

УДК 581.5:502.7:571.17:581.9

А.В. Филиппова  
Л.О. ПетункинаA. Filippova  
L. Petunkina**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ  
В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА КЕМЕРОВО****ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL EVALUATION OF *LARIX SIBIRICA* LEDEB. CONDITION  
IN THE CITY KEMEROVO PLANTINGS**

Проведена эколого-биологическая оценка состояния *Larix sibirica* Ledeb. в условиях города Кемерово. Большинство посадок лиственницы сибирской оцениваются как здоровые. В городе у лиственницы отмечается увеличение содержания пигментов ассимиляционного аппарата, изменение их соотношения, снижение уровня оводненности хвои, повышение активности пероксидазы. Более раннее начало вегетации и своевременный переход в состояние покоя позволяют ей хорошо переносить экстремальные условия городской среды.

На состояние растительности в городе влияет целый комплекс экологических факторов, основными из которых являются географическая широта, климат, рельеф, почвенно-гидрологические условия, воздушная среда (уровень загрязнения), градостроительная ситуация, рекреация, типы дорожных покрытий на объектах насаждения, агротехника, типы пространственного расположения растительных объектов (Разумовский, 1992).

Зеленые насаждения являются важнейшим экологическим компонентом городской экосистемы. Наряду с лиственными растениями в озеленении применяются и хвойные, в том числе лиственница сибирская. Ряд эколого-биологических свойств (листопадность, высокая ассимиляционная и транспирационная способность, зимостойкость, засухоустойчивость, неприхотливость к почвенно-гидрологическим условиям) позволяют адаптироваться ей в неблагоприятных условиях среды. Вид относится к отделу Голосеменных растений – *Pinophyta*, семейству Сосновые – *Pinaceae*. *Larix sibirica* Ledeb. – прямостоящее дерево первой величины 25–40 м высотой и до 200 см в диаметре. Светолюбива. В молодости (до 15 лет теневынослива), с возрастом потребность в свете возрастает.

В настоящей работе проведена эколого-биологическая оценка состояния посадок лиственницы сибирской в условиях города Кемерово.

Материалом для исследования послужили посадки *Larix sibirica* в различных районах города. С целью получения информации о жизненном состоянии лиственницы сибирской было заложено 18 модельных площадок в различных типах парковых насаждений (солитер, аллея, ряд, группа). Эколого-физиологические исследования, а также изучение сезонного развития и ритмов роста проводились в посадках на бульварах Строителей и Пионерском. Диагностика жизненного состояния проводилась по методике В.А. Алексеева (Лесные экосистемы ..., 1990), фенологические наблюдения – по рекомендациям И.Н. Елагина (1975). Активность фермента пероксидазы определяли колориметрическим методом А.Н. Бояркина (Гавриленко и др., 1975), содержание пигментов – по В.Ф. Гавриленко и др. (1975), общее содержание воды – по методу А.А. Молчанова и В.В. Смирнова (1967). Средний возраст деревьев 20–30 лет. Полученные экспериментальные данные обработаны статистически с помощью программы STATISTICA 5.0.

Условия городской среды накладывают существенный отпечаток на ход онтогенеза древесных растений, который во многом зависит от типа парковых насаждений (парк, сквер, бульвар, улица). Ю.В. Разумовским (1992), изучавшим ход онтогенеза липы, выявлено три варианта онтогенеза, которые определяются скоростью процессов старения. Анализ онтогенеза лиственницы сибирской в различных типах парковых насаждений показал, что в условиях городс-

кой среды большинство деревьев развиваются по второму варианту, которому соответствует ускоренное развитие растений; молодое и средневозрастное генеративные состояния совмещены и являются переходным этапом к старогенеративному состоянию.

Определение жизненного состояния показало, что в Ленинском, Рудничном, Кировском районах все посадки оцениваются как “здоровые”. В Центральном и Заводском районах для лиственниц складываются менее благоприятные экологические условия, хотя и в этих районах есть посадки, жизненный потенциал которых составляет более 80 % (табл. 1). Степень повреждения древостоя на площадках варьирует в достаточно широких пределах: от 4,3 до 28,6 %. Для поврежденных деревьев отмечены однотипные изменения в виде усыхания верхней части хвоинки и отмирания скелетных ветвей в зоне соприкосновения кроны с рядом стоящими деревьями. В целом же по городу на 12 модельных площадках из 18 жизненное состояние листвен-

