антиоксиданта – свободного пролина [6, 8].

Цель исследования: оценить возможность определения устойчивости декоративных кустарников к техногенному загрязнению окружающей среды урбанизированных территорий по накоплению свободного пролина в вегетативных органах (листьях), то есть исследовать роль свободного пролина в процессе адаптации разных видов из числа декоративных кустарников к токсичным веществам и использованию этого показателя в комплексном мониторинге степени загрязнения окружающей среды.

Материалы и методы исследований

Объектом исследований являлось определение содержания пролина в листьях двадцати видов декоративных кустарников, введенных в озеленение г. Балашова

Саратовской области:

1 – виды, широко введенные в озеленение: *Syringa vulgaris* L., *Amelanchier ovalis* Med., *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, *Ribes aureum* L., *Caragana arborescens* Lam;

2 – виды, перспективные для широкого введения в озеленение: *Euonymus verrucosus* Scop, *Lonicera tatarica* L., *Sambucus racemosa* L., *Symphoricarpos albus* (L.) Blake, *Viburnum opulus* L., *Euonymus verrucosus* Scop, *Amorpha fruticosa* L., *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Caragana arborescens* Lam, *Sorbaria sorbifolia* (L.), *Rosa canina* L., *Spiraea hypericifolia* L., *Philadelphus coronarius* L.;

3 – виды, требующие дальнейшего изучения перспективности их широкого введения в озеленение: *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim, *Tamarix gracilis* Willd [1].

Проводилась оценка степени накопления пролина в вегетативных органах (листьях) различных видов декоративных кустарников по методике Бэйтса (Bates et al., 1973), приведенной в работах Н.С. Репкиной и Л.И. Тужиловой [6-8].

Метод основан на взаимодействии пролина с нингидриновым реактивом, образующим розово-красную окраску. Содержание свободного пролина определяли в двухграммовой навеске растительного материала, которую растирали в ступке с кварцевым песком в 20 мл водного раствора сульфосалициловой кислоты. Два миллилитра фильтрата смешивали в пробирке с притертой стеклянной пробкой с 2 мл кислого нингидрина (ninhydrin – органическое соединение, относящиеся к классам кетонов, спиртов и конденсированных карбоциклов вещество, применяемое для выявления и количественного определения α-аминокислот) и 2 мл ледяной уксусной кислоты. Смесь

выдерживали в течение одного часа на кипящей водяной бане, затем реакцию ограничивали в плотной струе холодной воды. В пробирки с охлажденной смесью приливают по 4 мл бензола, после чего интенсивно взбалтывали до перехода оранжевой окраски в органический растворитель. Верхний окрашенный слой сливали в кюветы /20 мм/ и с помощью фотоэлектроколориметра КФК-3 или ФЭК-56М (прибор для определения концентрации вещества в растворе по величине поглощения монохроматического света) измеряли плотность окраски раствора. Экстинкцию (от лат. *extinctio* – гашение – ослабление пучка света при его распространении в веществе за счёт поглощения света и рассеяния света) определяли на синем светофильтре с длиной волны 520 нм. Концентрацию аминокислоты рассчитывали по калибровочной кривой, построенной на стандартных растворах пролина, и выражали в мг% на сырую массу.

Содержание свободного пролина вычислялось в мг%. По коэффициентам устойчивости, которые выражаются отношением содержания аминокислоты в пробе загрязненного района к таковому в контрольной зоне, определяли степень газоустойчивости растений. При этом выделяли три степени устойчивости: высокоустойчивые растения коэффициенты 7,3 и выше; среднеустойчивые (4,2-7,2) и слабоустойчивые (4,1 и ниже).

Отбор проб проводился на трёх загрязнённых пробных площадях города Балашова: 1. КПТ 1 – за 2 мин. в 3 направлениях – 54 ед. автотранспорта, 2 – ул. Ленина 157 – за 2 мин. в 2 направлениях – 58 ед. автотранспорта, 3. ул. 30 лет Победы, 133 – за 2 мин. в 4 направлениях – 57 ед. автотранспорта. Контрольные образцы отбирались на трёх пробных площадях незагрязнённой территории: 1 – в районе станции юных натуралистов, 2 – в парке им. Куйбышева и 3 – территория Балашовского лесничества (на всех трех пробных площадях зарегистрировано единичное движение автотранспорта).

Результаты исследований и их обсуждение

Степень накопления пролина в вегетативных органах (листьях) различных видов декоративных кустарников, введенных в озеленение и парки города Балашова, а также Балашовского лесничества отражена в табл. 1.

Некоторые статистические показатели, характеризующие средние арифметические значения содержания пролина в контроле и опыте приведены в табл. 2.

