

Литература

1. Аненхонов О.А. О Состоянии лесных компонентов лесостепи Забайкалья в связи с динамикой климата // Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия: мат-лы междунар. симп. (24 окт. 2008 г., Чита). – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. – С. 149–153.
2. Вахнина И.Л. Анализ динамики ширины годичных колец сосны обыкновенной в условиях Восточного Забайкалья // Изв. Иркут. гос. ун-та. Сер. Биология. Экология. – 2011. – № 3. – С. 13–17.
3. Растительность Даурии и великие переселения народов / А.В. Галанин [и др.] // Вестник СВНЦ. – Магадан, 2008. – № 34. – С. 14–34.
4. Обязов В.А. Региональные изменения климата: выработка стратегий адаптации // Изменение климата Центральной Азии: социально-экономические и экологические последствия: мат-лы междунар. симп. – Чита: Изд-во ЗабГГПУ, 2008. – С. 182–185.
5. Сочава В.Б. Онон-Аргунская степь как объект стационарных физико-географических исследований // Алкучанский Говин. – Л.: Наука, 1964. – С. 3–22.



УДК 581.522.4

Р.А. Сейдафаров

ЛИПА МЕЛКОЛИСТНАЯ (*TILIA CORDATA* MILL.) В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ ПОСЕЛКА ПРИУТОВО

Изучены эколого-биологические особенности липы мелколистной в условиях смешанного типа загрязнения пос. Приютово Республики Башкортостан. Установлены общие и видоспецифические реакции ассимиляционного аппарата и корневых систем в ответ на загрязнение. Охарактеризованы аккумулярующие способности листьев и корней. Показано, что адаптивный потенциал липы мелколистной реализуется на различных структурно-функциональных уровнях организации.

Ключевые слова: *относительное жизненное состояние, морфологические параметры, водный режим, масса корней, длина корней, аккумуляция, адаптационная реакция.*

R.A. Seydafarirov

TILLET (*TILIA CORDATA* MILL.) IN THE PRIYUTOVO SETTLEMENT ANTHROPOGENIC CONDITIONS

*The ecological and biological characteristics of tillet (*Tilia cordata* Mill.) in the mixed pollution conditions of Priyutovo settlement in Bashkortostan Republic are studied. General and sort-specific reactions of assimilation apparatus and root systems in response to pollution are determined. The accumulating abilities of leaves and roots are characterized. It is shown that the adaptive potential of tillet (*Tilia cordata* Mill.) is being implemented on various structural and functional organization levels.*

Key words: *relative living condition, morphological parameters, water mode, root mass, root length, accumulation, adaptive response.*

Введение. В настоящее время большинство дендрозкологических исследований посвящены изучению роста и развития древесных растений в условиях крупных промышленных центров федерального значения. Между тем подобные исследования также крайне важны для небольших промышленных узлов республиканского значения.

Поселок Приютово расположен в Белебеевском районе Республики Башкортостан. На его территории действует «Газоперерабатывающее производство ОАО АНК «Башнефть» филиала «Башнефть-Ишимбай», ежегодно выбрасывающее более 100 тыс. т загрязняющих веществ ежегодно. Оновными загрязняющими веществами являются: бензапирен, ксилол, толуол, метан, кадмий, свинец, цинк. В связи с этим актуален вопрос о создании санитарно-защитных насаждений в непосредственной близости от источников загрязнения [1].

Цель исследования. Изучить адаптационные реакции липы мелколистной в условиях промышленного загрязнения пос. Приютово.

Материал и методы. Объектами исследования послужили насаждения липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), произрастающие в условиях смешанного типа загрязнения поселка. Район исследования, согласно литературным данным [1] и материалам собственных исследований [2], поделен на две зоны: зона загрязнения – в непосредственной близости от источников промышленного загрязнения – и зона контроля – в 30 км от источников загрязнения против направления господствующих ветров. Заложено 2 пробные площади (ПП): в зоне загрязнения и контроля (рис. 1). Закладка пробных площадей проводилась согласно стандартным и имеющим длительное практическое применение методикам [3, 4].