Таблица 1

Жизненное состояние лиственницы сибирской в различных районах города

| Район       | Количество деревьев, % |          |             |                    |           |          | Ln   |
|-------------|------------------------|----------|-------------|--------------------|-----------|----------|------|
|             | N                      | здоровых | ослабленных | сильно ослабленных | усыхающих | сухостоя |      |
| Ленинский   | 143                    | 60,1     | 31,5        | 8,4                |           |          | 85,5 |
| Центральный | 757                    | 56,3     | 32,5        | 11,1               | 0,1       |          | 83,5 |
| Рудничный   | 29                     | 55,2     | 41,4        | 3,5                |           |          | 85,5 |
| Заводский   | 246                    | 53,3     | 34,1        | 11                 | 1,6       |          | 81,6 |
| Кировский   | 163                    | 72,4     | 25,8        | 1,8                |           |          | 91,2 |

Примечание: N – общее количество растений, штук; Ln – жизненное состояние древостоя, %.  
 венницы сибирской оценивается как высокое (84,3 %).

Климатические особенности сибирского региона отличаются четко выраженной сезонностью с продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом. Продолжительность безморозного периода в г. Кемерово в среднем составляет 180 дней, вегетационного периода с температурой выше +5°C – около 153 дней; сумма среднесуточных температур за этот период составляет 2138°C. Продолжительность периода активной вегетации с температурами выше +10°C составляет примерно 118 дней с суммой среднесуточных температур в 1878°C.

Лиственница первой из хвойных пород вступает фазу набухания почек и относится к группе растений с ранними сроками начала вегетации. В условиях города Кемерово лиственница сибирская начинает вегетацию в первой декаде апреля (табл. 2) и заканчивает ее в первой декаде октября, с температурами воздуха выше нуля, поэтому хорошо растет и своевременно завершает свой жизненный цикл. Период вегетации лиственницы сибирской составляет 182–

Таблица 2

Даты прохождения основных фенофаз растениями лиственницы сибирской

| Год  | Фенофаза        |                   |                       |                      |                       |                      |
|------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|      | набухание почек | распускание почек | развертывание листьев | видимый рост побегов | пожелтение и листопад | одревеснение побегов |
| 2000 | 06,04           | 27,04             | 10,05                 | 20,05                | 15,09                 | 24,06                |
|      | 27,04           | 10,05             | 5,06                  | 10,07                | 20,10                 | 19,07                |
| 2001 | 4,04            | 25,04             | 8,05                  | 17,05                | 11,09                 | 29,06                |
|      | 25,04           | 8,05              | 31,05                 | 5,07                 | 18,10                 | 23,07                |
| 2002 | 3,04            | 23,04             | 6,05                  | 14,05                | 10,09                 | 27,06                |
|      | 23,04           | 6,05              | 31,05                 | 6,07                 |                       | 25,07                |

188 дней, что характерно для растений, наиболее приспособленных к условиям существования и устойчивых к неблагоприятным факторам среды (Николаевский, 1979). Наблюдения за фенологическими явлениями выявили, что лиственницы, произрастающие в черте города, вступают в процесс вегетации на 5–7 дней раньше, чем лиственницы в загородной зоне. Это связано с тем, что в городе из-за выхлопных газов автомобилей в приземном слое температура воздуха выше, чем за городом. Таким образом, отмечено различие в сроках наступления фенофаз деревьев из естественных мест произрастания и в городской среде. Несмотря на значительные различия в температурном режиме 2000–2002 гг., разница в датах прохождения фенологических фаз у лиственницы сибирской не превышала 3–6 дней, что отражает фенотипическую изменчивость деревьев в пределах как отдельно взятого насаждения, так и популяции в целом (Авров, 1996).

Начало роста побегов у лиственницы начинается в середине второй – начале третьей декады мая; окончание прироста отмечается в первой декаде июля. Линейный рост осевых побегов начинается после охвоения дерева, когда хвоя брахибластов почти закончила свой рост. Между распусканием хвои на брахибластах и началом роста побегов происходит довольно большой разрыв (17–24 дня), который связан с синтезом гормональных соединений, необходимых для индукции реакций, вызывающих ростовой процесс, и не зависит от условий роста лиственницы. Величина годичного прироста лиственницы зависит от погодных условий текущего и предшествующего росту побега годов. Однако прирост побегов лиственницы сибирской на бульваре Строителей на протяжении последних лет был примерно одинаков, чего нельзя сказать о лиственницах с Пионерского бульвара (табл. 3).

