

Р. А. Сейдафаров

ДИНАМИКА ВОДНОГО РЕЖИМА ЛИСТЬЕВ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Введение

Ни один из экологических факторов не определяет в такой мере возможности существования и распространения растений, как вода [1, 2]. Вода в клетке выступает не только как растворитель и среда для компонентов протоплазмы, но и как строительный материал, необходимый для построения органических соединений в процессе обмена веществ [3–5]. Поэтому обмен водой между растениями и окружающей средой — одно из главных условий существования растительного организма [6].

Промышленное загрязнение относится к числу важнейших факторов, оказывающих влияние на содержание воды в листьях и интенсивность транспирации [7]. Показано, что содержание воды в листьях в условиях загрязнения у ряда видов растений (вяз шершавый, акация белая) выше, чем в зоне контроля [8, 9]. Имеются также данные о существенном уменьшении данного параметра в техногенных условиях [10, 11]. Виды демонстрируют неоднозначную реакцию на стрессовое воздействие токсических газов неорганической природы, в одном случае резко усиливая, а в другом — резко ослабляя транспирационную потерю воды листьями. Причем последствия стресса могут проявляться и при формировании новых листьев, не имевших прямого контакта с газом [6, 12].

Липа мелколистная относится к числу видов, водный режим которых в условиях загрязнения окружающей среды изучен слабо. В то же время на территории Республики Башкортостан произрастает более трети всех липняков России. Ранее были получены данные об особенностях водного режима листьев липы мелколистной преспевающего возраста (31–40 лет) в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра [13].

Однако не выясненным остался вопрос о возрастной динамике водного режима.

Целью работы было изучение влияния техногенного загрязнения Уфимского промышленного центра на водный режим липы мелколистной.

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) изучить влияние техногенного загрязнения на относительное содержание воды в листьях липы мелколистной;
- 2) изучить изменение интенсивности транспирации листьев липы мелколистной в зависимости от уровня техногенной нагрузки.

Районом исследования послужил Уфимский промышленный центр (УПЦ), являющийся одним из крупнейших индустриальных центров Предуралья.

Уровень загрязнения города выше среднего, индекс загрязнения (ИЗА) равен 11,2. Наиболее загрязненной является северная часть города — в этой части сосредоточены

Сейдафаров Рустэм Адыевич — канд. биол. наук, МАОУ СОШ № 7 р. п. Приютово Белебеевского района Республики Башкортостан; e-mail: sedafarov@yahoo.com

© Р. А. Сейдафаров, 2013

3 нефтеперерабатывающих завода: ОАО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод», ОАО «Ново-Уфимский нефтеперерабатывающий завод» и ОАО «Уфанефтехим», 4 ТЭЦ, завод синтетического спирта ОАО «Уфаоргсинтез», ОАО «Химпром» и другие крупные предприятия. Уфимский промышленный центр имеет протяженность с севера на юг около 60 км. Количество предприятий, совершающих выбросы вредных веществ в атмосферу, составляет 90, из них 29 входят в приоритетный список. Лидирующую роль в загрязнении воздушного бассейна Уфимского промышленного центра занимают объекты нефтехимического производства [14].

В структуре промышленных выбросов в атмосфере г. Уфы лидирующее место принадлежит диоксиду серы (194,4 тыс. т), ароматическим углеводородам и другим летучим органическим соединениям (174,7 тыс. т) и оксиду углерода (91 тыс. т) [14].

Методика исследования

В течение 2009–2011 гг. были проведены исследования вегетационной и возрастной динамики водного режима листьев липы мелколистной в условиях преобладающего нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра.

Район исследования, руководствуясь литературными источниками [14] и материалами собственных исследований [15], был разделен на две зоны — загрязнения и контроля (рис. 1).

В каждой зоне была заложена сеть постоянных и временных пробных площадей (всего заложено 12 постоянных пробных площадей — для возрастных категорий деревьев старше 30 лет, и 12 временных — для древостоев, чья возрастная категория менее 30 лет). Причем пробные площади закладывались еще и с учетом геоморфологических особенностей — на водораздельном плато и в пойме.

В качестве объектов исследования были выбраны древостои липы мелколистной всех классов возраста: молодняк (0–10 лет), жердняк (11–20 лет), средневозрастной (21–30 лет), приспевающий (31–40 лет), спелый (41–50 лет) и перестойный (старше 50 лет) [16]. Возраст деревьев устанавливался стандартными дендрохронологическими методами исследования [17]. Исследования проводились на модельных деревьях, определенных по стандартным таксационным методикам [18]. В каждой пробной площади было обследовано 8–10 модельных деревьев.

