

ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ЛИСТВЕННОЙ СИБИРСКОЙ В СРЕДНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

© М.А. Карасева, В.Н. Карасев, А.А. Маторкин.

Марийский государственный технический университет, г. Йошкар-Ола

УДК 630*232:630* 160:582.475.2

Приведены таксационные показатели культур лиственницы сибирской старших возрастов, произрастающих в Чувашской Республике и Республике Марий Эл, свидетельствующие о высокой продуктивности насаждений данной породы в Среднем Поволжье. Изложены результаты исследований интенсивности транспирации, осмотического потенциала клеточного сока, интенсивности фотосинтеза и дыхания, биоэлектрические потенциалы, импеданс прикамбиального комплекса тканей деревьев в связи с экологическими условиями и степенью жизнеспособности лиственницы сибирской в регионе.

Dendrometric indexes of the *larix sibirica* oldest classes, cultivated in the Republics of Mari El and Chuvashia, are given. They evidence of this species' high productiveness in the zone of conifer-broadleaf forests of the Middle Volga region. Transpiration intensity, osmotic potential of cellular sap, catalase activity, photosynthesis and respiration intensity, action potential, and impedance of *larix sibirica* tree cambial tissues of different vitality have been investigated. Technological assessment and selection criteria are proposed.

Устойчивость лесных экосистем зависит от многих факторов, среди которых ведущим является активность общих метаболических процессов. Опыт интродукции лиственницы сибирской в различных регионах страны свидетельствует о широких биологических

возможностях, высокой устойчивости и продуктивности созданных насаждений. [1,3, 5,10]. Изучение биоэкологических особенностей и совершенствование агротехники создания и выращивания культур данной быстрорастущей породы, повышение их устойчивости и ин-

тенсивности роста является актуальной проблемой, решение которой способствует улучшению биоразнообразия лесных экосистем Среднего Поволжья, подвергающихся значительному техногенному и рекреационному воздействию, повышению их продуктивности, улучшению средостабилизирующих и других полезных функций. Важное значение в получении информации о состоянии лесных экосистем приобретают комплексные эколого-физиологические исследования на уровне целого организма, позволяющие определить особенности роста и жизнеспособности деревьев при воздействии различных экологических факторов среды.

Объекты и методика. Изучение особенностей роста, интенсивности основных физиологических процессов и оценка методов диагностики жизнеспособности проводились в производственных и опытных культурах лиственницы сибирской, произрастающих в зоне хвойно-широколиственных лесов Среднего Поволжья. Проводились комплексные эколого-физиологические исследования основных физиологических показателей лиственницы сибирской, и местных хвойных древесных пород; ели европейской, сосны обыкновенной. Фотосинтез определялся методом ассимиляционных колб и кондуктометрическим методом. Осмотическое давление клеточного сока хвои лиственницы сибирской изучалось рефрактометрическим способом. Изучение активности каталазы проводилось по методике Ф. Д. Сказкина и др. (1956) по объему выделенного кислорода при разложении ферментным раствором тестового объема 3% перекиси водорода. Освещенность в культурах измерялась люксметром Ю-16.

Интенсивность транспирации определялась методом быстрого взвешивания. Измерения биоэлектрических потенциалов производилось высокоомным ламповым милливольтметром постоянного тока с электрометрическим усилителем.

Для оценки состояния, саженцев после пересадки а также для диагностики физиологического состояния культур лиственницы, созданных по разным технологиям применялась методика оценки по параметрам электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей (импеданс ПКТ). Импеданс прикамбиального комплекса тканей измерялся на частоте 0,5 кГц с применением электродов игольчатого типа диаметром 1мм и длиной 10 мм, вводимых с северной стороны с базой 10 см. Расстояние между электродами по вертикали при всех измерениях составляло 10 см, активная часть электрода - 10 мм, диаметр 1 мм, материал - антикоррозийный сплав.

Температура ствола дерева в заданной точке в диапазоне 0...35°C определялась на основе терморезистивного эффекта [2]. Линейная

скорость водного тока определялась кондуктометрическим экспресс-методом [4].

