

УДК 582.685.4:712(470.21)

## ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ *TILIA CORDATA* MILL. В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ КОЛЬСКОГО СЕВЕРА (НА ПРИМЕРЕ Г. МУРМАНСК)

© 2019 Н.В. Салтан, Е.А. Святковская, Н.Н. Тростенюк

Полярно-альпийский ботанический сад-институт  
им. Н.А. Аврорина КНЦ РАН, г. Кировск, Мурманская область

Статья поступила в редакцию 04.03.2019

В статье отражены результаты впервые проведенного исследования некоторых эколого-биологических особенностей дендроинтродуцента *Tilia cordata* в условиях урбанизированной среды Мурманской области, в частности г. Мурманск. В ходе исследования было изучено состояние данного вида растений и активность его фотосинтетического аппарата. Экологическая обстановка окружающей среды Мурманска складывается из деятельности промышленных предприятий, автотранспорта и Октябрьской железной дороги. В озеленении северных городов Кольского Заполярья *Tilia cordata* встречается крайне редко. В Мурманске она обнаружена на нескольких объектах, в том числе на территории железнодорожного вокзала. Результаты проведенного исследования продемонстрировали, что на Крайнем Севере возможно существование двух жизненных форм данного вида: древесной и кустовидной. Состояние *Tilia cordata* оценивается как сильноослабленное, высок процент усыхающих растений и сухостоя, процент здоровых растений очень низок и составляет всего 5%. Цветение *Tilia cordata* отмечается в сентябре и только в благоприятные годы. В возрастной структуре в равных соотношениях выделены старовозрастные и средневозрастные экземпляры. Почвенные условия роста для *Tilia cordata* не благоприятны вследствие низких содержаний азотистых соединений и загрязнения почвы Ni. Показано, что в фотосинтетическом пигментном комплексе листьев доминирует хлорофилл *a*, количество каротиноидов наименьшее. Два типа соотношения хлорофилла *a* к *b* и суммы хлорофиллов к каротиноидам не соответствовали физиологической норме и превышали этот показатель. В целом, *Tilia cordata* можно рекомендовать для озеленения города Мурманск при соблюдении правильных агротехнических приемов.

**Ключевые слова:** *Tilia cordata* Mill., функциональное состояние, фотосинтетический комплекс, урбоэкосистема, Кольский Север.

### ВВЕДЕНИЕ

Оптимизация урбанизированной среды при существующем уровне загрязнения городов возможна при успешном использовании зеленых насаждений [1,2]. Большая роль в озеленении северных городов принадлежит декоративным дендроинтродуцентам. Огромный интерес для изучения представляет *Tilia cordata* Mill. В природе она распространена до 63° с.ш. по Европейскому континенту до юга Карелии, за исключением районов Крайнего Севера. В Полярно-альпийском ботаническом саду (г. Кировск Мурманской области) её испытания начаты с 1934 года [3]. В условиях региона в большинстве случаев, она приобретает кустовидную форму, в 2008 году включена в ограниченный ассортимент для озеленения населенных мест Крайнего Севера [4].

Салтан Наталья Владимировна, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории интродукции и акклиматизации растений ПАБСИ КНЦ РАН. E-mail: saltan.natalya@mail.ru

Святковская Екатерина Александровна, научный сотрудник лаборатории интродукции и акклиматизации растений ПАБСИ КНЦ РАН. E-mail: sviatkovskaya@mail.ru  
Тростенюк Надежда Николаевна, научный сотрудник лаборатории интродукции и акклиматизации растений. E-mail: tnn\_aprec@mail.ru

Мурманск – областной центр с развитой промышленностью (судоремонт, металлообработка, геологическая разведка недр и др.) и городским транспортом. В экономике города не маловажную роль играет Октябрьская железная дорога. Несмотря на развитие автомобильного и морского транспорта большая часть грузов перевозится именно железнодорожным транспортом. Данный вид по сравнению с другим транспортом не является самым активным источником загрязнения природной среды, но в совокупности с объектами-загрязнителями других отраслей промышленности создает для нее серьезную угрозу [5]. При обследовании зеленых насаждений г. Мурманск *Tilia cordata* обнаружена на привокзальной территории, также её посадки встречаются на улице Карла Маркса.

В урбоэкосистемах большинство растений адаптируется к неблагоприятным экологическим условиям. В качестве диагностических параметров физиологического состояния древесных растений в городе выступает активность фотосинтетического аппарата [6-8]. Функциональное состояние *Tilia cordata* в условиях урбано-среды Кольского Севера ранее не изучалось, поэтому этот вопрос весьма актуален.