Изучение водного режима проводилось в полевых условиях в течение вегетационного периода (май—август). Измерение параметров водного режима осуществлялось в последнюю декаду каждого месяца. Определялись относительное содержание воды (ОСВ, доля воды в общей массе листа) и интенсивность транспирации (ИТ, масса воды, испаряемой листом в течение часа). Измерения проводились: утром — с 8⁰⁰ до 10⁰⁰, в полдень — с 12⁰⁰ до 14⁰⁰ и вечером — с 16⁰⁰ до 18⁰⁰. Повторность — 20 листьев из нижней части кроны с нескольких экземпляров растений. ИТ воды определялась методом быстрого взвешивания на торсионных весах (Techniprot Pruszkov), электронных весах Zakłady mechaniki precyzyjnej (Польша) и ML-A05 (КНР) с последующим экспонированием на рассеянном свете в течение 3 мин и повторным взвешиванием. Расчет ИТ — в миллиграммах воды на 1 г сырых листьев за 1 ч (мг/г в час). Определение ОСВ листьев проводилось методом быстрого взвешивания с последующим экспонированием на рассеянном свете в эксикаторе с погруженными в воду черешками в течение 3 ч и повторным взвешиванием. Кроме того, для расчета ОСВ определялся вес абсолютно



Рис. 1. Карта района исследования

сухих листьев. Расчет ОСВ производили в процентах (%) по следующей формуле:

$$ОСВ = \frac{M_1 - M_3}{|M_2 - M_3|} 100\%,$$

где M_1 — начальная масса листа, M_2 — масса листа после повторного взвешивания (после пребывания в течение 3 ч в эксикаторе), M_3 — масса абсолютно сухих листьев [16].

Результаты исследования обрабатывались общепринятыми методами вариационной статистики с применением программ Excel и Statistics for Windows.

Результаты исследования и их обсуждение

Листья липы мелколистной характеризуются высокими значениями относительного содержания воды: минимальные значения данного параметра составляют 75,6%. В среднем в условиях загрязнения оводненность листьев составляет 88,0% на водораздельном плато и 85,7% в пойме. В контрольных условиях листья содержат в среднем 89,0% воды по массе в условиях плато и 88,6% в пойме. Очевидно, внешние факторы не оказывают практически никакого влияния на данный параметр. В то же время в условиях загрязнения наблюдается некоторое уменьшение степени оводненности листьев по мере старения деревьев: на водораздельном плато с 93,1 до 81,6%, в пойме — с 92,4 до 73,8%. В контрольных условиях колебания анализируемого параметра в зависимости от возраста дерева составляют не более 8% (рис. 2, 3).

Не обнаружено существенных различий в суточной динамике относительного содержания воды.

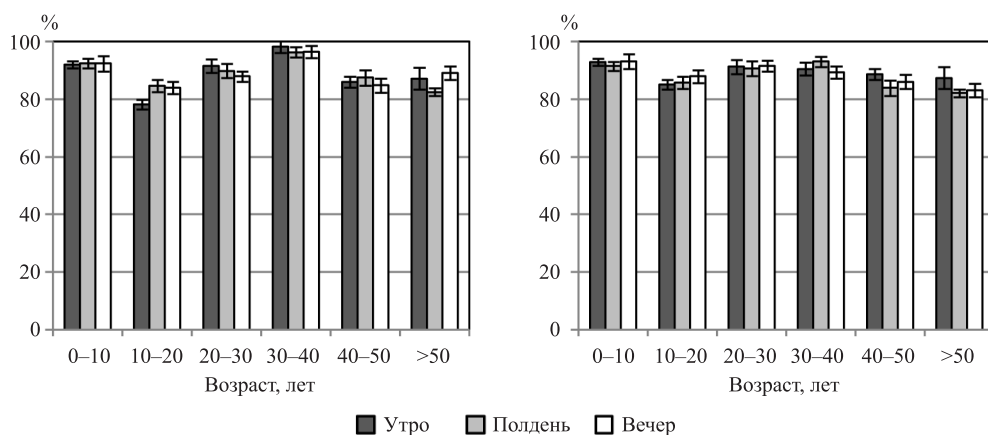


Рис. 2. Относительное содержание воды (%) в листьях липы мелколистной в условиях Уфимского промышленного центра (зона контроля, слева — водораздельное плато, справа — пойма)