Результаты и обсуждение. Высокую устойчивость и продуктивность насаждений лиственницы сибирской можно наблюдать на примере старых культур, произрастающих в Сернурском, Оршанском лесхозах Республики Марий Эл, Мариинско-Посадском, Опытном лесхозах Чувашской Республики и лесхозах Республики Татарстан.

Культуры лиственницы сибирской, созданные в 1905 году в 56, 57 кварталах Мар-Посадского лесничества Мар-Посадского лесхоза в настоящее время зарегистрированы как памятник природы и сформировали уникальное высокопродуктивное, устойчивое насаждение. Культуры были посажены на неудовлетворительно возобновившихся вырубках 1903 года на площади 6,5 га. Расстояние между рядами 4-6 м, в рядах -2м. Почвы - светло-серые, суглинистые. В возрасте 50 лет лиственница имела высоту 25,5 м, диаметр - 27,0 см. В возрасте 91 год лиственница на данных участках имеет высоту 29-30 м и диаметр 40,0 см, запас на 1 га составляет 672 куб. м на 1 га.

В Волжском лесничестве Опытного лесхоза Чувашской Республики на дерново-слабоподзолистых суглинистых почвах в 40 летнем возрасте чистые культуры лиственницы достигают высоты 28 м и диаметра 26 см, запас на 1 га составляет 570 куб. м на га. В этом же лесничестве Опытного лесхоза произрастают высокопродуктивные культуры лиственницы, созданные в 1928 году. Лучшие деревья в возрасте 68 лет достигают высоты 38 м и диаметра 44-48 см. Культуры были созданы с расстояниями между рядами 4м и в ряду 1,0 м. Насаждения отличаются высокой устойчивостью к рекреационным нагрузкам и высокой продуктивностью. Запас на 1 га составляет -680 куб. м.

В кв. 17 Сернурского лесничества Сернурского лесхоза Республики Марий Эл в возрасте 80 лет лиственница имела высоту 27 м и диаметр 40 см. Отдельные экземпляры достигают диаметра на 1,3 м 67-70 см. Общий запас данного насаждения с участием ели составляет 510 куб. м.

Лиственница сибирская успешно растет в всех областях Среднего Поволжья и в возрасте 50 лет в оптимальных условиях достигает средней высоты 25-26 м, диаметра на высоте 1.3 м - 30-32 см, но настоящее время культуры лиственницы сибирской в данном регионе создаются в очень небольших объемах.

Анализ данных по общей площади созданных культур показывает, что за период с 1951 по 1998 г. г. в Республике Марий Эл было создано 9 тыс. га лесных культур лиственницы. В настоящее время лиственница произрастает на площади 1 тыс. га, что составляет 11% от всех созданных культур данной породы, в Чувашской Республике их сохранилось около 50 %.

Аналогичная ситуация сложилась и в других республиках Среднего Поволжья.

Причинами низкой сохранности созданных культур лиственницы являются несовершенство агротехники их выращивания, антропогенное воздействие, а также недостаточное количество агротехнических уходов и заглушение лиственными породами.

Наиболее часто применяемая технология создания культур путем посадки сеянцев лиственницы в дно плужных борозд способствует в весеннее время временному переувлажнению и застою воды в бороздах. Переувлажнение верхних почвенных горизонтов приводит к пожелтению хвои, сокращению периода и энергии роста и гибели лиственницы, особенно в первые 2-3 года после посадки. Плохой рост лиственницы в результате избытка влаги и недостатка кислорода в микропонижениях неоднократно отмечали многие авторы [1,5, 10]. Наряду с совершенствованием способов обработки почвы при создании культур лиственницы целесообразен микроценотический подход к оценке лесокультурных площадей и формированию отдельных микроценозов или

био групп путем введения в микропонижения древесных пород (ели европейской, ольхи серой и черной, кустарников) более устойчивых к временному избыточному увлажнению.

