

Динамика содержания антоцианов в листьях *Acer negundo* в условиях г. Барнаула

Dynamics of anthocyanin content in the leaves of *Acer negundo* in the conditions of Barnaul

Ултарииков Б. Э., Соколова Г. Г.

Utarikov B. E., Sokolova G. G.

Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия. E-mail: E-mail: savelevak17@mail.ru, sokolova-gg@mail.ru
Altai State University, Barnaul, Russia

Реферат. В работе представлены результаты исследования динамики содержания антоцианов в листьях *Acer negundo* L., растущих около основных автомагистралей в г. Барнауле (пр. Красноармейский, пр. Ленина, пр. Комсомольский). Изучена реакция антиоксидантной системы клена в условиях урбоэкосистемы г. Барнаула на техногенное загрязнение окружающей среды выбросами автотранспорта. Показано превышение содержания антоцианов в листьях клена по мере увеличения техногенного загрязнения.

Ключевые слова. Антоцианы, антиоксидантный статус, биоиндикатор, урбоэкосистема, *Acer negundo*.

Summary. The paper presents the results of a study of the dynamics of anthocyanin content in the leaves of *Acer negundo* L., growing near the main highways in Barnaul (Krasnoarmeysky Ave., Lenin Ave., Komsomolsky Ave.). The reaction of the maple antioxidant system in the urban ecosystem of Barnaul to man-made environmental pollution from vehicle emissions has been studied. The excess of anthocyanin content in maple leaves is shown as anthropogenic pollution increases.

Key words. *Acer negundo*, anthocyanins, antioxidant status, bioindicator, urban ecosystem.

Введение. Для управления качеством городской среды и планирования мероприятий по озеленению городов необходимо исследовать состояние древесных и травянистых растений и их устойчивость к стрессовым факторам (Станченко, 2008; Кин, 2008). Поэтому оценка влияния техногенного загрязнения воздуха в урбоэкосистемах в настоящее время приобретает важное значение. Среди широкого спектра исследуемых компонентов урбоэкосистем большое внимание отводится изучению состояния травянистых и древесных насаждений.

Установлены высокие уровни корреляции между морфологическими и физиологическими параметрами древесных растений и токсикологическими нагрузками (Тужилкина, 2009). Выявлено, что древесные растения обладают высокой чувствительностью к антропогенной нагрузке, поэтому могут служить адекватными индикаторами состояния урбоэкосистемы. В качестве диагностических признаков, могут использоваться физиолого-биохимические характеристики ассимилирующих органов, которые в значительной мере определяют ростовые и репродуктивные процессы, а также наиболее чувствительны к экологическим изменениям окружающей среды (Чупахина, 1997; Чупахина и др., 2012).

Известно, что одним из биохимических показателей реакции растений на изменение факторов внешней среды, степени их адаптации к новым экологическим условиям является содержание хлорофиллов и каротиноидов, водорастворимых антиоксидантов, антоциановых пигментов и других веществ, обладающих разносторонним действием на физиологические процессы в растительных клетках и участвующих в формировании устойчивости растений к стрессовым факторам (Chalker-Scott, 1999; Selinger, Chandler, 1999; Масленников, 2003; Дедков и др., 2006).

Антоцианы – это водорастворимые пигменты, которые относятся к флавоноидам и содержатся в клеточном соке растений, придавая частям растений характерную красную, синюю и фиолетовую окраску. Они встречаются практически у всех высших растений (Mars et al., 1995; Chalker-Scott, 1999). Антоцианы синтезируются в цитоплазме и накапливаются в клеточных вакуолях (Selinger, Chandler, 1999).

Антоцианы в растительной клетке играют важную роль в процессах адаптации растений к различным стрессовым факторам (Chalker-Scott, 1999). Накопление антоцианов связывают с механизмом защиты фотосинтетического аппарата растений от окислительного стресса, приводящего к разрушению клеток и возникающего под действием различных факторов, в том числе загрязнения окружающей среды (Lavola et al., 1994; Дедков и др., 2006).

В настоящее время клён ясенелистный (*Acer negundo* L.) – широко распространенный инвазивный вид, вытесняющий аборигенные виды и представляющий угрозу биологическому разнообразию и экологической безопасности. С точки зрения использования его в озеленении территорий клен ясенелистный считается видом, который устойчив к загрязнению воздуха.

Цель нашей работы – оценка влияния выбросов автотранспорта на содержание антоцианов в листьях клена ясенелистного в г. Барнауле.

Материалы и методы исследования. По данным Министерства природных ресурсов и экологии Алтайского края уровень загрязнения воздуха в г. Барнауле характеризуется как высокий. Основными источниками загрязнения воздуха города являются предприятия теплоэнергетики, машиностроения, нефтехимической, пищевой промышленности и автотранспорт. Веществами, определяющими уровень загрязнения атмосферы города, являются оксид и диоксид азота, оксид углерода, бензапирен, формальдегид, диоксид серы, взвешенные вещества (Государственный доклад ..., 2024).

