

УДК 674.032.13:581.11

*В.Н. Карасев, М.А. Карасева*

Марийский государственный технический университет

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 90 печатных работ в области физиологии древесных растений.  
Тел.: 8(8362) 94-91-82



Карасева Маргарита Антиповна родилась в 1941 г., окончила в 1965 г. Поволжский лесотехнический институт, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур и механизации лесохозяйственных работ Марийского государственного технического университета. Имеет более 110 печатных работ в области искусственного лесовосстановления и интродукции древесных растений.  
Тел.: 8(8362) 71-06-50



## **ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ В РАННЕВЕСЕННИЙ ПЕРИОД**

Приведены показатели водного режима деревьев ели европейской разного физиологического состояния. Установлены причины их усыхания.

*Ключевые слова:* ель европейская, усыхание, диагностика, водный режим, жизнеспособность.

Изучение водного режима растений позволяет выявить механизмы их адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды, охарактеризовать степень экологической устойчивости в различных лесорастительных условиях, выяснить закономерности протекания физиологических процессов и своевременно провести мероприятия, направленные на повышение устойчивости и жизнеспособности лесных фитоценозов. По данным многих исследований, самое трудное время для древесных растений наступает в конце зимы, когда почва еще не оттаяла, а солнце все сильнее нагревает ветви и ускоряет транспирацию [4, 5], однако особенности водного режима в данный период изучены слабо.

Цель нашей работы – выявить взаимосвязи параметров водного режима деревьев ели европейской в ранневесенний период с физиологическим состоянием и оценить их жизнеспособность.

При выполнении комплексных исследований определяли: влажность хвои и древесины, скорость водного

тока, расход воды деревом, температуру стволов деревьев в заданных точках, интенсивность фотосинтеза и транспирации, содержание хлорофилла, показатели роста, биоэлектрические потенциалы (БЭП), электрическое общее сопротивление прикамбиального комплекса тканей (импеданс ПКТ).

Интенсивность транспирации находили методом быстрого взвешивания. Биоэлектрические потенциалы измеряли высокоомным ламповым милливольтметром постоянного тока с электрометрическим усилителем, с применением платиновых электродов. Импеданс прикамбиального комплекса тканей определяли на частоте 0,5 кГц с помощью электродов игольчатого типа диаметром 1 мм и длиной 10 мм, вводимых с северной стороны с базой 10 см. Температуру стволов деревьев в заданной точке устанавливали на основе терморезистивного эффекта [2]. Линейную скорость водного тока измеряли кондуктометрическим экспресс-методом [4], содержание общего хлорофилла – фотоэлектроколориметрическим [1].

В последние годы как в Среднем Поволжье, так и в других регионах (Московская, Брянская, Архангельская и другие области) наблюдается массовое усыхание насаждений ели европейской на значительных площадях [3, 4, 6, 7]. Отмечается, что усыхание ели, как правило, скоротечно, характеризуется единичным, куртинно-групповым и сплошным отмиранием деревьев, причем как в спелых, приспевающих, так и в средневозрастных насаждениях. В ряде случаев причиной гибели ели является ранневесенняя засуха [4].

Усыхание деревьев ели весной чаще носит куртинный характер и сопровождается интенсивным опадением еще зеленой хвои вначале в нижней части крон, а впоследствии в средней и верхней. В последующем на таких деревьях поселяются вторичные вредители. Усыхают чаще деревья старших классов возраста, занимающие господствующее положение в пологе чистых или близких к ним по составу высокополнотных насаждений. Периодически весной в Среднем Поволжье на со-

стояние деревьев ели оказывают экстремальное воздействие крайне неблагоприятные климатические факторы: высокая температура воздуха в полдень (до 20 °С и выше), сильная солнечная радиация при наличии в лесу снежного покрова, частые штормовые ветры (до 17...23 м/с), временами низкая относительная влажность воздуха (33...45 %). При этом в худших условиях оказываются деревья с пониженным запасом влаги в стволах или расположенные на участках с неоттаявшей почвой. У таких деревьев при отсутствии подачи воды корнями и чрезмерном расходовании ее надземной частью на участке ствола ниже кроны происходит резкое снижение влажности заболонной древесины (до 30...35 % от сухой массы), что приводит к иссушению и отмиранию луба и камбия по окружности ствола (табл. 1, данные здесь и далее для деревьев ели диаметром 32±2 см, поврежденных ранневесенней засухой, по состоянию на первую декаду мая).