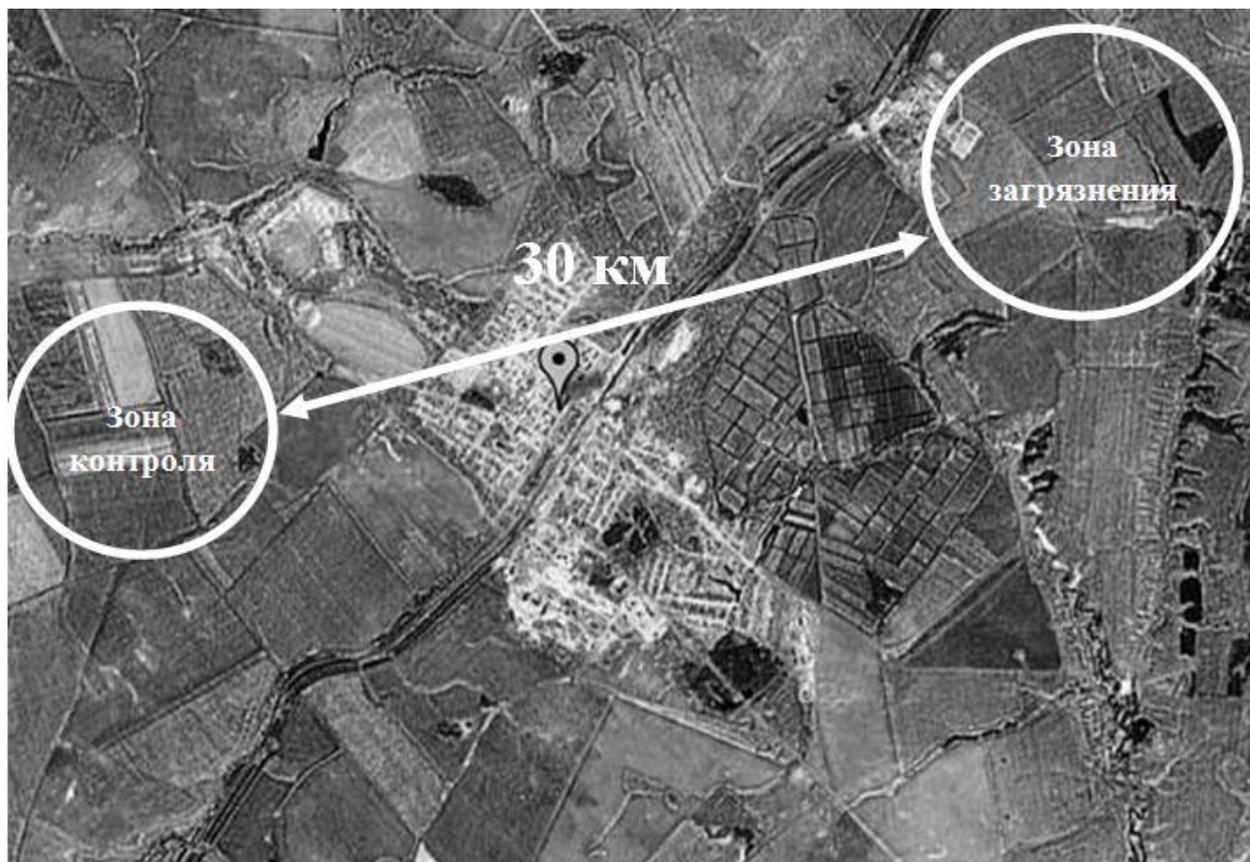


Рис. 1. Разделение района исследования на зоны загрязнения

Вначале были определены первичные таксационные параметры: высота дерева, диаметр ствола на высоте 1,3 м [5]. На основании этих данных выбраны десять модельных деревьев в каждой ПП, у которых определялся возраст при помощи дендрохронологических методов исследования [6]. Оценку жизненного состояния проводили, используя методику В. А. Алексева [7].

Листья для морфологического исследования собирали в течение вегетационного периода (июнь–август). Образцы (60 листьев) брались с южной части кроны опушечных деревьев на высоте до 2 м. Собранные листья гербаризировались.

Исследования проводились на гербарном материале. Из каждой партии листьев рандомизированно [8] выбирались 30 листьев, у которых измерялись следующие параметры: площадь листа (см^2), длина жилок ($\text{мм}/\text{мм}^2$) и устьичный индекс ($\text{шт}/\text{см}^2$). Площадь листьев определяли методом «палетки». Длину жилок и устьичный индекс определяли на гербаризированных образцах листьев при стократном увеличении на световом USB-микроскопе Digimicro (China). Суммарная длина жилок и количество устьиц на единице площади поверхности листа определялась в трех условно выделенных плоскостях: апикальной, срединной и базальной с последующим усреднением.

Изучение водного режима проводилось в полевых условиях в течение вегетационного периода (май–август) в последнюю декаду каждого месяца. Определялись относительное содержание воды (ОСВ), дефицит водного насыщения (ДВН) и интенсивность транспирации (ИТ). Для определения параметров водного режима использовалась методика быстрого взвешивания [2, 9].

Для изучения корневых систем методом монолита закладывались почвенные траншеи [10, 11] перпендикулярно направлению роста горизонтальных корней на расстоянии 70 см от ствола, без учета сторон горизонта. Все почвенные разрезы имели одинаковые размеры 1,0 × 1,0 м. Траншеи закладывались до глубины 1 м. Корненасыщенность почвы определялась на единицу объема горизонтальной поверхности ($г/10^{-1} м^3$ и $см/10^{-1} м^3$).

