

Влияние антропогенных факторов на морфологические особенности листового аппарата тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.)

The influence of anthropogenic factors on the morphological features of the leaf apparatus of the balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.)

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. Проведен биомониторинг состояния окружающей среды на трех принципиально различных участках в г. Новосибирске. Оценка флуктуирующей асимметрии листьев тополя бальзамического показала, что рядовые насаждения вдоль улично-дорожной сети характеризуются высоким отклонением от стабильности развития. Лесные культуры тополя бальзамического в городских лесах характеризуются наличием отклонения от стабильности развития. Наилучшие показатели получены у насаждений тополя бальзамического в ландшафтных группах в сквере – наличие нарушения стабильности развития. К настоящему времени 50–70-летние культуры тополя бальзамического, выросшие на территории мегаполиса, характеризуются разной степенью нарушения или наличия отклонения от стабильности развития. Их можно расположить по шкале уменьшения стабильности в следующем порядке: ландшафтные группы в сквере, лесные культуры в городских лесах и рядовые посадка на газонах вдоль улично-дорожной сети.

Ключевые слова. Антропогенная нагрузка, городские леса, лесные культуры, тополь бальзамический, флуктуирующая асимметрия.

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. Biomonitoring of the state of the environment was carried out at three fundamentally different sites in Novosibirsk. Evaluation of the fluctuating asymmetry of balsamic poplar leaves showed that ordinary plantings along the road network are characterized by a high deviation from the stability of development. Forest crops of balsamic poplar in urban forests are characterized by the presence of deviations from the stability of development. The best indicators were obtained for balsamic poplar plantings in landscape groups in the park – the presence of a weak deviation from the stability of development. The best indicators were obtained for balsamic poplar plantings in landscape groups in the park – the presence of a violation of the stability of development. To date, 50–70-year-old balsamic poplar crops grown on the territory of the megalopolis are characterized by varying degrees of disturbance or deviation from the stability of development. They can be arranged according to the stability reduction scale in the following order: landscape groups in the park, forest crops in urban forests and ordinary planting on lawns along the road network.

Key words. Anthropogenic load, balsamic poplar, fluctuating asymmetry, forest crops, urban forests.

Массовое использование *Populus balsamifera* L. (тополь бальзамический) в озеленении сибирских городов получило широкое распространение в 1950–1970-е послевоенные годы. Тополь бальзамический высаживался как в скверах и парках, так и на газонных полосах вдоль улично-дорожной сети, а в отдельных случаях из него формировали лесные культуры на участках городских лесов.

Принципиально различные условия местопроизрастания и технологии ухода за зелеными насаждениями, созданными из тополя бальзамического, привели к формированию различных по характеристикам насаждений. Необходимо отметить, что антропогенная нагрузка и нормативно-правовая база, при которой создавались данные насаждения, имеют ряд существенных различий с современными условиями. Если во время создания насаждений условия местопроизрастания для участков городских лесов, скверов, парков и улично-дорожной сети имели минимальные различия, то к настоящему времени, с развитием производства и автомобилизации, а также активным применением реагентов для содержания улично-дорожной сети, условия местопроизрастания приобрели существенные различия.

В летний период 2022 г. были отобраны три участка с насаждениями из тополя бальзамического на территории города Новосибирска, имеющие к настоящему времени принципиально различные условия местопроизрастания. Технологии содержания зеленых насаждений на протяжении всего их жизненного цикла также имели существенные различия. Вместе с тем, за последнее столетие Новосибирск вырос до крупнейшего мегаполиса и является третьим в стране по численности городом с населением более 1,6 млн человек.

Первым участком стали насаждения на газонных полосах вдоль шестиполосной магистрали ул. Петухова, где из-за выбросов от автотранспорта и агрессивной технологии уборки проезжей части двухрядные насаждения из тополя бальзамического подвергаются наибольшему воздействию антропогенных факторов. Технология содержания зеленых насаждений минимизирована для соблюдения правил безопасности дорожного движения и осуществляется только обрезка поросли и нижних ветвей деревьев.

Вторым участком для исследования стал сквер им. М. И. Калинина, где зеленые насаждения с момента их создания содержатся по технологии, рекомендованной приказом Госстроя РФ от 15.12.1999 № 153 об утверждении «Правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации», а также регулярно проводятся мероприятия по акарицидной (противоклещевой) обработке территории.

Третьим участком стали лесные культуры тополя бальзамического в городских лесах города Новосибирска. С учетом требований ст. 116 и 122 Лесного кодекса Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ на данных участках соблюдался охранный режим и запрет на использование ядохимикатов. На данном участке было наименьшее вмешательство человека в рост и развитие насаждений тополя бальзамического.

Различия в условиях местопроизрастания определили целесообразность проведения экологического мониторинга изменяющихся показателей роста и состояния деревьев (Протасова, Белова, 2018; Наумова, Стрельцова, 2020). Целью работы стало определение уровня функциональной асимметрии листа тополя бальзамического (*Populus balsamifera*) в соответствии с методикой Распоряжения Росэкологии РФ от 16 октября 2003 г.

