

УДК 630.181.324

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ИНТРОДУЦЕНТОВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТОКСИЧНЫМИ ВЫБРОСАМИ ОТ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АВТОТРАНСПОРТА

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

Приводятся результаты исследований по определению устойчивости различных видов декоративных кустарников, используемых для озеленения городских территорий, создания садов и парков, к загрязнению окружающей среды токсическими выбросами промышленности и автотранспорта на территории города Балашова Саратовской области. Для определения степени устойчивости в качестве оценочных показателей применялась количественная и качественная оценка изменчивости фермента пероксидазы. Включенные в эксперимент виды были разделены на три группы по степени устойчивости к загрязнителям. К высокоустойчивым видам были отнесены *Amorpha fruticosa* L., *Tamarix gracilis* Willd., *Physocarpus opulifolius* L., средней степени устойчивости – *Symphoricarpos albus* L., *Berberis thunbergii* L., *Philadelphus coronaries* L., *Amelanchier canadensis* L., *Lonicera tatarica* L., и к низкой степени устойчивости – *Sorbaria sorbifolia* L., *Spiraea hypericifolia* L. и *Crataegus sanguinea* L. Анализ исследований показал, что динамика активизации и характер новообразований в изоимном спектре фермента пероксидазы листьев декоративных кустарников являются объективными биохимическими показателями устойчивости растений, произрастающих в условиях промышленного и транспортного загрязнения атмосферы городских территорий.

Ключевые слова: интродуценты, сады, парки, кустарники, устойчивость, ферменты, пероксидаза

SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF EXOTIC SPECIES TO POLLUTION OF THE ENVIRONMENT BY TOXIC EMISSIONS FROM INDUSTRY AND VEHICLES

¹Lubimov V.B., ²Logacheva E.A.

¹Federal STATE budgetary educational institution of higher professional education «Bryansk state University named after academician I.G. Petrovsky», Bryansk, e-mail: lubimov-v@mail.ru;

²Balashov Institute (branch) FSBEI HPE «Saratov state University n.a. N.G. Chernyshevskogo»,
Balashov, e-mail: mail@bfsgu.ru

The results of studies to determine the sustainability of various species of ornamental shrubs used for landscaping of urban areas, establishment of parks and gardens, to pollution of the environment by toxic emissions from industry and vehicles on the territory of the city of Balashov, Saratov region. To determine the degree of stability in the quality of estimates used quantitative and qualitative assessment of the variability of peroxidase enzyme. Included in the experiment, the species were divided into three groups according to the degree of resistance to pollutants. Highly resistant to related species *Amorpha fruticosa* L., *Tamarix gracilis* Willd., *Physocarpus opulifolius* L., the average degree of sustainability – *Symphoricarpos albus* L., *Berberis thunbergii* L., *Philadelphus coronaries* L., *Amelanchier canadensis* L., *Lonicera tatarica* L. and to a low degree of stability – *Sorbaria sorbifolia* L., *Spiraea hypericifolia* L., *Crataegus sanguinea* L. Analysis of studies showed that the degree of activation and the nature of the tumors in isozyme spectrum of the enzyme peroxidase leaves of ornamental shrubs are objective biochemical indicators of the sustainability of plants growing in conditions of industrial and transport pollution of urban areas.

Keywords: plants, gardens, parks, bushes, resistance, enzymes, peroxidase

В настоящее время интродуценты, в т.ч. декоративные кустарники, широко используются для озеленения, создания защитных насаждений, садов и парков в городах с загрязненной окружающей средой токсическими выбросами от промышленности и автотранспорта. В связи с этим возникла проблема оценки устойчивости ассортимента интродуцентов, для создания насаждений на урбанизированных территориях с различной степенью загрязнения токсичными веществами [5, 15]. В научной литературе накоплены многочисленные сведения об изменчивости ферментных

систем под действием химических загрязнителей. Причем наибольшая лабильность в условиях стресса характерна для окислительно-восстановительного фермента пероксидазы, широко распространенного в вегетативных органах растений различных систематических групп, входящего в состав основных клеточных структур и обладающего разной структурной специфичностью [6]. В частности, отмечается влияние химического загрязнения атмосферы на общую активность, количественные и качественные характеристики пероксидазы [7–9]. Зарегистрированы

многочисленные факты глубокой трансформации пероксидазного спектра в вегетативных органах декоративных форм сосны, бересклета, барбариса и других форм и видов из разных родов под воздействием промышленного загрязнения атмосферы оксидами серы и азота [3, с. 133–136; 4, с. 104–107; 5, с. 122–128; 7, с. 51–55; 9, с. 149–154]. Однако до настоящего времени остаётся малоизученным комплексное влияние промышленного и транспортного загрязнения атмосферы на количественную и качественную характеристику растительных пероксидаз у различных видов интродуцентов, используемых для озеленения урбанизированных территорий. Не оценена и перспектива использования этих показателей для оценки газоустойчивости различных видов декоративных кустарников, интродуцированных в разные природные зоны России [3, с. 133–136; 4, с. 104–107; 6, с. 406–417].