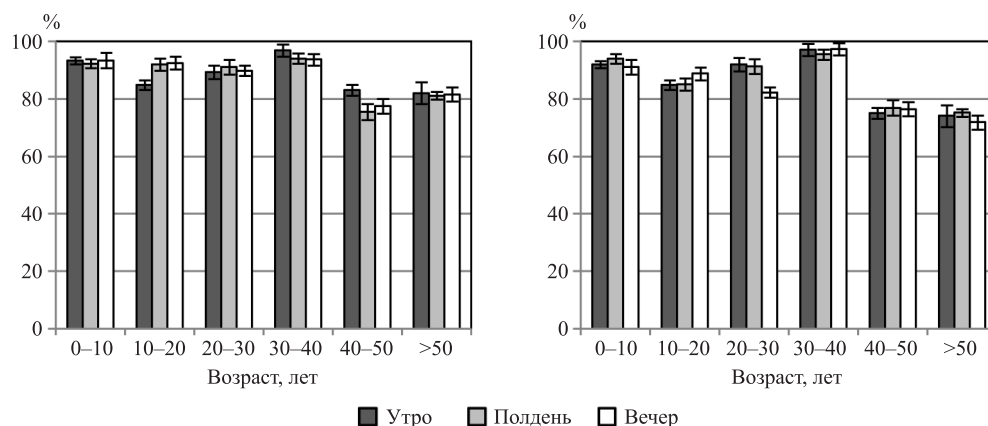


Рис. 3. Относительное содержание воды (%) в листьях липы мелколистной в условиях Уфимского промышленного центра (зона загрязнения, слева — водораздельное плато, справа — пойма)

Интенсивность транспирации. Интенсивность транспирации — один из наиболее чувствительных параметров вегетативных органов липы мелколистной. Причем данный параметр обнаруживает несколько видов чувствительности: к уровню загрязнения, к геоморфологическим условиям, к возрасту и ко времени суток.

В зоне загрязнения в условиях водораздельного плато интенсивность транспирации варьирует от 82,0 до 197,0 мг/г·час, в пойменных условиях — от 87,0 до 287,8 мг/г·час. Максимальный уровень транспирации на водоразделе отмечен для деревьев спелого и перестойного возраста: 163,6–197,0 мг/г·час, в пойме — для деревьев приспевающего возраста: 265,0–287,8 мг/г·час. Минимальная транспирация на плато зоны загрязнения наблюдается у молодняка: 82,0–95,0 мг/г·час, в пойме — также для данного возраста: 87,0–101,0 мг/г·час (рис. 4, 5).

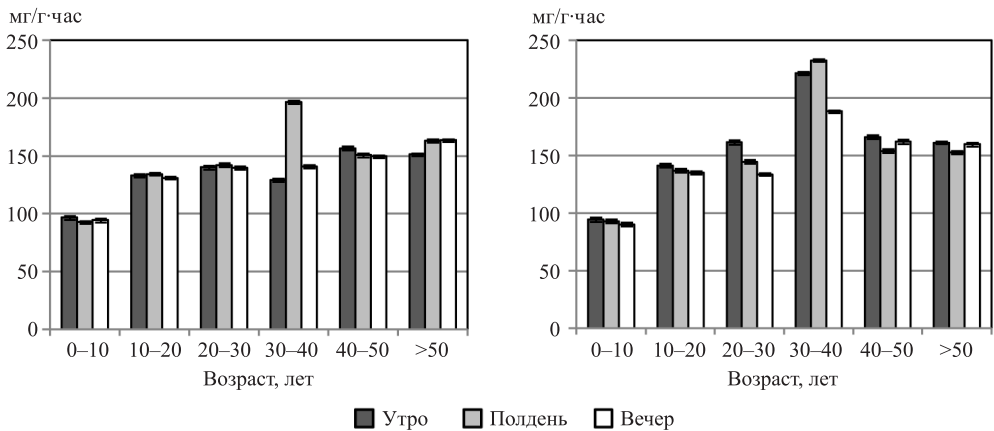


Рис. 4. Интенсивность транспирации листьев липы мелколистной в условиях Уфимского промышленного центра (зона контроля, слева — водораздельное плато, справа — пойма)