Статистическую обработку данных проводили стандартными методами с использованием программы Excel 2007.

Результаты исследования. Исследованные древостои имеют возраст 27–45 лет. Показано, что изменение степени загрязнения слабо влияет на таксационные показатели древостоев (табл.). Древостои относятся, согласно общепринятой лесоведческой классификации [3], в основном к приспевающему возрасту.

Краткая таксационная характеристика пробных площадей в древостоях тополя бальзамического поселка Приютово

Зона	№ ПП	Возраст, лет	Средний диаметр, см*	Средняя высота, м	Объем ствола, м ³	Прирост ствола по объему, м ³ /год
Загрязнения	1	<u>38</u> 24-41	<u>16,1</u> 10,0-31,5	<u>14,4</u> 8,0-17,0	0,26±0,04	0,08±0,005
Контроля	5	<u>35</u> 29-40	<u>16,8</u> 12,4-28,5	<u>14,9</u> 10,4-19,3	0,23±0,03	0,09±0,005

* в числителе – средние значения показателей, в знаменателе – пределы колебаний показателей.

Древостои липы мелколистной в условиях загрязнения оценивались как «ослабленные» ($L_N = 72,3 \%$, где L_N – индекс ОЖС относительного жизненного состояния). В зоне контроля все древостои оцениваются как «здоровые» (L_N более 80 %).

У липы мелколистной наблюдалось уменьшение площади листовой пластинки при усилении загрязнения с 39,1 до 29,8 см². По нашему мнению, это может быть связано с подавлением токсикантами активности меристематических клеток.

При усилении загрязнения наблюдалось увеличение устьичного индекса – со 163 до 412 шт/см². Данная особенность, очевидно, связана с тем, что при повышенном уровне загрязнения происходит нарушение газообмена листьев с окружающей средой. Большое же количество устьиц может служить средством улучшения регулирования интенсивности газообмена в условиях техногенеза. Таким образом, у липы проявлялась «классическая» реакция устьичного индекса в виде усиления ксероморфности при атмосферном загрязнении. При оценке изменения этого индекса в течение вегетационного периода выявлено, что в обеих зонах загрязнения наблюдалось значительное увеличение параметра, что указывает на усиление ксероморфности в течение вегетации.

Проводящая система листьев характеризуется чувствительностью по отношению к увеличению степени промышленного загрязнения (уменьшение в среднем с 5 до 15 мм/мм²). Это может быть связано с ингибированием промышленными токсикантами, попадающими в лист, делением клеток камбия, ответственных за формирование проводящей системы листа. В то же время уменьшение данного параметра по мере приближения к источникам загрязнения, возможно, является защитным адаптационным механизмом к условиям техногенеза: при уменьшении количества жилок и их длины снижается отток токсических веществ из периферии листовой пластинки к центральной жилке и, соответственно, в другие органы растительного организма. Установлены общие особенности изменения длины жилок с изменением уровня загрязнения: в зоне загрязнения максимум длины жилок характерен для середины вегетационного периода, в то время как в зоне слабого загрязнения в это же время установлены минимальные значения анализируемого параметра.

Листья липы характеризуются высоким относительным содержанием воды (ОСВ). Данный параметр варьировал от 83,5 до 96,5 % вне зависимости от изменения уровня загрязнения. Высокие показатели относительного содержания воды могут свидетельствовать о способности клеток эффективно удерживать влагу, препятствуя возникновению водного стресса. Данную особенность можно рассматривать в качестве адапционного механизма ассимиляционного аппарата к условиям техногенной среды. Высокое содержание воды является основой для эффективного протекания активных метаболических процессов. Поэтому липа мелколистная не испытывает дефицита водного насыщения. Отсутствие водного дефицита создает благоприятные предпосылки для процессов фотосинтеза, дыхания, ферментативной активности растения и соотношения минеральных веществ. Колебания данного параметра при изменении степени промышленного загрязнения и в суточной динамике не превышали 7 %. Таким образом, в процессе адаптации к техногенным лесорастительным условиям водообмен ассимиляционного аппарата липы стабилизировался и поддерживался на достаточном уровне.

Отмечено усиление транспирации при увеличении загрязнения в среднем с 210,5 до 403,6 мг/г сырого веса в час. Рост транспирации в условиях загрязнения связан, по-видимому, с необходимостью хотя бы частичного уменьшения аккумуляции некоторых токсичных соединений в листьях, подверженных максимально отрицательному влиянию загрязнителей. Свидетельством последнего является наибольшая площадь хлорозов и некрозов в данных условиях.

Установлена способность липы накапливать некоторые металлы в листьях в течение вегетации в условиях загрязнения: Cu – 44,3–58,3; Mn – 834–1145,7; Pb – 4,3–7,1; Ni – 56,2–103,8; Zn – 0,02–0,17; Cr – 2,3–45,4; Co – 1,3–2,5 и Cd – 0,56–1,38 мг/кг. Липа мелколистная наиболее активно аккумулирует свинец и кадмий. В зоне контроля содержание указанных металлов в листьях меньше в 3–10 раз.

