

УДК 630*181

В.Н. Карасев, М. А. Карасева

Карасев Валерий Николаевич родился в 1942 г., окончил в 1965 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры садово-паркового строительства, ботаники и дендрологии Марийского государственного технического университета. Имеет более 80 научных и методических работ в области диагностики физиологического состояния и жизнеспособности древесных растений.



Карасева Маргарита Антиповна родилась в 1941 г., окончила в 1965 г. Поволжский лесотехнический институт, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ Марийского государственного технического университета. Имеет более 90 печатных работ в области искусственного лесовосстановления и интродукции древесных растений.

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ДЕРЕВЬЕВ
ХВОЙНЫХ ПОРОД**

Приведены результаты исследований информативной ценности биоэлектрических и морфометрических параметров для диагностики физиологического состояния и жизнеспособности деревьев хвойных пород при различных типах повреждений. Разработан новый биофизический метод диагностики жизнеспособности древесных растений по температуре стволов в заданных точках.

Ключевые слова: диагностика, хвойные древесные растения, БЭП, термоэкспресс-метод.

Существующие традиционные физиолого-биохимические методы оценки жизнеспособности древесных растений малоприменимы для широкого применения из-за своей сложности и трудоемкости. Гораздо большие преимущества имеют биофизические методы, из которых известны биопотенциалметрия [1, 6–8], вариации методов, связанные с определением полного электрического сопротивления (импеданс) растительных тканей, определение поляризационной емкости [7] и др.

Новое направление в получении информации о физиологическом состоянии и жизнеспособности древесных растений основано на оценке тепловых параметров [2–5] и обусловлено наличием тесной связи между состоянием деревьев, водным режимом и температурой стволов.

Суточный ход температуры деревьев коррелирует с суточным ходом солнечной радиации и температуры воздуха и смещен по сравнению с ними во времени, что связано с теплоемкостью, теплопроводностью, теплоотдачей, диаметром, расходом воды деревом, степенью жизнеспособности и др.

Скорость водного тока и расход воды определенным образом соотносятся с уровнем жизнеспособности дерева. Следовательно, при одинаковом притоке тепла извне динамика изменения температуры ствола отражает жизнеспособность дерева как целостной биологической системы, так как любые существенные нарушения водного тока в корнях, стволовой части, кроне немедленно сказываются на температуре ствола дерева и других его частей.

Между расходом воды на транспирацию и массой хвои на дереве, а также между расходом воды и температурой ствола существует определенная связь. Так, для деревьев сосны обыкновенной диаметром $25,0 \pm 1,0$ см при суточной максимальной температуре воздуха 28°C связь между расходом воды на транспирацию и температурой ствола с северной стороны (на высоте 1,3 м, в средней части водопроводящей зоны) обратная и очень высокая ($r = -0,985$) и описывается уравнением

$$Y = 19,756 - 0,767 X,$$

где Y – расход воды деревом на транспирацию, кг/ч;

X – температура ствола в заданной точке, $^\circ\text{C}$.

Аналогичная зависимость наблюдается и для деревьев лиственницы сибирской такого же диаметра.

Для реализации диагностики жизнеспособности деревьев по тепловому методу достаточно измерить температуру ствола в заданной точке, которая выявлена на основании исследований зависимости температуры ствола от диаметра, высоты, сторон света, времени суток, времени года и находится в нижней части ствола в зоне наибольших инверсий температур.

Впервые этот метод был использован для диагностики жизнеспособности деревьев сосны обыкновенной, поврежденных во время лесных пожаров 1972 г. Комплексные физиологические исследования деревьев сосны различной жизнеспособности проводили в древостоях полнотой 0,6–0,7,

Таблица 1

Показатели	Категория жизнеспособности деревьев			
	Здоровые	Средне-поврежденные	Сильно-поврежденные	Усыхающие
Масса сырой хвои на дереве, кг	42,2	18,0	7,6	2,0
Интенсивность транспирации (на сырую массу хвои), г/(кг·ч)	131,6	122,0	98,1	59,3
Скорость водного тока, м/ч	0,32	0,21	0,14	0,04
Расход воды деревом, кг/ч	5,53	2,20	0,75	0,12
Влажность водопроводящей ксилемы ($H = 1,3$ м), % к абс. сух. массе:				
через 1 год	143,0	120,0	115,0	159,0
через 2 года	125,0	111,0	86,0	25,6
Влажность хвои, %:				
1-летней	150,0	142,3	131,2	104,4
2-летней	117,0	108,8	105,1	81,5