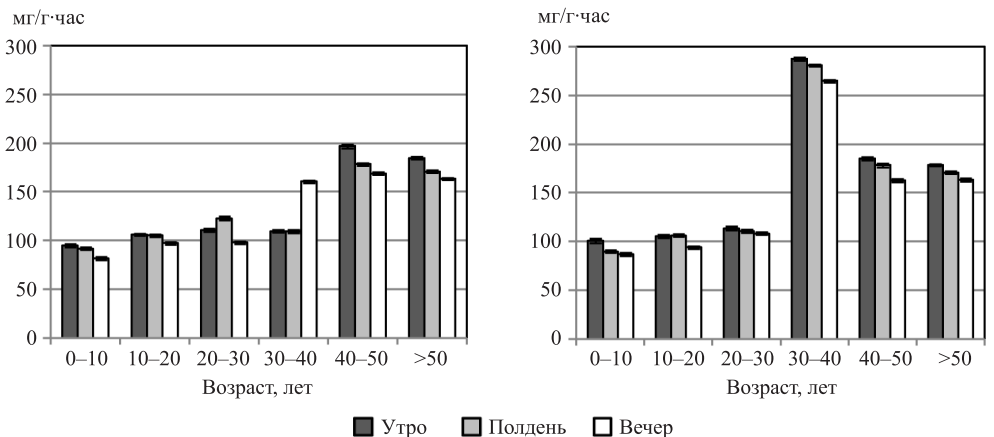


Рис. 5. Интенсивность транспирации листьев липы мелколистной в условиях Уфимского промышленного центра (зона загрязнения, слева — водораздельное плато, справа — пойма)

В зоне контроля в условиях плато данный параметр варьирует от 92,8 до 196,7 мг/г·час, в пойме — от 90,3 до 232,8 мг/г·час. Максимальная интенсивность

транспирации на плато в контрольных условиях отмечена для деревьев приспевающего возраста: 141,1–196,7 мг/г·час, в пойме — 188,4–232,9 мг/г·час для той же возрастной группы. Минимальные значения интенсивности транспирации на водоразделе и в пойме отмечены для деревьев в возрасте молодняка: 90,3–96,7 мг/г·час.

Установлены общие закономерности влияния уровня загрязнения на интенсивность транспирационных процессов у деревьев различного возраста: у спелых и перестойных деревьев при усилении загрязнения происходит увеличение количества испаряемой влаги на 48,3 мг/г·час на плато и на 69,4 мг/г·час в пойме. У молодняка, жердняка и средневозрастных деревьев наблюдается обратная картина: интенсивность транспирации уменьшается в зоне загрязнения на 29,9 мг/г·час на плато и на 35,8 мг/г·час в пойме. Единственный возраст, для которого четко проявляется влияние местоположения в рельефе на анализируемый параметр — приспевающий: на водоразделе при усилении загрязнения транспирация уменьшается на 28,9 мг/г·час, а в пойме увеличивается на 69,4 мг/г·час.

В течение суток интенсивность транспирации изменяется следующим образом. В условиях зоны загрязнения, за исключением приспевающего возраста на водораздельном плато, она устойчиво уменьшается к концу дня. На плато приспевающие деревья резко увеличивают количество испаряемой влаги к концу дня. В зоне контроля невозможно выделить какой-либо общей тенденции по изменению суточного хода транспирационных процессов: динамика носит ярко выраженный разбалансированный характер. Но приспевающий возраст является особенным и в зоне контроля: зафиксированы наибольшие значения интенсивности транспирации среди всех классов возраста.

Растения начинают испытывать стресс, связанный с произрастанием в условиях техногенного загрязнения, с начальных этапов онтогенеза. При этом принципиально учитывать то обстоятельство, что молодняк (0–10 лет) представляет собой только формирующиеся организмы. Поэтому в первые годы жизни необходимо максимально снизить деструктивное влияние на молодой организм. Важнейшей адаптационной реакцией для деревьев данной возрастной генерации является уменьшение интенсивности транспирационных процессов. Это, в свою очередь, является фактором, способствующим сохранению влаги в листьях и соответственно разбавлению токсикантов, т. е. уменьшению их концентрации [8].

Для растений в возрасте жердняка и средневозрастных деревьев также характерно подавление транспирации. Но в случае с этими возрастными группами подобная особенность может оказаться негативным фактором, ибо жердняк и средневозрастные деревья представляют собой уже во многом сформировавшиеся организмы, а транспирация является важным фактором регулирования скорости и характера протекания физиологических процессов всего растения. Необходимо каким-либо образом компенсировать уменьшение скорости транспирационных процессов. В наших исследованиях установлено, что растения достигают этого путем увеличения площади листовой пластинки [19].