Высокая изменчивость биометрических показателей лиственницы сибирской в одновозрастных культурах свидетельствует, что на продолжительность и энергию роста лиственницы в насаждениях кроме индивидуальных особенностей оказывают влияние экологические факторы, обуславливающие интенсивность основных физиологических процессов и степень развития ассимиляционного аппарата. Исследования показали, что лиственница сибирская в условиях Среднего Поволжья отличается высокой транспирационной способностью, устойчива к засухам, способна усваивать влагу при низком содержании ее в почве, имея при этом высокую интенсивность транспирации, что способствует улучшению микроклимата в насаждениях и повышению комфорта в зонах отдыха. Изменчивость интенсивности транспирации очень высокая и обусловлена погодными условиями (таблица 1).

Таблица 1 - Интенсивность транспирации лиственницы сибирской при различных погодных условиях (в 11-12 часов дня)

Влажность почвы на глубине 20 см, %	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Интенсивность транспирации, мг/г час
8.6	31,2	40	1900 ± 106,4
21.9	22,6	67	675,0*27,1
27.1	19,3	80	491,0 ± 23,1
24.5	20,0	71	653,0 ± 33,0

Интенсивность транспирации при погодных условиях, соответствующих средним многолетним, имела значения, близкие к показателям сосны, растущей в таких же условиях. Хвоя ели транспирировала почти в 1,5 раза меньше, чем хвоя лиственницы.

Лиственнице свойственен широкий диапазон содержания воды в хвое и побегах. Наиболее высокую влажность имели побеги текущего года в период активного роста, к концу вегетационного периода влажность побегов снижается в 2,5-3 раза. В зимнее время влажность побегов варьирует в пределах 79,8-87,8 %. С началом деятельности корневых систем, которые начинают функционировать при температуре почвы, близкой к +1 °С, влажность побегов увеличивается до 110-120 %, при этом отмечается резкое снижение температур стволов деревьев. По резкому снижению температуры стволов деревьев лиственницы сибирской в весеннее время при установившемся типе погоды можно получить информацию о скрытой от глаз наблюдателя фазе - начале возобновления водного тока,

обусловленного началом деятельности корневых систем. Способность формировать хвою, когда уже активно функционирует корневая система, обуславливает более высокую жизнеспособности и устойчивость лиственницы в рекреационных лесах, где вследствие глубокого промерзания почвы зимой и медленного оттаивания весной сосна и ель страдают от физиологической сухости.

Величина осмотического потенциала хвои лиственницы варьирует в пределах 0,89-1,4 МПа, это свидетельствует о том, что водообмен в период вегетации складывается удовлетворительно. При пересадке крупномерных саженцев осмотический потенциал повышается до 1,79 МПа, влажность побегов снижается до 92-98 %, что свидетельствует о временном нарушении водного режима растений. При снижении влажности побегов до 50-60 % от абсолютно сухой массы происходит гибель растений.

Измерения интенсивности фотосинтеза показали, что для деревьев лиственниц хорошего состояния значение этого показателя

колеблется в зависимости от погодных условий в пределах от 0,6 до 13,4 мг СО₂ на грамм сухой хвои в час, составляя в среднем $7,2 \pm 0,3$ мг СО₂ на 1 г абсолютно сухой хвои в час. Интенсивность нетто-ассимиляции у деревьев, отставших в росте, достигает очень низких значений (0,45-0,84 мг СО₂ на 1 г в час), а в отдельные пасмурные дни не поддается учету.

При сравнении интенсивности фотосинтеза лиственницы сибирской, сосны обыкновенной и ели европейской за отдельные дни лиственница сибирская, как правило, превосходит сосну

обыкновенную и ель европейскую по этому физиологическому параметру (таблица 2).

Интенсивность фотосинтеза однолетней хвои выше, чем двухлетней. Хвоя с одно- и двухлетних побегов лиственницы сибирской со средней части кроны юго-восточной экспозиции, при относительном световом довольствии 70 % и выше, ассимилирует в этих же условиях с интенсивностью 14-15 мг/(г·ч) из расчета на сухую массу хвои. Хвоя лиственницы по сравнению с другими хвойными породами отличается наиболее высокой интенсивностью фотосинтеза и дыхания.