Содержание хлорофилла, мг/г				
сухой хвои:				
в 1-летней хвое	1,246	1,026	0,902	0,608
в 2-летней хвое	1,623	1,262	1,073	0,644
Абс. сухая масса				
100 хвоинок, г				
1-летних	3,66	3,33	2,98	0,92
2-летних	3,84	3,51	2,67	1,03
Повреждение камбия по				
окружности ($H = 0,5$ м), %	–	20,0	65,0	85,0
Высота нагара ствола, м	–	3,0	4,5	4,5

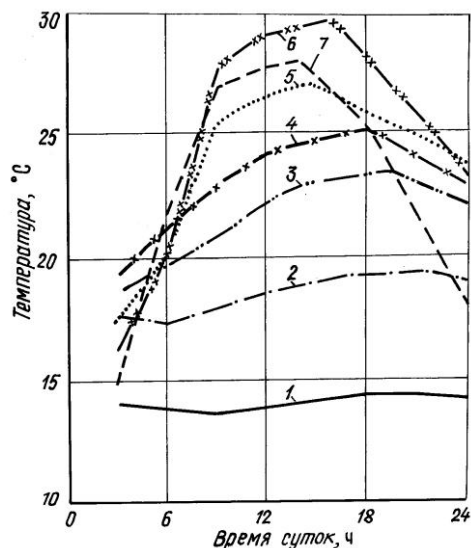
пройденных низовым пожаром средней интенсивности. Средняя высота деревьев $19,0 \pm 0,6$ м, диаметр 25 ± 1 см, возраст 40 ... 50 лет, состав 10С, местоположение участка возвышенное, почва дерново-среднеподзолистая песчаная, тип леса сосняк лишайниково-мшистый. Биологическая характеристика деревьев сосны различной жизнеспособности на второй год после пожара ($p = 0,95$) приведена в табл. 1.

Деревья различных категорий жизнеспособности отличались по основным биологическим параметрам. Существенное различие по таким показателям, как влажность ксилемы и хвои, масса 100 хвоинок, содержание общего хлорофилла, наступает не ранее чем через 1–2 года после повреждения пожаром. Различие в скорости водного тока, интенсивности транспирации, расходе воды деревом, а также температуре стволов в заданных точках становится существенным сразу же после пожара.

Степень повреждения камбия, хотя и определяет состояние дерева, но установление количественной меры этого показателя сопряжено с риском еще большего ослабления сохранивших жизнеспособность деревьев.

Дневной ход температуры водопроводящей зоны для деревьев сосны диаметром 25 ± 1 см различного состояния на высоте 1,3 м с северной сто-

Дневной ход температуры в заданной точке стволов деревьев на второй год после низового пожара: 1 – корнеобитаемый слой почвы на глубине 0,7 м; 2 – деревья, не поврежденные пожаром; 3 – среднеповрежденные; 4 – сильноповрежденные; 5 – усыхающие; 6 – мертвые; 7 – воздух



роны стволов приведен на рисунке. Разница температур в заданных точках между стволами здоровых и усыхающих деревьев при антициклоническом типе погоды достигает 10 ... 14 °С. С учетом существенности различий в этом температурном интервале можно выделить 9 ... 11 и более градаций жизнеспособности деревьев. 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 тем более усыхающих деревьев.

Различие в температуре стволов деревьев разных категорий жизнеспособности сохраняется в течение всего лета, захватывая частично и осенний период. При выравнивании максимальных суточных температур воздуха и температуры корнеобитаемого слоя почвы, примерно с середины сентября, различия в температуре стволов деревьев становятся несущественными.

Термоэкспресс-метод обладает высокой информативностью в течение всего вегетационного периода, а также и в ранневесенний период, когда многие электрофизиологические методы достоверной информации дать не могут по ряду причин. Например, жизнеспособность деревьев по величинам биоэлектрических потенциалов (БЭП) рекомендуется оценивать в середине лета, так как в ранневесенний период амплитуда БЭП находится на подъеме и еще недостаточно выражена. Это обстоятельство вообще не позволяет развернуть работы по оценке жизнеспособности данным методом в начале вегетационного периода, например в случае повреждения деревьев, в первую очередь хвойных пород, ранневесенней засухой, которая начинается задолго до оттаивания корнеобитаемого слоя почвы.

Результаты дисперсионного анализа свидетельствуют, что в 97,4 % случаев температура стволов, поврежденных пожаром, связана с их состоя-

нием, а в 2,6 % обусловлена другими причинами. Величины БЭП в данной ситуации лишь в 13,7 % случаев отражают жизнеспособность деревьев, а импеданс прикамбиального комплекса тканей (ПКТ) — в 61,0 %. Высокие значения коэффициента детерминации, характеризующие связь температуры стволов деревьев с их жизнеспособностью, получены и при других типах повреждений.