**Целью нашей работы** стало изучение состояния и фотосинтетической активности листьев *Tilia cordata* на территории железнодорожного вокзала Мурманска.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В июле - августе 2018 г. на привокзальной территории города было оценено состояние *Tilia cordata*, определяемое визуально по сумме основных биоморфологических признаков по методике В.С. Николаевского, Х.Г. Якубова [9]. В конце вегетационного периода (конец августа) отобраны пробы срединных листьев растения. В спиртовых экстрактах (96% этанол) свежих образцов было определено содержание фотосинтетических пигментов: хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов спектрофотометрическим методом (спектрофотометр ПЭ-5400 ВИ, Россия) при длинах волн  $\lambda = 665, 649$  и  $470$  соответственно, расчеты сделаны по формулам для сырого веса [10]. Выполнено агрохимическое обследование почв и оценена степень загрязнения их тяжелыми металлами (Fe, Ni, Cu, Cd, Pb). Глубина слоя опробования составила 0-10 см, который достаточно информативен [11]. Содержание металлов в почве определялось методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии после полного разложения навески смесью кислот.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Мурманск – город за Северным полярным кругом, находится в атлантико-арктической зоне умеренного климата. Климат города определяется близостью Баренцева моря, влияние которого усиливает тёплое Северо-Атлантическое течение. Среднегодовая температура воздуха (2009-2018 гг.) составляет  $1,6^{\circ}\text{C}$  [12]. Годовое количество осадков примерно 500 мм в год, большая часть которых выпадает преимущественно с июня по сентябрь. Ветер в Мурманске имеет муссонный характер, зимой преобладают южные ветра с материка, несущие сухую морозную погоду в город, а летом — северные ветра с Баренцева моря, приносящие в Мурманск повышенную влажность воздуха и довольно прохладную летнюю погоду. Смена ветров происходит примерно в июне и сентябре. Средняя температура июля  $+12...+13^{\circ}\text{C}$ . Снег лежит в городе в среднем 210 дней и полностью сходит к маю (в окрестностях города снег к июню). Полярная ночь на широте Мурманска длится со 2 декабря по 11 января, полярный день – с 22 мая по 22 июля.

Одной из экологических проблем города является деятельность Мурманского морского торгового порта, осуществляющую перевал-

ку угля открытым способом и расположенного менее 1 км от железнодорожного вокзала. При определенных силе и направлении ветров часть угольной пыли распространяется на город. Негативное воздействие на окружающую среду также оказывает перевозка угольной продукции железнодорожным транспортом.

*Tilia cordata* достаточно распространена в озеленении городов средней полосы, но крайне редко встречается в городах Мурманской области. Из-за ежегодного подмерзания верхушечных и боковых побегов в большинстве случаев принимает кустовидную форму. При соответствующих погодных условиях центральный ствол сохраняется, и в более взрослом состоянии зимостойкость дерева увеличивается. Предпочитает плодородные, дренированные и достаточно увлажненные почвы. Лучше сохраняется в окружении других деревьев, в менее ветреных местах. Цветение *Tilia cordata* происходит в сентябре и только в благоприятные для этого годы. Последнее цветение было отмечено в 2017 году. Более теплые климатические условия Мурманска способствуют тому, что *Tilia cordata* встречается на некоторых объектах в виде деревьев, тогда как в дендрарии ПАБСИ (г. Апатиты) она принимает только кустовидную форму.

При обследовании зеленых насаждений на территории железнодорожного вокзала в Мурманске выявлено, что *Tilia cordata* представлена как средневозрастными, так и старовозрастными экземплярами, соотношение которых примерно одинаково (47 и 53% соответственно). Молодых посадок не отмечено. Выделено две жизненные формы растений, деревья высотой от 6 до 8 м и экземпляры, имеющие кустовидную форму высотой 3 - 4 м. Диаметр ствола у растений первой категории 15 - 24 см, у второй - 3-12 см. Посадочный материал на данный объект был привезен из питомников средней полосы.

Анализ результатов обследования *Tilia cordata* по состоянию показал, что доля растений, не имеющих признаков ослабления, очень низкая и составляет всего 5%. Наиболее высокий процент имеет категория сильноослабленные (рис.1). Характерными признаками ослабленности растений являются изреженность кроны и наличие сухих ветвей, уменьшенная поверхность листовых пластинок. Достаточно высок процент усыхающих экземпляров (16%) и сухостоя (11%). При обследовании обнаружено, что листовые пластинки *Tilia cordata* сильно повреждены вредителями, некротические повреждения отсутствовали. Естественного возобновления не обнаружено, поскольку семена не успевают образоваться.

Проведенный агрохимический анализ показал, что почвы на привокзальной территории

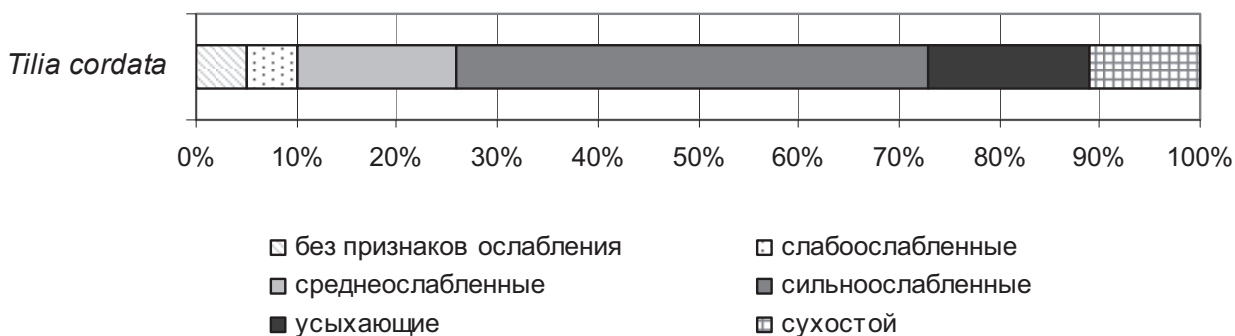


Рис. 1. Состояние *Tilia cordata* на привокзальной территории г. Мурманска

города по кислотности близки к нейтральной среде ( $pH_{KCl}$  - 6,61-6,70), для них характерны низкие содержания нитратных и аммонийных форм азота ( $NO_3^-$  - 0,51-0,60;  $NH_4^+$  - 0,62 -0,70 мг/100г а.с.н.), очень высокие содержания подвижного фосфора (140,0-152,7 мг/100 г а.с.н.) и калия (23,0-40,0 мг/100 г а.с.н.). По содержанию тяжелых металлов в почве (Ni - 41,43 мг/кг, Cu <20 мг/кг, Cd - 0,18 мг/кг, Pb - 11,52 мг/кг, Fe - 25,74 мг/кг) превышение ОДК [13] выявлено только для никеля (в 2 раза).

Для продуктивного функционирования фотосинтетического аппарата необходимо поддержание пропорции между количествами различных пигментов. Это связано с их неодинаковой ролью в метаболических процессах. Анализ содержания фотосинтетических пигментов в листьях *Tilia cordata* на изучаемом

объекте продемонстрировал, что более всего в пигментном комплексе представлен хлорофилл *a*, в меньшей степени – каротиноиды (рис. 2). В состав светособирающих комплексов входят все три определявшиеся группы веществ – хлорофиллы *a*, *b*, каротиноиды. Однако, только хлорофилл *a* может выступать в качестве активного центра фотосистем, что определяет его более высокое содержание по сравнению с хлорофиллом *b*.

При нормальном функционировании соотношение между количествами хлорофиллов *a* и *b*, а также между содержанием хлорофиллов и суммой каротиноидов варьирует в диапазоне 2-3 [14]. В нашем исследовании соотношение хлорофиллов *a/b* в листьях *Tilia cordata* в среднем составило 3,61, а соотношение суммы хлорофиллов к каротиноидам

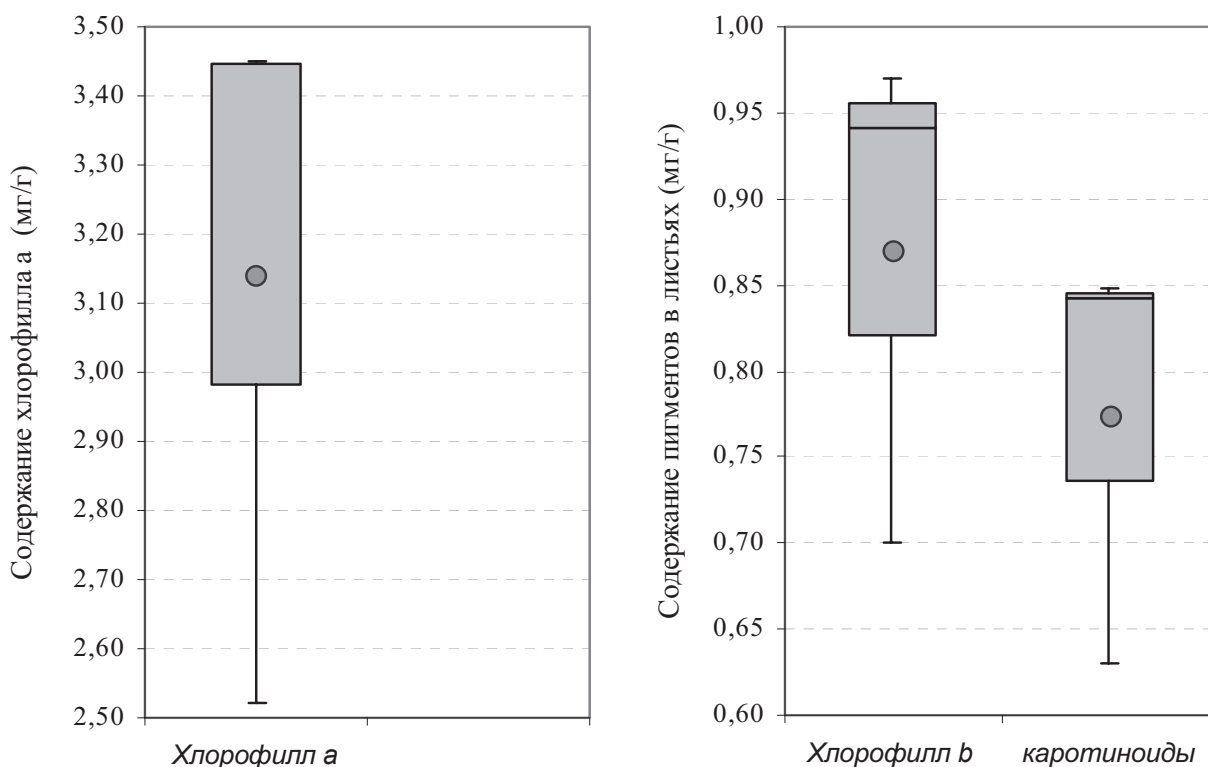


Рис. 2. Содержание пигментов в листьях *Tilia cordata* (мг/г сырого веса)

5,18. Таким образом, выявлено, что оба показателя не соответствуют условной физиологической норме, при этом второй отклоняется в большей степени. Это может быть связано либо с увеличением содержания хлорофилла *a*, либо со снижением количества каротиноидов. Вероятные потери каротиноидов могли произойти вследствие их разрушения при процессах фотоокисления, поскольку роль каротиноидов не исчерпывается дополнительным поглощением света для фотосинтеза, они также являются частью антиоксидантной системы растений [15].

Условия роста для *Tilia cordata* на привокзальной территории города способствовали ее успешному сохранению, несмотря на неблагоприятную почвенную среду и экологическую обстановку в целом. В настоящий момент практически все экземпляры находятся преимущественно в сильноослабленном состоянии, обусловленным, в первую очередь, возрастом самих растений. Можно констатировать, что в условиях Мурманска целесообразно использование *Tilia cordata* как высоко декоративного и устойчивого вида.

### ВЫВОДЫ

Впервые проведенное изучение некоторых эколого-биологических особенностей *Tilia cordata* в условиях урбанизированной среды г. Мурманска при дополнительном негативном влиянии железнодорожного транспорта показало, что:

- на Крайнем Севере возможно существование двух жизненных форм данного вида: древесной и кустовидной;

- по состоянию *Tilia cordata* преобладают сильноослабленные экземпляры, высок процент усыхающих растений и сухостоя, процент здоровых растений очень низок и составляет всего 5%;

- в фотосинтетическом пигментном комплексе доминирует хлорофилл *a*, его содержание оценивается от 2,52 до 3,45 мг/г, хлорофилла *b* от 0,7 до 0,97 мг/г, количество каротиноидов наименьшее и варьирует от 0,63 до 0,85 мг/г. Два типа соотношения хлорофилла *a* к *b* и суммы хлорофиллов к каротиноидам не соответствовали физиологической норме и превышали этот показатель.

- почвенные условия роста для *Tilia cordata* не являются благоприятными, вследствие низких содержаний азотистых соединений ( $\text{NO}_3^-$  – 0,51-0,60;  $\text{NH}_4^+$  – 0,62 -0,70 мг/100г а.с.н.) и загрязнения почвы никелем (превышение ориентировочно-допустимых концентраций Ni в 2 раза), содержание других тяжелых металлов (Cu, Cd, Pb) в пределах допустимого.