Материалом для исследования служили листья клена ясенелистного, собранного в период их максимального развития в летне-осенний период 2024 г. Сбор листьев проводился в сухую погоду с деревьев примерно одного возраста. Листья собирались с нижней части кроны на высоте 1,5 м в количестве 100 шт. с одной точки. Листья были собраны в 17 точках около крупных автомагистралей города Барнаула – пр. Ленина, пр. Красноармейском и пр. Комсомольском. В качестве контрольной точки был выбран Нагорный парк, расположенный на значительном удалении от автодорог и находящийся на возвышенности. Содержание антоцианов измеряли на спектрофотометре Shimadzu UV-1800 при длинах волн 510 и 657 нм. Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Office Excel с использованием методов описательной статистики.

Результаты и обсуждение. Оценка содержания антоцианов в листьях клена ясенелистного в разных точках на основных проспектах г. Барнаула выявила следующие закономерности. Содержание антоцианов на контроле составило 0,24 мг%/г. На пр. Ленина содержание антоцианов по сравнению с контролем было достоверно ниже во всех местах произрастания (рис. 1) на 4–37 % ($p < 0,01$). Наименьшее содержание антоцианов отмечены в точках 4–6 (пересечение проспекта с улицами Молодежной, Гоголя и Партизанской), наибольшие значения количество антоцианов в листьях клена зафиксированы в точках 1–2 (район Моста, пересечение проспекта с улицами Северо-Западная и пр. Космонавтов).

На пр. Красноармейском повышенное содержание антоцианов в листьях клена по сравнению с контролем выявлено в точках 1 и 6 (рис. 2). В первой точке (район железнодорожного вокзала) содер-

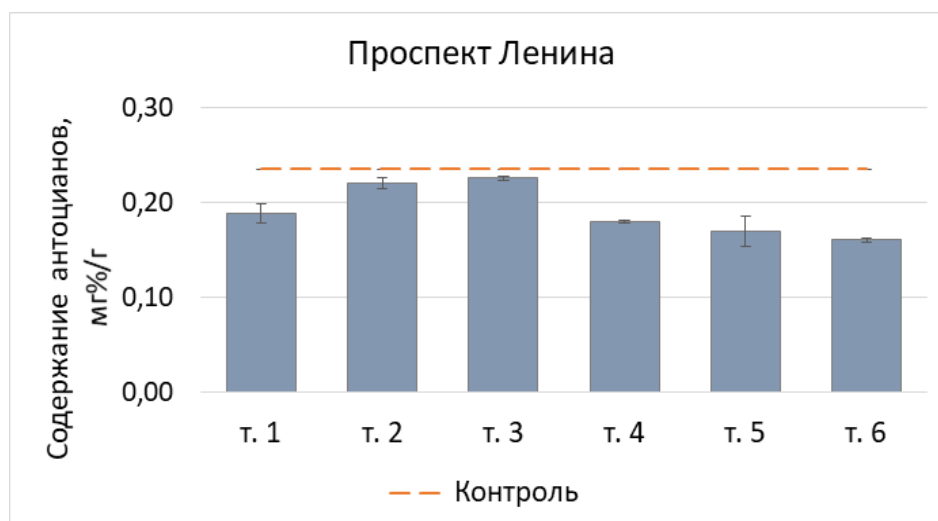


Рис. 1. Содержание антоцианов в листьях клена на пр. Ленина.

жание антоцианов по сравнению с контролем достоверно увеличено на 21 %, во второй точке (пересечение проспекта с ул. Партизанской) – в 3 раза. В остальных точках содержание антоцианов в листьях клена было достоверно ниже по сравнению с контролем на 4–40 %.

На пр. Комсомольском содержание антоцианов в листьях клена ясенелистного в точках 2 и 3 было достоверно выше по сравнению с контролем на 20–25%, а в точках 1, 4, 5 – достоверно ниже на 4–21 % (рис. 3).



Рис. 2. Содержание антоцианов в листьях клена на пр. Красноармейском.