Цель исследования

Настоящее исследование было предпринято с целью выяснения зависимости изменения активности, а также качественной и количественной изменчивости растительного фермента пероксидазы от экологически неблагоприятного воздействия, и использование данных показателей в качестве маркеров устойчивости интродуцентов, в том числе и декоративных кустарников к токсическим выбросам промышленности и автотранспорта.

Материалы и методы исследования

Исследования проводились на территории г. Балашова Саратовской области в 2011–2015 годах. Объектом исследования служили вегетативные органы растений (листья) 11 видов декоративных кустарников: Рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* L.), Спирея зверобоелистная (*Spiraea hypericifolia* L.), Чубушник венечный (*Philadelphus coronaries* L.), Ирга канадская (*Amelanchier canadensis* L.), Тамарикс изящный (*Tamarix gracilis* Willd), Аморфа кустарниковая (*Amorpha fruticosa* L.), Пузыреплодник

калинолистный (*Physocarpus opulifolius* L.), Барбарис Тунберга (*Berberis thunbergii* L.), Жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), Боярышник кроваво-красный (*Crataegus sanguinea* L.), Снежнаягодник белый (*Symphoricarpos albus* L.). Листья для исследований отбирались с плодоносящих растений, с побегов, расположенных в средней части кроны кустарника. Исследования проводили в летний период при температуре атмосферного воздуха +22–25 °С. Для опыта листья срезались в промышленном районе города в местах с интенсивным движением автотранспорта (более 17 единиц в минуту), а контрольные – в экологически незагрязненной местности – в районе станции юных натуралистов, удаленной от автодорог и промышленных предприятий на 500 и более метров. Определялась удельная активность пероксидазы [1, с. 352–355; 2, с. 1372–1379]. За единицу активности фермента принималось количество о-дианизидин (мкмоль), окисленного за 1 минуту на 1 г сырого вещества. Для выделения фермента из растительной ткани навеска листьев (2 г) измельчалась с помощью скальпеля, затем заливалась семикратным объемом 0,005 М трис-глицинового буфера, содержащего 30 % сахарозы, и гомогенизировалась на холоде. Гомогенат в течение часа выдерживался при температуре 4 °С и центрифугировался при скорости 8 тыс. об./минут. Надосадочная жидкость использовалась в качестве препарата пероксидазы. Электрофорез пероксидазы проводили по модифицированной методике Дэвиса и Рейсфильда [8, с. 404–427; 10, 281–283]. В цилиндрических гелях размером 0,6x7,0 см в 7,5%-м полиакриламидном геле с использованием трис-глициновой буферной системы рН = 8,3 с охлаждением. Время проведения электрофореза – 2 часа 20 минут. Первые 20 мин сила тока на гелевую трубку не превышала 2 мА, затем усиливалась до 4 мА. По окончании электрофореза гели опускались на 30 минут в 0,02%-й раствор солянокислого бензидина, а затем – в 0,01%-й раствор пероксида водорода до появления голубых полос изопероксидаз. Затем реакционная смесь сливалась, а гели промывались 10%-м раствором уксусной кислоты. Для идентификации фермента использовали промышленный препарат пероксидазы хрена. Относительная активность отдельных изомеров определялась с использованием методики Лиу, по скорости их проявления [17]. Для удобства анализа изозимных спектров катодные изопероксидазы по относительной электрофоретической активности (ОЭП) были условно разделены на три зоны: А-зона (ОЭП от 0 до 30), В-зона (ОЭП от 31 до 60) и С-зона (ОЭП от 61 до 100).