По мере повышения устойчивости видов к токсичным веществам содержание свободного пролина в вегетативных органах (листьях) декоративных кустарников увеличивается (от $40,91 \pm 1,98$ до $102,7 \pm 3,45$ мг%). При этом коэффициент варьирования (C_v) содержания пролина снижается с 13,7 до 8,22%. Полученные показатели, определённые с доверительным интервалом на 95% уровне, заслуживают доверия ввиду большой достоверности средних арифметических значений (вычисленный критерий Стьюдента (t) значительно превышает табличные значения) и показателя точности опыта (P), меньшего 5%.

Таблица 1

Оценка устойчивости декоративных кустарников в городской среде (2013 год)

n n	Вид растений	Содержание пролина, мг %		Коэффициент устойчивости
		контроль	опыт	
Виды, отнесённые к группе слабой степени устойчивости				
1	<i>Crataegus sanguinea</i> Pall.	13,6	47,6	3,5
2	<i>Euonymus verrucosus</i> Scop	11,9	40,5	3,4
3	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) Blake	14,2	48,3	3,4
4	<i>Tamarix gracilis</i> Willd	13,9	45,9	3,3
5	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	10,9	33,8	3,1
6	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim	11,7	37,4	3,2
7	<i>Lonicera tatarica</i> L.	12,4	36,0	2,9
8	<i>Spiraea hypericifolia</i> L.	12,6	37,8	3,0
Виды, отнесённые к группе средней степени устойчивости				
9	<i>Cotoneaster lucidus</i> Schlecht.	12,6	65,5	5,2
10	<i>Viburnum opulus</i> L.	12,1	56,9	4,7
11	<i>Amelanchier ovalis</i> Med.	13,1	55,1	4,2
12	<i>Philadelphus coronarius</i> L.	14,0	70,4	5,0
13	<i>Ribes aureum</i> Pursh	12,8	73,2	5,7
14	<i>Sambucus racemosa</i> L.	11,8	69,6	5,9
Виды, отнесённые к группе высокой степени устойчивости				
15	<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott	13,4	97,8	7,3
16	<i>Juniperus sabina</i> L.	15,0	117,0	7,8
17	<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L).	11,7	95,9	8,2
18	<i>Caragána arborescens</i> Lam.	13,5	108,0	8,0
19	<i>Rósa canina</i> L.	12,2	102,5	8,4
20	<i>Syrínga vulgáris</i> L.	12,7	95,3	7,5

Таблица 2

Статистические показатели, характеризующие содержание пролина, в мг % в контроле и опыте в разных группах устойчивости кустарников (2013 год)

Группа устойчивости	M±m	σ	C _v	P	t
Виды, отнесённые к группе слабой степени устойчивости					
Опыт, мг %	40,91±1,98	5,61	13,7	4,85	20,59
Контроль, мг %	12,65±0,41	1,16	9,18	3,24	30,77
Виды, отнесённые к группе средней степени устойчивости					
Опыт, мг %	65,1±3,1	7,5	11,52	4,7	21,3
Контроль, мг %	12,7±0,32	0,77	6,11	2,49	40,0
Виды, отнесённые к группе высокой степени устойчивости					
Опыт, мг %	102,7±3,45	8,45	8,22	3,36	29,7
Контроль, мг %	13,1 ±0,47	1,2	8,9	3,6	27,6

Из 20 видов, изученных в озеленении г. Балашова Саратовской области декоративных кустарников, 6 видов относятся к группе высокоустойчивых к загрязнению токсичными веществами окружающей среды: *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, *Juniperus sabina* L., *Sorbaria sorbifolia* (L.), *Caragána*

arborescens Lam., *Rósa canina* L., *Syringa vulgáris* L., 6 – к группе среднеустойчивых: *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Viburnum Opulus* L., *Amelanchier ovalis* Med., *Philadelphus coronarius* L., *Ribes aureum* Pursh, *Sambucus racemosa* L. и 8 видов отнесены к группе слабоустойчивых: *Euonymus verrucosus* Scop,

Symphoricarpos albus (L.) Blake, *Tamarix gracilis* Willd., *Amorpha fruticosa* L., *Physocarpus opulifolius* L., *Lonicera tatarica* L., *Spiraea hypericifolia* L., *Crataegus sanguinea* Pall. Такое деление декоративных кустарников по степени устойчивости необходимо учитывать при создании и реконструкции насаждений различного целевого назначения.

Заключение

Адаптация растений к техногенному загрязнению токсичными веществами связана с комплексом действующих физиолого-биохимических механизмов. Важное место среди таких механизмов занимает процесс активации образования и накопления низкомолекулярных антиоксидантов пролина в ответ на загрязнение среды. Такое заключение подтверждается и работами ряда других исследователей А.И. Иванова, А.П. Стаценко, О.В. Сергеевой, Е.Е. Конкиной, Л.И. Тужиловой, В.В. Кузнецова, Н.И. Шевяковой и Н.С. Репкиной [2-4, 6-8]. Таким образом, определение пролина позволяет, с одной стороны, оценить устойчивость разных видов декоративных кустарников к загрязнению токсичными веществами, а с другой – использовать эти виды в качестве биоиндикаторов для мониторинга состояния среды. Исследования такого направления целесообразно продолжить.