Немаловажным показателем адаптации растений к условиям окружающей среды является их своевременное вступление в покой, который связан со сроками окончания линейного

Таблица 3

Размеры вегетативных органов лиственницы сибирской, мм

| Место исследования | Объект | Год исследования |           |           |
|--------------------|--------|------------------|-----------|-----------|
|                    |        | 2000             | 2001      | 2002      |
| Бульвар Строителей | хвоя   | 29,5±0,3         | 25,7±0,3  | 36,8±0,7  |
|                    | побег  | 98,6±3,1         | 90,8±1,7  | 96,0±2,0  |
| Пионерской бульвар | хвоя   | 32,7±0,3         | 26,2±0,2  | 32,6±0,2  |
|                    | побег  | 97,8±2,5         | 106,3±2,0 | 120,0±1,9 |

роста побегов и их полноценным вызреванием, а также со сроками листопада. Фаза листопада продолжается до третьей декады октября, и растения успевают сбросить всю листву до установления отрицательных температур. Лиственница в условиях города имеет довольно короткий период сезонного роста побегов (51–54 дня). Одревеснение начинается в третьей декаде июня – первой декаде июля и полностью заканчивается к началу августа. Вызревание побегов происходит еще до наступления холодов.

Кривые роста хвои брахибластов и ауксибластов лиственницы сибирской имеют S-образный, или сигмоидный характер. Скорость роста варьирует по годам. Максимальная скорость роста хвои на брахибластах наблюдалась на Пионерском бульваре в 2002 году, на бульваре Строителей – в 2000 г., о чем можно судить по величине коэффициента наклона кривой. В данном случае чем он больше, тем выше скорость максимального роста. Ауксибласты на Пионерском бульваре на протяжении 2001–2002 гг. отличались большей скоростью роста, чем на бульваре Строителей. Хвоя брахибластов всегда росла быстрее по сравнению с ауксибластами, что связано с необходимостью максимально быстрого увеличения ассимиляционной поверхности. Продолжительность фазы максимального роста хвои брахибластов на обеих площадках составляла 12–19 дней, тогда как для ауксибластов этот период был несколько больше (15–25 дней). Не совпадали и даты наступления фазы максимального роста: на 35-е и 30-е

сутки, хвоя и ауксбласты, соответственно. Таким образом, продолжительность фазы максимального роста и скорость роста у органов, выполняющих разные функции, неодинаковы.

Итак, в условиях городских экосистем у лиственницы сибирской сохраняются ритмы сезонного роста и сроки прохождения фенофаз. Она рано прекращает видимый рост и вступает в состояние покоя в условиях, оптимальных для подготовки к перезимовке и быстрому весеннему росту. Исследованиями показано, что лиственница сибирская относится к растениям с устойчивым феноритмотипом, которые имеют короткий, интенсивный однократный рост побегов, хорошее их вызревание, строгое чередование фаз развития, раннее и среднее окончание вегетации, четко выраженный глубокий продолжительный покой, слабую реакцию на изменение метеорологических условий. Своевременное прохождение фенофаз позволяет лиственнице сибирской адаптироваться к неблагоприятным условиям городской среды и достаточно легко переносить экстремальные зимние температуры, что позволяет оценивать ее как морозостойкую породу.

На фоне визуальных наблюдений за сезонным развитием и ритмами роста лиственницы осуществлялись физиологические исследования. Установлено, что в момент выхода хвои из почек (начало вегетации) значения активности пероксидазы на обеих площадках минимальные, а в течение последующего периода вегетации и старения хвои наблюдается резкое повышение активности практически у всех исследуемых деревьев (табл. 4). Повышение активности наблюдалось до конца августа и достигало максимальных величин (8,70 и 13,49 единиц активности, соответственно, на бульваре Строителей и на Пионерском бульваре). По мере достижения хвоей своего максимального возраста и в связи с оттоком ассимилятов из нее в пери-

Таблица 4

Пероксидазная активность лиственницы сибирской, единицы активности

| Место исследования | Сезон     |           |           |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|
|                    | весна     | лето      | осень     |
| Бульвар Строителей | 2,52 0,21 | 7,74 0,21 | 6,38 0,30 |
| Пионерской бульвар | 3,85 0,26 | 9,23 0,40 | 9,94 0,72 |
| Белово             | -         | 7,79 0,86 | -         |

од подготовки к зимнему покою наблюдалось снижение активности пероксидазы.