Материал для исследования собран в июле 2022 г. после остановки роста листьев. В каждом биотопе отобрано по 10 листьев приблизительно одного размера с укороченных побегов нижней части кроны 20 деревьев приблизительно одного генеративного возраста, растущих с южной стороны деревьев. Наблюдения и измерения листьев тополя черного, сделанные В. Т. Бакулиным в пойме р. Оби на участке от р. Иня Алтайского края до с. Колпашево Томской области, показали значительную изменчивость листьев тополя. Морфологические признаки варьировали не только у разных особей в популяции, но и в пределах одного дерева. Различия наблюдались между разными ярусами кроны, в разных частях кроны по отношению к сторонам света, на удлиненных и укороченных побегах и в пределах одного годичного побега в зависимости от его длины. Очевидно, что для биометрической обработки листьев стоит учитывать данные особенности тополя (Бакулин, 2009). С учетом указанных наблюдений сбор материала проводился с укороченных побегов нижнего яруса кроны с южной стороны деревьев.

Собранные листья не обладали признаками фаутности. Сильно отличающиеся по размеру или имеющие повреждения листья отбраковывались. Из каждого биотопа было исследовано не менее 200 листьев. Для оценки величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки тополя бальзамического использовали стандартный набор из 5 морфологических признаков, характеризующих стабильность формообразования листа в онтогенезе. С каждого листа сняты показатели по пяти параметрам с левой и правой стороны листа: 1 – ширина половинки листа; 2 – длина второй жилки второго порядка от основания листа; 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4 –

расстояние между концами этих жилок; 5 – угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка. Коэффициент флуктуирующей асимметрии определен по формуле, предложенной В. М. Захаровым (Захаров, 2000).

Оценка флуктуирующей асимметрии зарекомендовала себя при определении общего уровня антропогенного воздействия (Алексеев, 1989; Корона, Васильев, 2007). Растения как продуценты экосистемы в течение всей своей жизни привязаны к локальной территории и подвержены влиянию почвенной и воздушной сред и наиболее полно отражают весь комплекс стрессовых воздействий на экосистему. Исследования показывают, что уровень флуктуирующей асимметрии растительных объектов чувствителен к действию химического загрязнения и возрастает при увеличении антропогенного воздействия (Захаров, 2000).

Наиболее чувствительным органом растений является зеленый лист, поскольку он высокопластичный орган, и характер изменчивости его морфологической структуры в данном случае служит индикатором загрязнения окружающей среды. О характере этих изменений можно судить по нарушению стабильности развития и величине асимметрии (Баранов и др., 2015).

В результате измерений пяти морфологических признаков листовой пластинки установлена степень отклонения показателей от нормы по пятибалльной шкале. При этом один балл соответствует условной норме, а пять баллов – критическому состоянию. В таблице приведены данные по флуктуирующей способности листьев тополя бальзамического по результатам исследований 2022 г. в г. Новосибирске.

Таблица

Данные по флуктуирующей способности листьев тополя бальзамического

Вид насаждений и место произрастания	Интегральный показатель стабильности развития		Оценка уровня стабильности развития
	Значение показателей стабильности флуктуирующей асимметрии	Балл стабильности развития	
Рядовые насаждения вдоль улично-дорожной сети	0,080	5	Высокое отклонение от стабильности развития
Ландшафтные группы в городском сквере	0,047	3	Нарушение стабильности развития
Лесные культуры в городских лесах	0,051	4	Отклонение от стабильности развития

Оценка флуктуирующей асимметрии листьев тополя бальзамического показала, что рядовые насаждения вдоль улично-дорожной сети характеризуются высоким отклонением от стабильности развития, что соответствует пятому баллу стабильности развития. Лесные культуры тополя бальзамического в городских лесах характеризуются наличием отклонения от стабильности развития или четвертому баллу стабильности развития. Наилучшие показатели получены у насаждений тополя бальзамического в ландшафтных группах в сквере – наличие нарушения стабильности развития – три балла стабильности развития.

К настоящему времени 50–70-летние культуры тополя бальзамического, выросшие на территории мегаполиса, характеризуются разной степенью нарушения или наличия отклонения от стабильности развития. Их можно расположить по шкале уменьшения стабильности в следующем порядке: ландшафтные группы в сквере, лесные культуры в городских лесах и рядовые посадки на газонах вдоль улично-дорожной сети. Но всем им присущ довольно высокий балл стабильности развития – от 3 до 5, что указывает на высокое антропогенное воздействие и характеризует все три озелененных участка городской территории как загрязненные, грязные и очень грязные соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение, 1989. – № 4. – С. 51–57.
 Бакулин В. Т. Идентификация естественных клонов тополя черного по морфологическим признакам листьев и фенологии // Лесоведение, 2009. – № 2. – С. 41–46.

Баранов С. Г., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Изучение внутривидовой изменчивости листьев липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин // Вестник Томского государственного университета. Биология, 2015. – № 2(30). – С. 134–145.

Захаров В. М. Здоровье среды: методика оценки / ред. А. С. Баранов, В. И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. – 68 с.

Корона В. В., Васильев А. Г. Строение и изменчивость листьев растений: основы модульной теории. 2-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2007. – 280 с.

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).

Наумова А. А., Стрельцов А. Б. Методика оценки степени флуктуирующей асимметрии листовых пластинок на примере березы повислой (бородавчатой) (*Betula pendula* Roth.) // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet», 2020. – № 3. – С. 303–311.

Об утверждении Методических рекомендаций по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ: Распоряжение Росэкологии РФ от 16 октября 2003 г. – № 460-р. URL: <https://docs.cntd.ru/document/901879474>.

Приказ Госстроя РФ от 15.12.99 N 153 об утверждении Правил создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации.

Протасова М. В., Белова Т. А. Оценка состояния окружающей среды по показателям флуктуирующей асимметрии листьев древесных растений // Электронный научный журнал Курского государственного университета, 2018. – № 3(19). – С. 17–24.