Влияние химического загрязнения на удельную активность пероксидазы изучаемых видов кустарников

Виды растений	Удельная активность фермента		Степень активизации фермента
	контроль	опыт	
1	2	3	4
Аморфа кустарниковая, <i>Amorpha fruticosa</i> L.	0,53	1,03	1,94
Барбарис Тунберга, <i>Berberis thunbergii</i> L.	0,49	0,71	1,45
Боярышник кроваво-красный, <i>Crataegus sanguinea</i> L.	0,49	0,63	1,29
Жимолость татарская, <i>Lonicera tatarica</i> L.	0,33	0,46	1,39

Окончание таблицы			
1	2	3	4
Ирга канадская, <i>Amelanchier canadensis</i> L.	0,37	0,52	1,41
Пузыреплодник калинолистный, <i>Physocarpus opulifolius</i> L.	0,54	0,98	1,81
Рябинник рябинолистный, <i>Sorbaria sorbifolia</i> L.	0,46	0,53	1,15
Снежноягодник белый, <i>Symphoricarpos albus</i> L.	0,51	0,76	1,49
Спирея зверобоелистная, <i>Spiraea hypericifolia</i> L.	0,43	0,58	1,35
Тамарикс изящный, <i>Tamarix gracilis</i> Willd	0,57	1,23	2,16
Чубушник венечный, <i>Philadelphus coronaries</i> L.	0,32	0,46	1,44

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно многочисленным литературным источникам, количественная и качественная изменчивость фермента пероксидазы является признаком ранней ответной реакции на химическое загрязнение атмосферы и может служить объективным показателем их газоустойчивости [5, с. 122–128]. Газоустойчивость видов нами оценивалась по степени активизации фермента, определяемого отношением показателя удельной активности в опыте к таковой в контроле.

Исследования показали, что комплексное воздействие промышленных выбросов в сочетании с выхлопными газами автотранспорта приводит к значительным количественным и качественным изменениям ферментативного комплекса пероксидазы в листьях изучаемых видов декоративных кустарников, произрастающих в промышленном районе города с высокой транспортной нагрузкой. Включенные в эксперимент виды были разделены на три группы по степени устойчивости к загрязнителям. К высокоустойчивым видам были отнесены *Amorpha fruticosa* L., *Tamarix gracilis* Willd, *Physocarpus opulifolius* L., средней степени устойчивости – *Symphoricarpos albus* L., *Berberis thunbergii* L., *Philadelphus coronaries* L., *Amelanchier canadensis* L., *Lonicera tatarica* L., и к низкой степени устойчивости – *Sorbaria sorbifolia* L., *Spiraea hypericifolia* L., *Crataegus sanguinea* L. Динамика активизации и характер новообразований в изозимном спектре фермента пероксидазы листьев декоративных кустарников являются объективными биохимическими показателями устойчивости растений, произрастающих в условиях промышленного и транспортного загрязнения атмосферы городских территорий. Исследования также показали, что городское загрязнение атмосферы также влечет за собой существенное изменение компонентного состава перокси-

дазы. Анализ исследования показывает, что в вегетативных органах исследуемых декоративных кустарников произрастающих в зоне жесткого химического загрязнения, гетерогенность изозимного спектра пероксидазы существенно возрастает, что является свидетельством адаптивной перестройки окислительно-восстановительной системы, связанной с приспособлением растений к жизни в условиях стресса [6, с. 406–417].

Заключение

В результате проведенных исследований определена устойчивость одиннадцати видов декоративных кустарников, интродуцированных в Саратовскую область и используемых для создания насаждений различного целевого назначения. В качестве оценочных показателей применялась количественная и качественная характеристика динамики изменчивости фермента пероксидазы. Включенные в эксперимент виды были разделены на три группы по степени устойчивости к загрязнителям. Степень активизации и характер новообразований в изозимном спектре фермента пероксидазы листьев декоративных кустарников являются объективными биохимическими показателями устойчивости растений, произрастающих в условиях промышленного и автотранспортного загрязнения атмосферы урбанизированных территорий. Результаты исследований могут быть использованы для теоретического обоснования перспективности интродукции новых видов древесных растений, с целью создания устойчивых насаждений различного целевого назначения, дифференцировано степени загрязнения урбанизированных территорий.

Список литературы

1. Бояркин А.Н. Быстрый метод определения активности пероксидазы / А.Н. Бояркин // Биохимия. – 1961. – Т. 16, № 4. – С. 352–355.
2. Лебедева О.В. Кинетическое изучение реакции окисления о-диазинидина перекисью водорода в присутствии пе-

роксидазы из хрена / О.В. Лебедева, Н.Н. Угарова, И.В. Бerezин // Биохимия. – 1977. – Т. 42, № 8. – С. 1372–1379.

3. Любимов В.Б. Определение устойчивости декоративных кустарников к загрязнению по степени активности и трансформации растительных пероксидаз / В.Б. Любимов, Е.А. Логачёва. – Брянск: Вестник РИО БГУ, 2013. – С. 133–136.