Исследования сезонных показателей активности пероксидазы у лиственницы сибирской в различных районах города показали, что они отличаются с высокой степенью достоверности. По активности пероксидазы четко выделились 2 группы: 1-я группа – активность не превышает 7,27 – сюда попали две площадки (КСС Октябрьский, Центральный район и Радищева, Заводский район). Вторая группа – активность 10,59–12,46 – 4 площадки, расположенные как в Центральном, так и в Ленинском и Кировском районах.

Изменения в пигментном фонде растений (количественное содержание пигментов и их соотношения) под действием внешних факторов могут характеризовать степень их толерантности к этим факторам. Характер нарастания и деградации пигментного фонда лиственницы сибирской имеет вид одновершинной кривой с максимумом в середине лета (табл. 5). В начале вегетации по мере роста и созревания хвои у лиственницы сибирской наблюдается увеличение содержания всех пластидных пигментов (хлорофиллов А и В (в дальнейшем – хлА и хлВ), каротиноидов), которое достигает своего максимума в июле. В это время хвоя уже закончила свой рост, находится в стадии полного развития и имеет полностью сформированный пигментный фонд. Затем в течение всего оставшегося промежутка времени (до окончания вегетации и полного опадания хвои) содержание всех пигментов снижается.

Динамика содержания пигментов на модельных площадках сходна, однако имеются различия в количественном содержании пигментов. Так, максимум содержания зеленых пигментов, приходящийся на июль, на Пионерском бульваре составил 3,64 мг/г сырого веса, тогда как

Таблица 5

Динамика содержания пигментов ассимиляционного аппарата, мг/г сырого веса

|    |          | хлА       | хлВ       | А+В       | кар       | А/В       | А+В/кар   | сумма     |
|----|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| бс | май      | 1,26±0,09 | 1,03±0,08 | 2,29±0,16 | 0,31±0,03 | 1,50±0,25 | 8,13±0,54 | 2,59±0,18 |
|    | июнь     | 2,13±0,13 | 1,75±0,11 | 3,88±0,23 | 0,81±0,04 | 1,26±0,06 | 4,90±0,18 | 4,69±0,26 |
|    | июль     | 2,91±0,19 | 2,08±0,11 | 4,99±0,29 | 1,28±0,13 | 1,38±0,03 | 4,18±0,17 | 6,28±0,41 |
|    | август   | 1,50±0,13 | 0,95±0,08 | 2,45±0,21 | 0,57±0,07 | 1,63±0,10 | 4,89±0,42 | 3,01±0,27 |
|    | сентябрь | 1,12±0,10 | 0,79±0,07 | 1,91±0,17 | 0,71±0,06 | 1,45±0,04 | 2,69±0,14 | 2,62±0,22 |
| пб | май      | 1,53±0,09 | 1,28±0,06 | 2,81±0,14 | 0,31±0,02 | 1,19±0,04 | 9,91±0,61 | 3,11±0,15 |
|    | июнь     | 1,83±0,10 | 1,70±0,08 | 3,53±0,17 | 0,38±0,02 | 1,08±0,04 | 9,7±0,45  | 3,91±0,19 |
|    | июль     | 2,07±0,12 | 1,58±0,06 | 3,64±0,17 | 1,24±0,09 | 1,32±0,06 | 3,27±0,22 | 4,88±0,23 |
|    | август   | 1,40±0,09 | 0,99±0,08 | 2,4±0,16  | 0,88±0,06 | 1,53±0,07 | 2,76±0,12 | 3,28±0,21 |
|    | сентябрь | 1,26±0,06 | 0,92±0,05 | 2,18±0,10 | 0,74±0,06 | 1,40±0,03 | 3,29±0,22 | 2,91±0,15 |

Примечание: бс – бульвар Строителей; пб – Пионерский бульвар; хлА – хлорофилл А; хлВ – хлорофилл В; кар – каротиноиды, А+В – сумма хлорофиллов А и В; а/в – соотношение хлорофиллов А и В; А+В/кар – отношение суммы хлорофиллов А и В к желтым пигментам; сумма – сумма всех пигментов (хлорофиллов и каротиноидов)

на бульваре Строителей этот показатель был в 1,4 раза выше и составил 4,99 мг/г сырого веса; в то же время, разница в содержании каротиноидов незначительна и составила всего лишь 0,04 мг/г. Данные, приводимые С.А. Щербатюк с соавторами (Углекислотный газообмен ..., 1991) для растений из естественных мест произрастания, согласуются с полученными нами, что позволяет говорить о том, что условия городской среды существенно не меняют характер формирования и деградации пигментного фонда, а следовательно, и динамику пигментов ассимиляционного аппарата. Изменения могут касаться лишь количественного содержания пигментов.