Список литературы

1. Балина К.В. Биоэкологическая характеристика представителей культурной дендрофлоры Саратовской области и целесообразность ее обогащения новыми интродуцентами: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Воронеж, 2001. – 24 с.
2. Иванов А.И. Динамика свободного пролина в хвое растений в условиях химического стресса / А.И. Иванов, А.П. Стаценко, О.В. Сергеева, Е.Е. Конкина, Л.И. Тужилова // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия. – Пенза: Госуниверситет, 2007. – С. 67-69.
3. Иванов А.И. Свободный пролин – биохимический показатель степени загрязнения природной среды / А.И. Иванов, А.П. Стаценко, Е.Е. Конкина, О.В. Сергеева, Л.И. Тужилова // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сборник статей пятой Международной научно-практической конференции. – Пенза: Госуниверситет, 2007. – С. 95-97.
4. Кузнецов В.В., Шевякова Н.И. Пролин при стрессе: биологическая роль, метаболизм, регуляция / В.В. Кузнецов, Н.И. Шевякова // Физиология растений. – 1999. – Т.46, 2. – С. 321-336.
5. Любимов В.Б. Актуальность мониторинга тяжелых металлов в природных и рукотворных экосистемах Прихоперья / В.Б. Любимов, Ю.В. Назаров // Оптимизация ландшафтов зональных и нарушенных земель. – Воронеж: ВГУ, 2005. – С. 151-155.

6. Репкина Н.С. Эколого-физиологическое исследование механизмов адаптации растений пшеницы к раздельному и совместному действию низкой температуры и кадмия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2014. – 24 с.

7. Стаценко А.П. Биохимическое тестирование загрязнения окружающей среды / А.П. Стаценко, А.И. Иванов, Е.Е. Конкина, Л.И. Тужилова, О.В. Сергеева // Современные проблемы экологии: доклады всероссийской научно-технической конференции. – Москва – Тула: ТулГУ, 2007. – С. 65-66.

8. Тужилова Л.И. Использование *Pinus sylvestris* L. в фитоиндикации загрязнения территории в местах уничтожения химического оружия: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Брянск, 2009. – 21 с.

References

1. Balina K.V. Bioecological characteristic of representatives cultural dendroflora of the Saratov region and expediency of its enrichment by new introduced species: Avtoref. yew. Cand. Biol.Sci. Voronezh, 2001. 24 p.
2. Ivanov A.I., Statsenko A.P., Konkina E.E., Sergeyev O.V., Tuzhilov L.I. Free proline – a biochemical exponent of pollution of environment. Natural and resource potential, ecology and sustainable development of regions of Russia: collection of articles of the fifth International scientific and practical conference. Penza: State university, 2007, pp. 95-97.
3. Ivanov A.I., Statsenko A.P., Sergeyev O.V., Konkina E.E., Tuzhilov L.I. Dynamic of a free proline in needles of plants in the conditions of chemical stress. Monitoring of natural ecosystems in zones of protective measures of objects on destruction of the chemical weapon. Penza: State university, 2007, pp. 67-69.
4. Kuznecov V.V., Shevyakova N. I. Proline at a stress: biological role, metabolism, regulation. Physiology of plants. T.46, 2, 1999, pp. 321-336.
5. Lyubimov V. B., Nazarov Yu.V. Aktualnost of monitoring of heavy metals in natural and man-made ecosystems of Prikhopyera. Optimization of landscapes of the zone and broken lands. Voronezh: VGU, 2005, pp. 151-155.
6. Repkina N. S. Ekologo-fiziologicheskoy research of mechanisms of adaptation of plants of wheat to separate and joint action of low temperature and cadmium: Avtoref. yew. Cand.Biol.Sci. Petrozavodsk, 2014. 24 p.
7. Statsenko A.P., Ivanov A.I., Konkina E.E., Tuzhilova L.I., Sergeyev O.V. Biochemical testing of environmental pollution. Modern environmental problems: reports of the All-Russian scientific and technical conference. Moscow – Tula: Tulgu, 2007, pp. 65-66.
8. Tuzhilova L.I. *Pinus sylvestris* L use. in phytoindication of pollution of the territory in places of destruction of the chemical weapon: Avtoref. yew. Cand.Biol.Sci. Bryansk, 2009. 21 p.

Рецензенты:

Зайцева Е.В., д.б.н., профессор, зам. директора естественно-научного института, ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет им. академика И.Г. Петровского», г. Брянск;

Ларионов М.В., д.б.н., профессор кафедры биологии и экологии Балашовского института (филиала) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 29.07.2014.