4. Любимов В.Б. Определение устойчивости декоративных кустарников к загрязнению среды / В.Б. Любимов, Е.А. Логачёва. – VI Международная научно-практическая конференция «Экологическая безопасность региона». – Брянск, 2013. – С. 104–107.

5. Неверова О.А. Использование активности пероксидазы для оценки физиологического состояния древесных растений и качества атмосферного воздуха г. Кемерово / О.А. Неверова. – 2001. – С. 122–128.

6. Савич И.М. Peroksidazy – стрессовые белки растений / И.М. Савич // Успехи современной биологии. – 1989. – Т. 107, № 3. – С. 406–417.

7. Сарсенбаев К.Н. Влияние двуокиси серы на активность и компонентный состав свободных и связанных фракций пероксидазы проростков яровой пшеницы / К.Н. Сарсенбаев, Н.И. Мезенцева, Ф.А. Полимбетова // Физиология и биохимия культурных растений. – 1983. – Т. 15, № 1. – С. 51–55.

8. Davis B.J. Disc-electrophoresis. Method and application to human series hroteins //ann. New York Acad Sei. – 1964/–12. – № 4. – P. 404–427.

9. Zin E.N. Simple method for determining the relative activities of individual peroxidase isorimes in a tissue extract // Anal. Biochem. – 1973. – № 1. – P. 149–154.

10. Reisfeld R.A., Lewis U.I., Wiliams D.E. Disc-electrophoresis of basis proteins and peptides jn polyacrylamide gel //Nature. – 1962. – Т. 195, № 4838. – P. 281–283.

References

1. Bojarkin A.N. Bystryj metod opredelenija aktivnosti peroksidazy / A.N. Bojarkin // Biohimija. 1961. Т. 16, no. 4. pp. 352–355.

2. Lebedeva O.V. Kineticheskoe izuchenie reakcii okislenija o-diazinidina perekisju vodoroda v prisutstvii peroksidazy iz hrena / O.V. Lebedeva, N.N. Ugarova, I.V. Berezin // Biohimija. 1977. Т. 42, no. 8. pp. 1372–1379.

3. Ljubimov V.B. Opredelenie ustojchivosti dekorativnyh kustarnikov k zagrazneniju po stepeni aktivnosti i transformacii rastitelnyh peroksidaz / V.B. Ljubimov, E.A. Logachjova. Brjansk: Vestnik RIO BGU, 2013. pp. 133–136.

4. Ljubimov V.B. Opredelenie ustojchivosti dekorativnyh kustarnikov k zagrazneniju sredy / V.B. Ljubimov, E.A. Logachjova. VI Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Jekologicheskaja bezopasnost regiona». Brjansk, 2013. pp. 104–107.

5. Neverova O.A. Ispolzovanie aktivnosti peroksidazy dlja ocenki fiziologicheskogo sostojanija drevesnyh rastenij i kachestva atmosfernogo vozduha g. Kemerovo / O.A. Neverova. 2001. pp. 122–128.

6. Savich I.M. Peroksidazy stressovye belki rastenij / I.M. Savich // Uspehi sovremennoj biologii. 1989. Т. 107, no. 3. pp. 406–417.

7. Sarsenbaev K.N. Vlijanie dvoukisi sery na aktivnost i komponentnyj sostav svobodnyh i svjazannyh frakcij peroksidazy prorstkov jarovoj pshenicy / K.N. Sarsenbaev, N.I. Mezenceva, F.A. Polimbetova // Fiziologija i biohimija kulturnyh rastenij. 1983. Т. 15, no. 1. pp. 51–55.

8. Davis B.J. Disc-electrophoresis. Method and application to human series hroteins //ann. New York Acad Sei. 1964/–12. no. 4. pp. 404–427.

9. Zin E.N. Simple method for determining the relative activities of individual peroxidase isorimes in a tissue extract // Anal. Biochem. 1973. no. 1. pp. 149–154.

10. Reisfeld R.A., Lewis U.I., Wiliams D.E. Disc-electrophoresis of basis proteins and peptides jn polyacrylamide gel // Nature. 1962. Т. 195, no. 4838. pp. 281–283.

Рецензенты:

Зайцева Е.В., д.б.н., профессор, и.о. декана естественно-географического факультета, ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск;

Булохов А.Д., д.б.н., профессор, зав. кафедрой биологии естественно-географического факультета, ФГБОУ ВПО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск.