

## Особенности экологической адаптации тополя бальзамического (*Populus balsamifera*) к различным условиям среды на примере г. Новосибирска

### Features of ecological adaptation of balsamic poplar (*Populus balsamifera*) to various environmental conditions: Novosibirsk City case

Цветкова Н. В.

Tsvetkova N. V.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия. E-mail: tsvetkovanatasha@mail.ru  
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

**Реферат.** Использование перспективной культуры тополя бальзамического в 1950–1970-е послевоенные годы в озеленении сибирских городов получило широкое распространение в скверах, парках, на газонах вдоль улично-дорожной сети и в городских лесах. На момент создания таких объектов озеленения условия их местопроизрастания не имели значительных отличий. К настоящему времени с развитием автомобилизации, использованием реагентов для содержания улично-дорожной сети и проведением акарицидных обработок в скверах и парках образовалось существенное различие в условиях местопроизрастания культур тополя бальзамического. Проведено исследование физиологических и спектральных характеристик растений. При помощи листового миниспектрометра (модель CI-710s, производитель CID Bio-Science) получены значения следующих вегетационных индексов: Антоциановый отражательный индекс 1 (ARI1) и Индекс стресса Картера 1 (Ctr1). Получены данные о значениях вегетационных индексов стресса в насаждениях из тополя бальзамического, произрастающего в различных экологических условиях в г. Новосибирске. Значение антоцианового отражательного индекса 1 имеет существенные различия у насаждений тополя, произрастающих в условиях городских лесов, по сравнению с насаждениями в сквере и на улично-дорожной сети. Значение индекса стресса Картера 1 имеет несущественные различия для насаждений в различных условиях местопроизрастания.

**Ключевые слова.** Антропогенная нагрузка, вегетационный индекс, городские леса, лесные культуры, тополь бальзамический.

**Summary.** The use of a promising culture of balsamic poplar in the 1950–1970s post-war years in the landscaping of Siberian cities became widespread in squares, parks, lawns along the road network and in urban forests. At the time of the creation of such landscaping facilities, the conditions of their growth did not have significant differences. To date, with the development of motorization, the use of reagents for the maintenance of the road network and the conduct of acaricide treatments in squares and parks, a significant difference has formed in the growing conditions of balsamic poplar crops. A study of the physiological and spectral characteristics of plants has been carried out. Using a leaf microspectrometer (model CI-710s, manufacturer CID Bio-Science), the values of the following vegetation indices were obtained: Anthocyanin reflective index 1 (ARI1) and Carter Stress Index 1 (Ctr1). Data on the values of vegetative stress indices in plantations of balsamic poplar growing in various environmental conditions in the city of Novosibirsk were obtained. The value of the anthocyanin reflective index 1 has significant differences in poplar plantations growing in urban forests, compared with plantations in the park and on the road network. The value of the Carter stress index 1 has insignificant differences for plantings in different growing conditions.

**Key words.** Anthropogenic load, balsamic poplar, forest crops, vegetation index, urban forests.

**Введение.** Использование перспективной культуры тополя бальзамического в 1950–1970-ые послевоенные годы в озеленении сибирских городов получило широкое распространение в скверах, парках, на газонах вдоль улично-дорожной сети и в городских лесах (Бакулин, 2005). На момент создания таких объектов озеленения условия их местопроизрастания не имели значительных отличий. К настоящему времени, с развитием автомобилизации, использованием реагентов для содержания улично-дорожной сети и проведением акарицидных обработок в скверах и парках образовалось существенное различие в условиях местопроизрастания культур тополя бальзамического (Алексеев, 1989).

Целью исследования стало изучение физиологических и спектральных характеристик листьев тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) на примере г. Новосибирска.

**Материала и методы.** Одним из современных методов исследования физиологических и спектральных характеристик растений является спектральный анализ листьев растений. С его помощью определяют индексы растительности – это числовые значения, полученные на основе спектральных данных для количественной оценки плотности, состояния растительности.

Метод широко используется в мониторинге окружающей среды для оценки и мониторинга роста растительности, продуктивности и состояния здоровья и наличия стресса у растений (Сергиякова, 2016).

Показатели рассчитываются с использованием значений коэффициента отражения различных длин волн света, особенно в красном, ближнем инфракрасном (NIR) и иногда в других диапазонах (Dualex Scientific).

Для исследования физиологических и спектральных характеристик листьев тополя бальзамического были отобраны образцы на трех пробных площадях с различными экологическими условиями на следующих участках в г. Новосибирске: территория городских лесов в Первомайском лесохозяйственном участке, озеленение улично-дорожной сети улицы Петухова, сквер им. М. И. Калинина.