В почве в зоне загрязнения содержались следующие металлы (глубина 0–30 см): Cu – 22,0–33,7 мг/кг; Mn – 1178–1 202,4; Ni – 117,0–152,8; Cr – 2,3–45,4; Co – 22,3–28,7 и Cd – 0,32–0,34 мг/кг. В зоне контроля концентрации элементов были меньше таковых в зоне загрязнения в среднем в 7–10 раз.

Липа характеризуется увеличением корненаасыщенности почвы при увеличении загрязнения как в отношении массы (в среднем с 3256,3 до 9127,5 г/10⁻¹ м³), так и длины корней (с 404579,0 до 975994,4 см/10⁻¹ м³). Увеличение корненаасыщенности может являться защитной адапционной реакцией, направленной на компенсацию повреждений надземных вегетативных органов и накопление токсикантов в скелетных корнях.

На основе многочисленных количественных данных была составлена гипотетическая схема реализации адаптивного потенциала липы мелколистной в условиях техногенного загрязнения поселка Приютово (рис. 2).



Рис. 2. Схема адапционных реакций липы мелколистной в условиях техногенного загрязнения поселка Приютово

Основными адаптационными реакциями липы являются увеличение устьичного индекса и увеличение корненасыщенности почвы. Факторами, способствующими росту устьичного индекса, являются накопление токсикантов в листьях и уменьшение длины жилок (что, в свою очередь, уменьшает отток экссудатов из листовой пластинки). Увеличение количества устьиц является важнейшим фактором стабилизации газообмена, который неизбежно страдает в условиях загрязнения. Аккумуляция токсикантов корнями способствует увеличению массы и длины корней. Рост корненасыщенности почвы является фактором, способствующим компенсации повреждений надземных вегетативных органов.

Выводы

1. Составлена эколого-биологическая характеристика липы мелколистной в условиях поселка Приютово. Относительное жизненное состояние липы мелколистной оценивается как «ослабленное».
2. У липы мелколистной при увеличении степени промышленного загрязнения происходит усиление ксероморфности листовой пластинки: уменьшается площадь листа, увеличивается устьичный индекс. В то же время наблюдается уменьшение длины жилок на единице площади поверхности листовой пластинки.
3. Водный режим липы мелколистной характеризуется устойчивостью к усилению загрязнения, что проявляется в стабильно высоких значениях относительного содержания воды и отсутствии дефицита водного насыщения листьев в течение вегетационного периода. Наиболее чувствительным параметром водного режима ассимиляционного аппарата является интенсивность транспирации, что проявляется в увеличении транспирации при усилении загрязнения.
4. Получены количественные данные, характеризующие степень развития и особенности формирования корневых систем. При усилении нефтехимического загрязнения увеличивается корненасыщенность почвы. В условиях максимального уровня загрязнения возрастает доля скелетных корней на фоне уменьшения относительного содержания полускелетных.
5. Липа мелколистная характеризуется хорошей способностью к аккумуляции металлов, наиболее хорошо аккумулирует такие металлы, как свинец и кадмий.
6. Показано, что адаптационный потенциал данного вида реализуется на различных структурно-функциональных уровнях организации.
7. Липа мелколистная может быть рекомендована в качестве средостабилизирующего вида для создания санитарно-защитных насаждений в поселке Приютово.

Литература

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2009 году. – Уфа: АДИ-Пресс, 2009. – 301 с.
2. Сейдафаров Р.А., Сафиуллин Р.Р. Влияние газохимического загрязнения на древесные растения // Приволжский науч. вестн. – 2012. – № 5 (9). – С. 8–13.
3. Методы изучения лесных сообществ / Е.Н. Андреева [и др.]. – СПб.: Изд-во НИИХимии СПбГУ, 2002. – 240 с.
4. Сукачев В.Н. Программа и методика биогеоценологических исследований. – М.: Наука, 1966. – 333 с.
5. Ушаков А.И. Лесная таксация и лесоустройство: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУЛ, 1997. – С. 54–55.
6. Ваганов Е.А., Шашкин А.В. Роль и структура годичных колец хвойных. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 232 с.
7. Алексеев В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. – Л.: Наука, 1990. – С. 38–54.
8. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений. – М.: Колос, 1974. – 527 с.
9. Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л. О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Ботан. журн. – 1950. – Т. 35. – № 2. – С. 171–185.
10. Рахтеенко И.Н. Корневые системы древесных и кустарничковых пород. – М.: Гослесбумиздат, 1952. – 106 с.
11. Ярмишко В.Т. Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на Европейском Севере. – СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 1997. – 210 с.