Таблица 1

Изменение влажности водопроводящей ксилемы по высоте ствола

Высота ствола, м	Влажность ксилемы, % от абс. сухой массы, деревьев					
	неповрежденных		слабо поврежденных		летально поврежденных	
	$X$	$m_x$	$X$	$m_x$	$X$	$m_x$
0,3	195,2	6,80	124,4	4,45	136,7	5,01
1,3	154,5	4,91	113,0	5,74	114,1	5,82
2,0	150,6	1,89	104,8	6,63	108,2	5,28
4,0	142,9	2,54	89,7	5,83	98,7	1,85
6,0	139,2	4,10	82,0	2,27	60,9	3,95
8,0	136,4	2,20	102,2	2,00	43,8	3,23
10,0	147,6	2,70	114,3	4,86	38,3	1,37
12,0	156,2	4,60	127,2	5,05	38,8	1,32
14,0	155,7	4,51	125,6	7,17	42,7	3,62
16,0	157,5	5,10	122,7	6,90	57,0	2,84
18,0	148,4	3,75	121,4	4,30	62,0	2,95
20,0	150,4	4,28	128,9	8,00	65,9	4,95
22,0	147,5	2,48	135,3	10,00	67,6	2,28
24,0	154,9	5,30	139,4	9,31	76,1	2,68
26,0	158,8	2,90	147,1	7,74	80,7	2,98

Примечание.  $X$  – среднее значение,  $m_x$  – ошибка среднего.

Таблица 2

## Влажность хвои, % от абс. сухой массы, и содержание общего хлорофилла, мг/г сухого вещества

Часть кроны	Возраст хвои, лет	Влажность хвои деревьев					Содержание общего хлорофилла в хвое деревьев				
		неповрежденных		летально поврежденных		Существенность различий	неповрежденных		летально поврежденных		Существенность различий
		$X$	$m_x$	$X$	$m_x$		$X$	$m_x$	$X$	$m_x$	
Верхняя	1	113,7	5,04	108,8	4,78	0,70	1,867	0,12	1,961	0,08	0,65
	2	104,3	2,81	100,7	1,85	1,07	2,246	0,11	2,283	0,13	0,22
	3	93,0	4,23	90,7	3,54	0,42	2,781	0,15	2,810	0,11	0,15
Средняя	1	112,5	3,08	110,0	2,36	0,64	2,478	0,12	2,310	0,18	0,78
	2	111,7	4,93	104,3	2,00	1,39	2,910	0,15	3,022	0,15	0,53
	3	98,5	1,20	78,0	1,47	10,79	3,583	0,21	3,166	0,11	1,76
Нижняя	1	106,5	2,21	50,2	1,39	21,57	2,571	0,19	2,398	0,13	0,75
	2	104,6	3,04	44,5	2,15	16,16	3,492	0,28	3,077	0,18	1,24
	3	98,7	1,17	35,0	1,07	40,32	4,070	0,25	3,599	0,23	1,38

Примечание. Стандартный критерий Стьюдента  $t_{st} = 2,12$  при  $P = 0,95$  и  $V = 16$ .

Далее зона отмирания камбия распространяется вниз и вверх по стволу и сопровождается интенсивным опадением зеленой хвои в нижней части

кроны. Опадающая хвоя имеет высокое содержание хлорофилла (2,968 мг/г) и низкую влажность (35...40 % к абс. сухой массе) – табл. 2.