Измерения проведены при помощи листового миниспектрометра (модель CI-710s, производитель CID Bio-Science) (Dualex Scientific) в лаборатории физиологии и биотехнологии СибБС ТГУ. Исследования проведены в вегетационном сезоне 2023 г.

**Результаты и обсуждение.** В результате измерений получены данные по следующим индексам стресса, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Значения вегетационных индексов для изучаемых объектов

Индекс	Городские леса $\frac{\bar{X} \pm S_x^*}{V}$	Улично-дорожная сеть $\frac{\bar{X} \pm S_x^*}{V}$	Сквер $\frac{\bar{X} \pm S_x^*}{V}$
Антоциановый отражательный индекс 1 (ARI 1)	$\frac{0,006 \pm 0,001}{59}$	$\frac{0,010 \pm 0,001}{54}$	$\frac{0,011 \pm 0,001}{38}$
Индекс стресса Картера 1 (Ctr1)	$\frac{1,3 \pm 0,0}{17}$	$\frac{1,2 \pm 0,0}{10}$	$\frac{1,2 \pm 0,0}{15}$

\*Примеч.: данные представлены в виде:  $\bar{X}$  – среднее арифметическое,  $S_x$  – ошибка среднего арифметического,  $V$  – коэффициент вариации.

Антоциановый отражательный индекс 1 (ARI1) – это измерение отражения, которое чувствительно к антоциану в листе растений. Взаимное отражение антоциана является самым высоким в диапазоне около 550 нм; однако на величину взаимного отражения при 550 нм также влияет хлорофилл. Взаимное отражение при 700 нм используется в качестве меры содержания хлорофилла для удаления вклада хлорофилла от отражения около 550 нм. Увеличение ARI1 указывает на изменения в листе в виде нового роста или гибели. Индекс рассчитывается по формуле:

$$ARI1 = (1/550 \text{ нм}) - (1/700 \text{ нм})$$

Значения этого индекса варьируются от 0 до 0,2. Общий диапазон для зеленой растительности находится между значениями от 0,001 до 0,1. Значение данного индекса на исследуемых участках находится в данном диапазоне.

Стоит отметить, что значение антоцианового отражательного индекса 1 у тополя бальзамического, произрастающего в условиях городских лесов, на 55 % ниже, чем у насаждений из тополя бальзамического, произрастающего на улично-дорожной сети, и на 69 % ниже, чем у насаждений, произрастающих в скверах.

Индекс стресса Картера 1 (Ctr1) или простое соотношение 695/420 – коэффициент отражения листьев, который был измерен в узких диапазонах волн, оценивался как показатель стресса растений. R695/R420 был значительно больше ( $p \leq 0,05$ ) в листьях, подвергшихся стрессу, по сравнению с листьями, не подвергшимися стрессу. Коэффициентами, которые наиболее сильно указывали на стресс растений, были коэффициент отражения при 695 нм, деленный на коэффициент отражения при 420 нм.

Значение данного индекса в городских лесах на 11 % выше, чем на улично-дорожной сети и на 9 % выше, чем в скверах.

Таким образом, получены данные о значениях вегетационных индексов стресса в насаждениях из тополя бальзамического, произрастающего в различных экологических условиях в городе Новосибирске. Значение антоцианового отражательного индекса 1 имеет существенные различия у насаждений тополя, произрастающих в условиях городских лесов, по сравнению с насаждениями в сквере и на улично-дорожной сети. Значение индекса стресса картера 1 имеет несущественные различия для насаждений в различных условиях местопроизрастания.

#### ЛИТЕРАТУРА

**Алексеев В. А.** Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989. – № 4. – С. 51–57.

**Бакулин В. Т.** Использование тополя в озеленении промышленных городов Сибири: краткий анализ проблемы // Сибирский экологический журнал, 2005. – Т. 12, № 4. – С. 563–571.

**Сергиякова Ю. Т.** Влияние загрязнения окружающей среды на биоморфологические показатели насаждений тополя бальзамического (*Populus balsamifera*) // Молодые ученые в решении актуальных проблем науки: Сб. статей студентов, аспирантов и молодых ученых по итогам Всеросс. научно-практ. конф. (с международным участием). (г. Красноярск, 19–20 мая 2016 г.). Т. 1. – Красноярск: Сибирский государственный технологический университет, 2016. – С. 51–54.

*Dualex Scientific*. URL: [http://eltemiks-agro.ru/wp-content/uploads/2018/07/Dualex\\_Manual.pdf](http://eltemiks-agro.ru/wp-content/uploads/2018/07/Dualex_Manual.pdf).