Значения относительного содержания воды в листьях практически не изменяются под влиянием внешних факторов и возраста. Высокие значения данного параметра обеспечивают нормализацию физиологических процессов в растительном организме, который неизбежно страдает в условиях техногенного стресса [3, 6, 8].

Заключение

Водный режим листьев липы мелколистной в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра отличается стабильностью. Листья липы сохраняют воду вне зависимости от возраста, месяца вегетационного периода и геоморфологических особенностей произрастания. В то же время интенсивность транспирации подвержена колебаниям в зависимости от различных факторов. Стабильность водного режима является важным показателем широких адаптационных возможностей липы мелколистной к техногенезу и фактором стабильности развития организма в целом.

Литература

1. Полевой В. В., Саламатова Т. С. Физиология роста и развития растений. Л.: ЛГУ, 1991. 240 с.
2. Тарабрин В. П. Водный режим и устойчивость древесных растений к промышленным загрязнениям // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. С. 18–29.
3. Васфилов С. П. Возможные пути негативного влияния кислых газов на растения // Журнал общей биологии. 2003. Т. 64, № 2. С. 146–159.
4. Костюченко Р. Н. Особенности суточной и сезонной транспирации некоторых представителей рода *Salix* // Лесопользование, экология и охрана лесов: фундаментальные и прикладные аспекты: мат. Междунар. науч.-практ. конф. Томск, 2005. С. 19.
5. Неверова О. А., Колмогорова Е. Ю. Ксерофитизация листьев древесных растений как показатель загрязнения атмосферного воздуха (на примере г. Кемерово) // Лесное хозяйство. 2002. № 3. С. 29–33.
6. Гетко Н. В. Растения в техногенной среде: структура и функция ассимиляционного аппарата. Мн.: Наука и техника, 1989. 208 с.
7. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. Пушкино: ВНИИЛМ, 2002. 220 с.
8. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. Киев: Наукова думка, 1978. 246 с.
9. Смирнов Н. А. Влияние сернистого газа на водный режим древесных и кустарниковых растений // Газоустойчивость растений. Новосибирск: Наука, 1980. 243 с.
10. Бойко А. А., Уразильдин Р. В. Особенности водного режима ассимиляционного аппарата древесных растений в условиях техногенного загрязнения // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2004. № 5 (36). С. 118–121.
11. Бойко А. А., Уразильдин Р. В. Оценка жизненного состояния березняков Уфимского промышленного центра // Лесное образование, наука и хозяйство: сб. докл. науч.-практ. конф. Уфа: РИО РУНМЦ МО РБ, 2003. С. 168–171.
12. Николаевский В. С., Неверова О. А. Экологическая оценка загрязнения атмосферного воздуха г. Кемерово методами фитоиндикации // Экология, мониторинг и рациональное природопользование: науч. труды МГУЛ. Вып. 302 (1). М.: МГУЛ, 2000. С. 13–20.
13. Уразильдин Р. В., Сейдафаров Р. А. Водный режим листьев липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) в условиях промышленного загрязнения окружающей среды // Вестн. Оренб. гос. ун-та. 2007. № 10 (75). С. 369–372.
14. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Башкортостан в 2009 году. Уфа: АДИ-Пресс, 2009. 301 с.
15. Сейдафаров Р. А., Сафиуллин Р. Р. Адаптационные реакции корневых систем липы мелколистной в условиях техногенеза // Вестн. НГУ. Сер.: Биология, клиническая медицина. Т. 10, вып. 3. 2012. С. 74–80.
16. Методы изучения лесных сообществ / Андреева Е. Н., Баккал И. Ю., Горшков В. В., Лянгузова И. В., Мазная Е. А., Нешатаев В. Ю., Нешатаева В. Ю., Ставрова Н. И., Ярмишко В. Т., Ярмишко М. А. СПб.: НИИ-Химии СПбГУ, 2002. 240 с.
17. Ваганов Е. А., Шашкин А. В. Роль и структура годичных колец хвойных. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. 232 с.
18. Ушаков А. И. Лесная таксация и лесоустройство: учеб. пособие. М.: МГУЛ, 1997. С. 54–55.
19. Сейдафаров Р. А., Сафиуллин Р. Р. Механизмы адаптации ассимиляционного аппарата липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) к техногенным условиям (на примере Уфимского и Стерлитамакского промышленных центров) // Приволжский научный вестник. 2012. № 3 (7). С. 6–14.

Статья поступила в редакцию в редакцию 11 декабря 2012 г.