Таблица 2 - Среднегогодовое значение интенсивности нетто-ассимиляции и дыхания хвои 1-летних побегов культур хвойных древесных пород на 11...12 часов дня за летний период (май, июнь, июль) мг/(г ·ч) на сухую массу хвои

Древесная порода	X	$\pm m_x$	C, %
Нетто-ассимиляция			
Лиственница сибирская	3.00	0.29	55.7
Ель европейская	1.09	0.18	67.0
Сосна обыкновенная	1.12	0.09	34.6
Сосна кедровая сибирская	1.05	0.16	89.0
Дыхание			
Лиственница сибирская	1.90	0.31	105.6
Ель европейская	0.75	0.09	61.2
Сосна обыкновенная	0.85	0.15	79.2
Сосна кедровая сибирская	0.70	0.15	106.9

Содержание общего хлорофилла в хвое (таблица 3), сформировавшейся на брахибластах, почти в 1,5 раза больше, чем в хвое ауксибластов, различия существенны при доверительной

вероятности 0,95. Критерий фактический равен 4,1, критерий Стьюдента - 2,2, при $p = 10$, $4,1 > 2,2$.

Таблица 3 - Содержание общего хлорофилла в хвое лиственницы сибирской (мг/г абсолютно сухой хвои, июнь)

Характеристика хвои	X	$\pm m_x$	σ	C, %
Хвоя однолетнего побега	2,19	0,11	0,31	13,7
Хвоя двухлетнего побега	3,75	0,16	0,48	12,9

Сравнивая содержание хлорофилла с данными, полученными в других регионах, можно отметить более высокое значение этого показателя у лиственницы произрастающей в Центрально-Черноземном районе [6]. В Московской области [2] этот показатель почти в 2-3 раза выше, чем в Среднем Поволжье. Содержание хлорофилла у лиственницы сибирской в Республике Марий Эл имеет показатели, близкие по значениям, полученным в Красноярском крае [7].

Изучение содержания хлорофилла по частям кроны показало, что отмечается различие

в содержании по вертикальному профилю кроны. Общая закономерность складывается таким образом, что содержание хлорофилла возрастает от верхней части кроны к ее средней части, что обусловлено уменьшением освещенности. Что касается содержания хлорофилла в нижней части кроны, то здесь можно наблюдать в одних случаях дальнейшее возрастание этого показателя, при условии снижения освещенности до величин еще не препятствующих нормальному синтезу хлорофилла в хвое. При снижении освещенности в верхней части кроны деревьев в двадцатилетних насаждениях в среднем до 18,6 %

от освещенности открытого места отмечается уменьшение содержания хлорофилла, обусловленное уже недостатком света.

Отношение лиственницы к световому фактору в условиях нашей зоны характеризуется следующими данными: при ОСД 6-8 % хвоя лиственницы не образуется, при ОСД 10 % деревья сильно отстают в росте. В оптимальных условиях освещения (ОСД около 100 %) масса сухой хвои на двадцатилетних деревьях составляет 17 кг и более. За нижний предел относительного светового довольствия в насаждениях лиственницы следует принимать значения 28-30 %.

Как известно из литературы [8,4,11] по значениям электрического сопротивления растительных тканей и величинам биоэлектрических потенциалов возможно определение функционального состояния организма, интенсивности и характера обмена веществ.