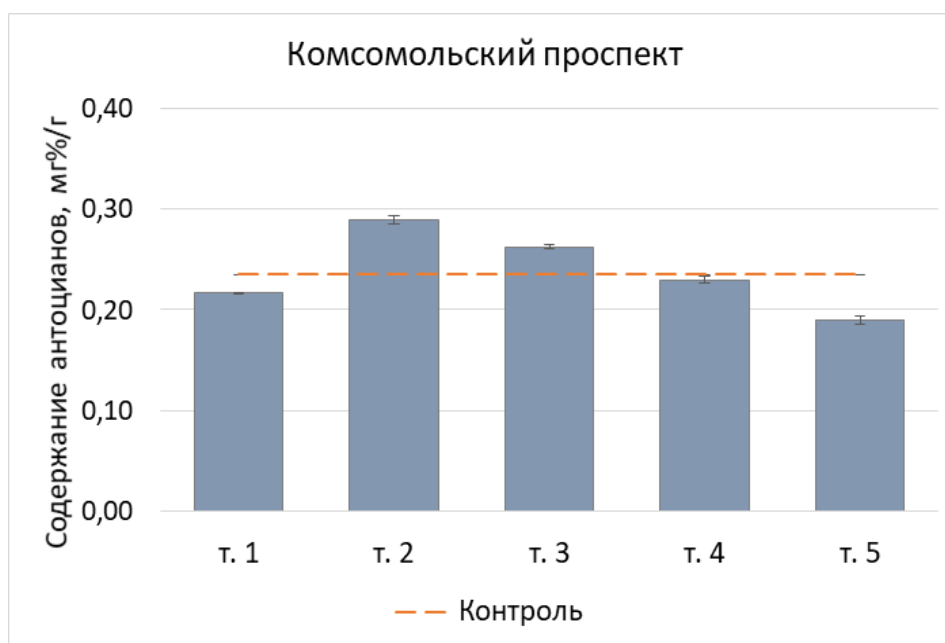


Рис. 3. Содержание антоцианов в точках Комсомольского проспекта.

Для всех точек, на которых отмечено высокое содержание антоцианов по сравнению с контролем, характерна высокая транспортная загруженность выбросов автотранспорта. Это либо транспортные развязки, либо перекрестки с интенсивным движением автотранспорта, в том числе грузового. Увеличение содержания антоцианов может быть обусловлено возрастанием активности защиты фотосинтетического аппарата растений от окислительного стресса из-за техногенного загрязнения воздушной среды, что согласуется с исследованиями других авторов (Chalker-Scott, 1999; Selinge, Chandler, 1999; Масленников, 2003; Дедков и др., 2006).

Выводы. Таким образом, анализ динамики содержания антоцианов в листьях клена ясенелистного на основных проспектах г. Барнаула свидетельствует о неоднородности техногенного загрязнения воздуха автотранспортом, что приводит к отклонению в содержании антоцианов в листьях клена по сравнению с контролем или в сторону их увеличения (при возрастании загрязнения), или в сторону снижения (при уменьшении загрязнения). Изменения в содержании антоцианов в листьях *Acer negundo* L. могут служить маркером уровня загрязнения в условиях урбанизации, но требуется более тщательный анализ механизма влияния загрязняющих веществ на синтез антоцианов в зависимости от интенсивности антропогенной нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

- Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2023 году». – Барнаул, 2024. – 192 с.
- Дедков В. П., Масленников П. В., Гребенев Н. Н.** Содержание антоцианов как показатель нефтяного загрязнения растений и растительных сообществ дюн Куршской косы // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки, 2006. – №1. – С. 102–108.
- Кин О. Н.** Растительные сообщества в зоне промышленной разработки газа и аккумуляции ими тяжелых металлов // Экология, 2008. – № 4. – С. 269–275.
- Масленников П. В.** Экологические аспекты накопления антоциановых пигментов в растениях: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Калининград: КГУ, 2003. – 22 с.
- Станченко Л. Ю.** Эколого-геохимическая оценка и типизация урбоэкосистем Калининграда и Светлогорска // Естественные и технические науки, 2008. – № 6. – С. 221–224.
- Тужилкина В. В.** Реакция пигментной системы хвойных на длительное аэротехногенное загрязнение // Экология, 2009. – № 4. – С. 243–248.
- Чупахина Г. Н.** Система аскорбиновой кислоты растений. – Калининград: Изд-во КГУ, 1997. – 120 с.
- Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрытник Л. Н., Бессережнова М. И.** Реакция пигментной и антиоксидантной систем растений на загрязнение окружающей среды г. Калининграда выбросами автотранспорта // Вестник Томского государственного университета. Серия Биология, 2012. – №2(18). – С. 171–185.
- Chalker-Scott L.** Environmental Significance of Anthocyanins in Plant Stress Responses // Photochemistry and Photobiology, 1999. – Vol. 70. – P. 1–9. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1999.tb01944.x>
- Lavola A., Julkunen-Tiitto R., Paakkonen E.** Does ozone stress change the primary or secondary metabolites of birch (*Betula pendula* Roth) // New Phytol., 1994. – Vol. 126, № 4. – P. 637–642.
- Mars K. A., Alfenito M. R., Loyd A. M., Walbot V.** A Glutathione S-transferase Involved in Vacuolar Transfer Encoded by the Maize Gene Bronze-2 // Nature, 1995. – Vol. 375. – P. 397–400.
- Selinger D. A., Chandler V. L.** A Mutation in the Pale Aleurone Color 1 Gene Identifies a Novel Regulator of the Maize Anthocyanin Pathway // Plant Cell, 1999. – Vol. 11. – P. 5–14.