В условиях неблагоприятного экологического режима города важным становится не только содержание пигментов ассимиляционного аппарата, но и их соотношения. При различных воздействиях хлорофилл А более лабилен, чем другие пигменты ассимиляционного аппарата в отношении любых способов нарушения пигментного комплекса, поэтому величина отношения хлА/хлВ является показателем устойчивости. Исследованиями установлено, что отношение хлА/хлВ в течение вегетации непостоянно; отмечена тенденция к снижению этого показателя к концу вегетации от 1,60–1,10. Соотношение суммы зеленых пигментов к каротиноидам в среднем составило за весь вегетационный период 4,35. В течение вегетационного периода отмечена тенденция к снижению этого соотношения.

Одним из критериев оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды является стабильность показателей их водного режима. Изучение водного режима растений лиственницы сибирской показало, что максимальная оводненность у изученных видов наблюдается в начале вегетационного периода (табл. 6). По мере старения побегов лиственницы отмечается падение содержания воды в тканях. В целом динамика оводненности хвои лиственницы в разных районах города практически совпадала, а снижение содержания воды в течение вегетационного периода составило около 10 %.

Таблица 6

Показатели общей оводненности брахибластов лиственницы сибирской, % от сырой массы

| Место исследования | Весна      | Лето       | Осень      |
|--------------------|------------|------------|------------|
| Бульвар строителей | 74,80 0,60 | 65,48 0,53 | 64,14 0,67 |
| Пионерский бульвар | 74,53 0,71 | 65,51 0,53 | 59,37 0,86 |

Оценка жизненного состояния лиственницы сибирской в различных типах насаждений города Кемерово, а также наблюдения за сезонным развитием свидетельствуют о том, что более раннее начало вегетации по сравнению с деревьями из естественных мест произрастания и своевременное вступление в состояние покоя позволяют ей хорошо переносить экстремальные условия городской среды и сохранять свои декоративные качества. Лиственница сибирская способна адаптироваться в условиях городской среды путем физиолого-биохимических изменений: увеличения содержания пигментов ассимиляционного аппарата, изменения их соотношения, снижения уровня оводненности, повышения активности пероксидазы. Лиственницу сибирскую можно рекомендовать как один из видов, пригодный для зеленого строительства.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Авров Ф.Д. Экология и селекция лиственницы. – Томск, 1996. – 212 с.
- Гаверilenko В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. – М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
- Елагин И.Н. Методика проведения и обработки фенологических наблюдений за деревьями и кустарниками в лесу // Фенологические методы изучения лесных биогеоценозов / Под ред. И.Н. Елагина, Т.Н. Буториной. – Красноярск, 1975. – 252 с.
- Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение // В.А. Алексеева – Л, 1990. – 200 с.
- Молчанов А.А., Смирнов В.В. Методика изучения прироста древесных растений. – М.: Наука, 1967. – 100 с.
- Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск, 1979. – 280 с.
- Разумовский Ю.В. Влияние экологических факторов на рост и развитие *Tilia cordata* Mill. в парковых насаждениях (на примере г. Москвы): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – М., 1992. – 19 с.
- Углекислотный газообмен хвойных Предбайкалья / А.С. Щербатюк, Л.В. Русакова, Г.Г. Суворова, Л.С. Янькова. – Новосибирск, 1991. – 135 с.

#### SUMMARY

Ecological and biological evaluation of *Larix sibirica* Ledeb. was accomplished in conditions of the city Kemerovo. The majority of *Larix sibirica* plantings are estimated as strong and healthy. The increasing of assimilation system pigments content, variation of its correlations, reduction of pine-needles water content and increasing of peroxidase activity are observed under the conditions of environment of the city Kemerovo. The earlier beginning of vegetation and opportune conversion to immobile state permits *Larix sibirica* successfully endure the extreme conditions of a city environment.