Таблица 4 - Среднегодовое значения импеданса ПКТ стволов лиственницы за весенне-летний период кОм (ТЛРУ С2)

Состояние	Май			Июнь			Июль		
	х	$\pm m_x$	С, %	X	$\pm m_x$	С, %	X	$\pm m_x$	С, %
Хорошие	17.1	0.3	11.0	15.4	0.3	15.2	16.1	0.5	26.9
Средние	32.2	1.5	24.9	28.6	0.9	19.9	28.7	1.5	37.1
Ослабленные	73.8	3.9	24.2	149.4	11.8	50.1	149.6	6.4	31.2

Отсутствие существенных различий в показателях импеданса прикамбиального комплекса тканей деревьев лиственницы сибирской, произрастающих в разных лесхозах региона исследований, при нормальной влагообеспеченности объясняется явлением гомеостаза водного режима, присущего всем растительным организмам, и состоящего в стремлении организмов поддерживать оводненность растительных тканей в определенных пределах, близких к оптимальным значениям. Связь между оводненностью растительных тканей и значениями их импеданса высокая обратная, коэффициент корреляции составляет -0,85.. -0,90.

Исследования влияния пересадки на интенсивность физиологических процессов и рост саженцев и выявление параметров, позволяющих вести контроль за процессом их приживания имеет большое значение для своевременного проведения мероприятий, способствующих более интенсивному росту растений.

Наблюдения за приростами у пересаженных растений лиственницы сибирской показали, что прирост растений и их водный режим имеет более резкие отличия от контрольных по сравнению с

Среднегодовое (10-летний период) значения низкочастотного электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей (импеданса ПКТ) стволов крупномерных саженцев лиственницы сибирской (таблица 4), различных категорий состояния свидетельствуют, о существенном различии по этому показателю деревьев разного состояния.

Импеданс деревьев хорошего состояния весьма стабилен и незначительно, по сравнению с деревьями других рангов состояния изменяется за весенне-летний период. Величины импеданса ПКТ стволов закономерно несколько увеличиваются к осени. Особенно это заметно у деревьев из группы «ослабленные». Деревья из различных групп состояния существенно отличаются по величинам импеданса ПКТ стволов на протяжении почти всего вегетационного периода.

кедром сибирским, елью европейской, сосной обыкновенной.

Осмотический потенциал клеточного сока двухлетней хвои сосны кедровой сибирской у контрольных саженцев составляет 10-11 атм., а импеданс ПКТ имеет значения 23... 24 кОм, осмотический потенциал хвои пересаженных растений имел более высокие значения -14.6 атм, импеданс для саженцев среднего состояния -36.4 кОм, для сильноослабленных 56.0 кОм, для растений с хорошей регенерацией корневых систем этот показатель близок к контролю. Пересадка лиственницы оказывает более сильное влияние на параметры ее водного режима по сравнению с другими хвойными породами.

Деревья быстрорастущие, хорошего состояния имели соотношение мелких корней 1:10, средние 1: 12 и ослабленные 1: 16. Полученные данные согласуются с исследованиями Н.А Смирнова [9], отмечающего высокую приживаемость лиственницы при соотношении массы мелких корней к массе надземной части равной 1:8. Степень послепосадочной депрессии зависит от лесорастительных условий, влажности почвы, степени травматизма корневых систем способности их к регенерации. После посадки

нередко образуется сильная диспропорция между малым поступлением воды и питательных веществ через корневую систему и большим расходом ее на транспирацию, фотосинтез, формирование ассимиляционного аппарата, рост стеблей и регенерацию корневых систем. Диспропорция устраняется только после регенерации достаточно мощной корневой систем.

Необходимо отметить наличие индивидуальной изменчивости саженцев лиственницы по интенсивности регенерации корневых систем, которую можно диагностировать по динамике электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей, проводя измерения через определенное время на одних и тех же растениях. Измерения данного параметра не нарушают процессов жизнедеятельности и одновременно позволяют выявить динамику изменения водного режима пересаженных растений.

Показатели импеданса ПКТ пересаженных растений отличающиеся от контрольных через

месяц после посадки на величину не более 50% свидетельствуют о хорошей регенерации корневых систем.

На следующий год такие саженцы формируют приросты близкие к средним какие были до пересадки. Растения, имеющие отличие по импедансу ПКТ на величину более 100 % отличаются слабой регенерацией корневых систем, послепосадочная депрессия у них сохраняется в течение 5 лет и более.