В целом, *Tilia cordata* адаптировалась к климатическим условиям и уровню загрязнения окружающей среды г. Мурманск.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулагин Ю.З. Древесные растения и промышленная среда. М.: Наука, 1974. 156 с.
2. Неверова О.А., Колмогорова Е.Ю. Древесные растения и урбанизированная среда: экологические и биотехнологические аспекты. Новосибирск: Наука, 2003. 222 с.
3. Древесные растения Полярно-альпийского ботанического сада / Л.А. Казаков, Н.П. Даясова, А.Ф. Зайцева, Л.М. Лицкевич, А.А. Юшенкова. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра, 1993. 185 с.
4. Гонтарь О.Б., Жиров В.К., Казаков Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. Зеленое строительство в городах Мурманской области - Апатиты: изд. Кольского научного центра РАН, 2010. 224 с.
5. Павлова Е.И. Экология транспорта: учеб. для вузов. М.: Транспорт, 2000. 248 с.
6. Бухарина И.Л., Журавлева А.Н., Большова О.Г. Городские насаждения: экологический аспект. Монография - Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2012. 206с.
7. Saibo N.J.M., Lourenzo T., Oliveira M.M. Transcription factors and regulation of photosynthetic and related metabolism under environmental stresses // Annals of botany. 2009. V. 103. No. 4. С. 609–623.
8. Ashraf M., Harris P.J.C. Photosynthesis under stressful environments: An overview // Photosynthetica. 2013. V. 51. No. 2. P. 163–190.
9. Николаевский В.С., Якубов Х.Г. Экологический мониторинг зеленых насаждений в крупном городе. М.: Наука, 2008. 67с.
10. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents // Biochemical society transactions. 1983. V. 11. No. 5. P. 591–592.
11. Жук Е.А. Особенности распределения тяжелых металлов в верхнем горизонте городских почв // Мінералогічний Журнал. 2004. Вип. 26, №2. С. 61-66.
12. [https://tp5.ru/Архив\\_погоды\\_в\\_Мурманске](https://tp5.ru/Архив_погоды_в_Мурманске) (дата обращения 15.02.2019).
13. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. Почва, город, экология / Под общей ред. Г. В. Добровольского. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
14. Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения. Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. 370 с.
15. Лебедев С.И. Физиология растений. М.: Агропромиздат, 1988. 544 с.

**ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF *TILIA CORDATA* MILL.  
IN THE URBAN ENVIRONMENT OF THE KOLA NORTH  
(ON THE EXAMPLE OF MURMANSK)**

© 2019 N.V. Saltan, E.A. Sviatkovskaya, N.N. Trostenyuk

Polar Alpine Botanical Garden and Institute, Kirovsk, Murmansk Region

The results of the first study of some ecological and biological features of the dendrointroducent *Tilia cordata* in the urban environment of the Murmansk region, in particular, the city of Murmansk are given in the article. The state of this plant species and the activity of its photosynthetic apparatus were studied in the course of the study. The environmental situation of Murmansk is made up of the activities of industrial enterprises, motor vehicles and the October Railway. In landscaping the northern cities of the Kola Arctic, *Tilia cordata* is extremely rare. In Murmansk, it was found at several sites, including the territory of the railway station. The results of the study showed that in the Far North it is possible to have two life forms of this species: woody and bushy. The state of *Tilia cordata* is estimated as strongly weakened, high percentage of drying plants and dead wood, the percentage of healthy plants is very low and is only 5%. Flowering *Tilia cordata* is celebrated in September and only in favorable years. In the age structure in equal proportions allocated old and middle-aged specimens. Soil growth conditions are not favorable for *Tilia cordata* due to the low levels of nitrogenous compounds and the pollution of the soil by Ni. It has been shown that chlorophyll *a* dominates in the photosynthetic pigment complex of leaves, the amount of carotenoids is the smallest. Two types of the ratio of chlorophyll *a* to *b* and the sum of chlorophylls to carotenoids did not correspond to the physiological norm and exceeded this parameter. In general, *Tilia cordata* can be recommended for landscaping the city of Murmansk, subject to proper agricultural practices.

*Keywords:* *Tilia cordata* Mill., functional state, photosynthetic complex, urban ecosystem, Kola North.

---

*Saltan Natalya, Candidate of Biological Sciences, Researcher at the Laboratory for Plant Introduction and Acclimatization, PABSI KSC RAS. E-mail: saltan.natalya@mail.ru*

*Ekaterina Svyatkovskaya, Researcher, Laboratory for Plant Introduction and Acclimatization, PABSI KSC RAS.*

*E-mail: sviatkovskaya@mail.ru*

*Nadezhda Trostenyuk, Researcher at the Laboratory of Plant Introduction and Acclimatization. E-mail: tnn\_aprec@mail.ru*