Такие параметры, как содержание общего хлорофилла и биометрические показатели, дают информацию не менее чем через год после повреждения, а оценка жизнеспособности по величинам БЭП и импедансу ПКТ часто вообще не дает достоверной информации о состоянии, что объясняется случайным подключением электродов к участкам растительных тканей, сохранившим жизнеспособность, так как повреждение, например, прикамбиального комплекса тканей стволов деревьев во время пожаров имеет неравномерный характер из-за различной толщины корки. В случае ослабления деревьев длительно действующими факторами среды электрофизиологические методы дают хорошие результаты.

Термоэкспресс-метод, по сравнению с электрофизиологическими, характеризуется высокими достоверностью результатов, точностью и малыми значениями коэффициента вариации измеряемого параметра при всех типах повреждений (табл. 2).

Таблица 2

Метод оценки жизнеспособности деревьев	Коэффициент вариации C , %	Точность опыта P , %	Достоверность результатов t	Нижний предел доверительного интервала коэффициента детерминации η^2
Экстремальное, тепловое при низовых пожарах (сосна)				
Термоэкспресс-метод	2,02	0,50	187,4	0,974
По величинам БЭП	27,20	7,83	12,7	0,137
По импедансу ПКТ	8,62	3,11	35,9	0,610
Экстремальное, во время ранневесенней засухи (ель)				
Термоэкспресс-метод	1,81	0,57	187,7	0,709
По величинам БЭП	Н е п р и г о д е н			
По импедансу ПКТ	46,58	7,27	18,05	0,439
Длительно действующее, при корневой губке (сосна)				
Термоэкспресс-метод	1,73	0,43	237,0	0,767
По величинам БЭП	12,83	3,87	26,4	0,910
По импедансу ПКТ	20,18	6,70	18,6	0,909
Длительно действующее, при избыточном увлажнении (сосна)				
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

Таким образом, результаты комплексных эколого-физиологических исследований показывают, что при всех типах повреждений, связанных с нарушением водного режима растений, и в течение всего вегетационного периода наиболее информативен термоэкспресс-метод ранней диагностики физиологического состояния древесных растений. Связь температуры стволов с состоянием деревьев высокая и обратная, коэффициент детерминации варьирует в пределах 0,710 ... 0,974. Электрофизиологические методы низкоинформативны на объектах с экстремальными типами повреждений ($\eta^2 = 0,137 \dots 0,610$) и высокоинформативны ($\eta^2 = 0,757 \dots 0,910$) при ослаблении деревьев какими-либо длительно действующими факторами среды. Тепловые методы оценки состояния деревьев, по сравнению с электрофизиологическими, обладают перспективой дистанционного получения информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарудный И.Н. Биоэлектрический потенциал как метод определения жизнеспособности подроста древесных пород / И.Н. Зарудный // Науч. тр. ЛТА. – 1970. – № 127. – С. 35–41.
2. Жирин В.М. Дистанционное зондирование при изучении динамики лесных экосистем за рубежом: обзор. информ. / В.М. Жирин. – М.: ВНИИЦлесресурс, 1993. – 40 с. – (Лесоводство и лесоведение; вып. 2).
3. Карасев В.Н. Физиология растений: учеб. пособие / В.Н. Карасев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. – 304 с.
4. Карасев В.Н. Температурный режим деревьев сосны обыкновенной, поврежденных пожаром / В.Н. Карасев, М.А. Карасева // Матер. науч. конф. по итогам науч.-исслед. работ МПИ за 1974 г. Секция: Лесн. хоз-во. – Йошкар-Ола, 1975. – С. 21–24.
5. Карасев В.Н. Гетерогенность популяций хвойных Среднего Поволжья по физиологическим и биоэлектрическим параметрам / В.Н. Карасев, М.А. Карасева // Экология и генетика популяций: матер. Всерос. популяц. семинара. – Йошкар-Ола: Периодика, 1998. – С. 253–255.
6. Коловский Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений / Р.А. Коловский. – Новосибирск: Наука, 1980. – 176 с.
7. Рутковский И. В. Применение электрофизиологических методов в лесовыращивании / И.В. Рутковский, Ф.В. Кишенков // Лесоведение и лесоводство. – 1980. – Вып. 3. – 40 с.
8. Шеверножук Р.Г. Функциональная диагностика адаптивных свойств растений и перспективы ее использования в лесной селекции: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Р.Г. Шеверножук. – Брянск, 1997. – 35 с.

Марийский государственный
технический университет

Поступила 18.06.02

V.N. Karasev, M.A. Karaseva

Ecological-and-physiological Diagnostics of Coniferous Trees Viability

Study results are provided on the informational value of bioelectric and morphometric parameters for diagnostics of physiological state and viability of coniferous trees under different damage types. New biophysical diagnostic method of trees viability according to the stem temperature at the specified points has been developed.