Для получения посадочного материала с ускоренным ростом в культурах целесообразно использование приемов ранней диагностики и применение отбора в процессе выращивания сеянцев и саженцев с высокой интенсивностью регенерации корней на фоне высокого уровня агротехники. Критерии, характеризующие быстрорастущие, устойчивые биотипы лиственницы сибирской на основании физиологических и биометрических параметров приведены в таблице 5.

Таблица 5 - Диагностические показатели лиственницы сибирской (для ТЛРУ- С2, возраст 5 лет)

Показатели	Ед. изм.	Лучшие			Среднепопуляционные		
		х	$\pm m_x$	С. %	х	$\pm m_x$	С, %
Высота	см	310.0	12.9	20.5	220	9.9	32.5
Средний прирост	см	63.0	3.2	24.2	44.0	4.1	29.4
Импеданс ПКТ	кОм	16.6	0.3	21.7	30.7	0.77	29.5
Биоэлектрический потенциал	мВ	212.0	10.6	23.4	67.0	5.8	38.5
Содержание общего хлорофилла	мг/г сух. хвой	3.75	0,16	12.9	2.9	0.13	15.8
Осмотический потенциал	атм.	13.0	0.12	2.8	13.5	0.14	3.1
Активность каталазы хвой, коры	Мл 02/(г. мин)	3.1	0.06	5.5	2.8	0.07	5.9
		13.5	0.50	10.4	9.0	0.03	9.9

При решении проблемы прогнозирования состояния деревьев при пересадке, степени регенерации корневых систем саженцев, воздействию неблагоприятных погодных условий и других стрессовых воздействиях необходимо определение градиента параметров физиологического состояния.

Градиент параметров физиологического состояния или градиент показателей жизнеспособности - это изменение какого либо оценочного параметра во времени. Градиент состояния позволяет количественно охарактеризовать динамику состояния деревьев за какой либо период времени при наличии экспериментальных мониторинговых данных по моментной оценке состояния растительных объектов.

Градиент параметров состояния может иметь меньшие численные значения у древесных

пород отличающихся большей толерантностью и обладающих в эволюционном плане большими адаптационными механизмами. У деревьев менее адаптированных к комплексному воздействию экстремальных факторов, наоборот, градиент состояния может характеризоваться большими величинами.

При диагностике физиологического состояния деревьев необходимо учитывать типы повреждений и информативность используемых методов. Исследования показали высокую информативность электрофизиологических методов при длительном ослаблении деревьев, коэффициент детерминации составляет 0.89-0.95 и очень низкие значения этого параметра при действии экстремальных факторов среды.

При сложных типах повреждений и ослаблений целесообразно проведение комплексных инструментальных

физиологических исследований. В качестве примера, целесообразности использования нескольких оценочных параметров для диагностики жизнеспособности деревьев приведены результаты исследований по оценке состояния зеленых насаждений, произрастающих в г. Йошкар-Ола при поражении их листовенничной чехликовой молью (*Coleophora laricella*). Проводилась оценка состояния деревьев с различной степенью дефолиации крон (средняя

- степень дефолиации 25-50 %; сильная - более 50%) по двум биофизическим параметрам: величине импеданса растительных тканей стволов (таблица 6) и их температуре (таблица 7).

При измерениях проведенных 27 мая, группы деревьев разного состояния существенно отличались по значениям импеданса ПКТ. При повторных измерениях, проведенных через две недели, различия в параметрах импеданса ПКТ были несущественны ($t_{\text{факт}} < t_{\text{табл.}}$).

Таблица 6 - Статистические показатели импеданса ПКТ стволов деревьев лиственницы сибирской при различной степени дефолиации крон ($t_{\text{возд.}} = 18^{\circ}\text{C}$)

Степень дефолиации кроны	Число измерений	Лимит, кОм	Хср, кОм	m_x , кОм	σ , кОм	C , %	P , %
Измерения проведены 27.05.2003 г.							
I. Контроль	43	20,0 - 27,0	*23,93	0,26	1,76	7,15	1,09
II. Средняя	49	16,08-28,08	*20,82	0,46	3,23	15,49	2,21
III. Сильная	86	14,0-27,0	*18,87	0,37	3,44	18,23	1,97
Измерения проведены на тех же объектах 14.06.2003 г							
I. Контроль	34	16,0-27,0	22,0	0,54	3,14	14,29	2.45
II. Средняя	36	15,0-25,0	20,69	0.56	3.38	16.33	2.72
III. Сильная	55	18,0-28,0	22,24	0,43	3,19	14.33	1,93

Примечание*- Различия достоверны по критерию Стьюдента ($t_{\text{табл.}}$) при $P=0.05$.

Наибольшей информативностью при диагностике жизнеспособности деревьев обладает термоэкспресс-метод, так как температурный параметр является интегральным показателем жизнеспособности дерева как целостной биологической системы. Стволы

здоровых деревьев благодаря большей скорости водного тока и значительной теплоемкости противостоят нагревающему действию солнечной радиации и окружающего воздуха намного эффективнее, чем стволы ослабленных и усыхающих деревьев.

Таблица 7 - Температура стволов деревьев лиственницы сибирской при различной степени дефолиации (14.06.03 г., $t_{\text{возд.}} = 22^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{глубине 0,77 м}} = 9^{\circ}\text{C}$)

Степень дефолиации кроны	Число измерений	Лимит, кОм	Хср, кОм	m_x , кОм	σ , кОм	C , %	P , %
I. Контроль	22	15,0-16,7	*15,55	0,49	0,9	5,76	1,22
II. Средняя	20	18,0-19,5	* 18,52	0,12	0,54	2,93	0,66
III. Сильная	21	19,5-22,5	• 21,24	0,21	0,97	4,57	1,00

Примечание*- Различия достоверны по критерию Стьюдента (t) при $P=0.05$.

Коэффициент детерминации, отражающий связь температуры ствола с состоянием деревьев имеет более высокие значения ($r = 0.895$), чем

при диагностике по импедансу ПКТ. При первых измерениях, проведенных 27 мая на объектах с дефолиацией крон коэффициент

детерминации импеданса ПКТ имел значения 0,497, при повторных измерениях в результате повышения оводненности стволов, обусловленных деятельностью корневых систем и снижением интенсивности транспирации значения данного показателя были очень низкими ($r = 0.026$), данный показатель при таком типе повреждения неинформативен.

Нарушения водного тока, обусловленные нарушением корневой системы, стволовой части

или кроны, немедленно сказываются на температуре ствола. Связь между транспирационным расходом воды и температурой ствола очень высокая и обратная ($r = -0,937 \dots -0.985$). (Карасев, Карасева, 1995).

При диагностике физиологического состояния деревьев лиственницы сибирской в зависимости от области применения информативными параметрами являются показатели, приведенные в таблице 8.

Таблица 8 - Информативность биофизических методов оценки жизнеспособности деревьев

Метод оценки жизнеспособности деревьев	Статистические показатели			
	коэффициент вариации, среднее С, %	точность опыта, среднее Р, %	достоверность результатов, t	нижний предел доверительного интервала коэффициента детерминации χ^2
Экстремальное повреждение				
Термоэкспресс-метод	1,81	0,57	187,7	0,709
По величинам БЭП	не пригоден			
По импедансу ПКТ	46,58	7,27	18,05	0,439
Длительно действующее,				
Термоэкспресс-метод	2,31	0,70	139,8	0,965
По величинам БЭП	20,70	5,97	18,1	0,757
По импедансу ПКТ	19,52	5,43	21,6	0,909

Термоэкспресс-метод, по сравнению с электрофизиологическими,

характеризуется высокими значениями достоверности результатов, высокой точностью и малыми значениями коэффициента вариации измеряемого параметра при всех типах повреждений

Для повышения информативности и более точных оценок целесообразно использование нескольких оценочных параметров.

Выводы

При интродукции лиственницы сибирской для целей массового лесоразведения целесообразно применение популяционного отбора, способствующего сохранению генетического биоразнообразия и повышению неспецифической (общей) устойчивости к экстремальным факторам среды.

При диагностике состояния, селекционном отборе для создания лесных культур, техногенных и защитных насаждений и выявления толерантности физиологических функций особей важное значение имеет уточнение границ диапазонов их функционирования и выделение устойчивых биотипов на основе индивидуального отбора по физиологическим, биофизическим и морфометрическим параметрам.

Значительная индивидуальная изменчивость лиственницы по интенсивности регенерации корней и быстрому восстановлению водного статуса в послепосадочный период, диагностируемых по величинам импеданса ПКТ, температурным параметрам, осмотическому потенциалу клеточного сока, позволяет проводить селекционный отбор особей, обладающих интенсивной регенерацией корней и высокой поглощающей способностью. При посадке таких растений отмечено; повышение приживаемости, уменьшение периода послепосадочной депрессии и более интенсивный рост на начальных этапах онтогенеза по сравнению со среднепопуляционными.

Анализ накопленной информации по применению различных параметров для диагностики жизнеспособности деревьев свидетельствует о необходимости дифференцированного подхода к выбору оценочных параметров с учетом типа повреждения и информативности используемого показателя.

При ослаблении растений под влиянием длительнодействующих факторов среды высокую информативность имеют электрофизиологические показатели ($p_2 = 0.757 - 0.910$). При экстремальных техногенных воздействиях и сильных рекреационных

нагрузках жизнеспособность деревьев диагностируется по тепловым параметрам стволов. Связь температуры стволов с состоянием деревьев высокая, обратная, коэффициент детерминации варьирует в пределах 0.710...0.974.

Библиографический список

1. Газизуллин А. Х., Грачев В. М. Почвенно-экологические условия произрастания высокопроизводительных культур лиственницы в лесостепи Среднего Поволжья // *Лиственница и ее использование в народном хозяйстве*. — Межвузовский сборник научных трудов. — Красноярск: КГУ, 1980. — С. 40-46.
2. Горышина Т. К. Экология растений: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 1979. — 368 с.
3. Иванов А. Ф. и др. Биология древесных растений. — Минск: Наука и техника, 1975. — 259с.
4. Карасев В. Н., Карасева М. А. Информативность импеданса растительных тканей древесных растений при нарушении водного режима // *Структура и молекулярная динамика полимерных систем: Материалы Всероссийского совещания*. — Йошкар-Ола, 1995.—С. 102-104.
5. Кудрявцев М. Н. Разведение лиственницы в Чувашской АССР // *Материалы научно-технической конференции по обмену опытом повышения производительности лесов Волго-Вятского района*. — Йошкар-Ола, 1964. — С. 22-27.
6. Мезенцева В. Т., Дерюжкин Р. И. Содержание хлорофила и микроэлементов в хвое географических культур // *Лесоведение*. — 1984, №6. — С. 61-65.
7. Милютин Л. И. О некоторых физиологических признаках лиственниц сибирской и даурской // *Изменчивость древесной растительности Сибири*. — Красноярск, 1974.—С. 35-45.
8. Рутковский И. В., Кишенков Ф. В. Применение электрофизиологических методов в лесовыращивании // *ЭИ ЦБНТИ Гослесхоза СССР. — Лесоведение и лесоводство*. — 1980.— Вып. 3.—40с.
9. Смирнов Н. А. Выращивание посадочного материала для лесовосстановления. — М.: Лесн. пром-сть, 1981. — 169 с.
10. Тимофеев В. П. Лесные культуры лиственницы. — М.: Лесная промышленность, 1977.—216с.
11. Шеверножук Р. Г. Функциональная диагностика адаптивных свойств растений и перспективы ее использования в лесной селекции / Автореферат на соискание ученой степени д-ра с- х. наук. — Брянск, 1997. — 35с.

Поступило в редакцию 10 июля 2003 г.