Таблица 3

#### Изменение низкочастотного электрического сопротивления ПКТ по высоте ствола

Высота ствола, м	Неповрежденные деревья			Летально поврежденные деревья		
	$X$ , кОм	$m_x$ , кОм	$C$ , %	$X$ , кОм	$m_x$ , кОм	$C$ , %
0,3	40,3	1,26	7,62	21,8	2,66	29,9
1,3	43,2	1,60	9,08	25,0	3,50	34,3
2,0	45,6	1,52	8,15	40,5	4,43	26,8
4,0	52,3	2,04	9,57	68,0	14,30	51,7
6,0	59,5	2,28	9,37	130,0	17,10	32,2
8,0	62,8	3,54	13,80	164,8	16,80	24,9
10,0	58,8	2,56	10,70	189,0	12,50	16,1
12,0	51,8	2,34	11,10	193,2	11,90	15,2
14,0	44,5	1,20	6,63	185,3	13,90	18,3
16,0	43,8	0,91	5,03	178,0	13,68	18,8
18,0	45,3	1,93	10,40	176,5	13,44	18,7
20,0	53,6	3,55	16,20	183,0	12,70	17,0
22,0	61,7	4,84	19,20	196,3	12,70	15,8
24,0	74,8	8,24	26,98	215,8	12,80	14,5
26,0	91,0	8,10	21,80	237,3	13,80	14,2

Хвоя верхних ярусов кроны, обладая большой сосущей силой, перераспределяет воду из хвои и побегов нижних ярусов. При отмирании луба и камбия в критической зоне транспорт воды по ксилеме прекращается даже при возобновлении корневой деятельности после оттаивания почвы. По содержанию в хвое общего хлорофилла летально поврежденные деревья ели существенно не отличаются от здоровых или слабо поврежденных (табл. 2). Содержание общего хлорофилла в хвое, опадающей с нижней и средней частей крон летально поврежденных деревьев ели, достаточно высокое и составляет в среднем  $2,968 \pm 0,31$  мг/г сухого вещества.

Отсутствие существенных различий в содержании общего хлорофилла в хвое, размерах и синхронности радиальных приростов стволов за последние 10 лет, размерах хвои и др. между летально поврежденными и неповрежденными деревьями ели свиде-

тельствует о том, что до развития ранневесенней засухи деревья не различались существенно и по своему физиологическому состоянию. При измерении низкочастотного электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей выявлено его более высокое значение в подкроновом пространстве (табл. 3).

Следует отметить, что летально повреждаемые ранневесенней засухой деревья уже в начальной фазе статистически значимо отличаются от неповрежденных температурой стволов, влажностью древесины, луба, камбия, значениями импеданса (комплексного электрического сопротивления) ПКТ в критической зоне стволов (табл. 3), а также скоростью водного тока, которая в полуденное время у неповрежденных засухой деревьев достигает  $0,15...0,20$ , у слабо поврежденных –  $0,05...0,10$  м/ч, а у летально поврежденных практически не обнаруживается, пока в корнеобитаемом слое почвы

не растает почвенный лед. После таяния льда живые корни таких деревьев начинают активно подавать воду в уже отмирающие стволы.

Измерения температуры стволов с северной стороны на высоте 1,3 м показывают, что у деревьев, не имею-

щих в это время водного тока, она в заданных точках на 4 °С выше, чем у неповрежденных (табл. 4). Для корневых шеек неповрежденных и летально поврежденных деревьев разница еще больше.

Таблица 4

Температура деревьев ели различных категорий на высоте 1,3 м

Категория жизнеспособности	X, °С	$m_x$ , °С	$\sigma$	C, %	P, %	T
Неповрежденные	19,2	0,98	0,311	1,60	0,5	195,0
Слабо поврежденные	20,3	0,08	0,270	1,30	0,4	240,7
Летально поврежденные	22,4	0,18	0,560	0,56	0,8	126,5

По результатам дисперсионного анализа в 70,9 % случаев температура стволов деревьев ели, подверженных действию ранневесенней засухи, связана с их жизнеспособностью. По импедансу ПКТ этот показатель намного ниже – 43,9 %. Метод малоинформативен, так как импеданс ПКТ в нижней части стволов летально поврежденных деревьев после оттаивания корневой системы (на 1,0...2,5 недели позже) и подачи воды в уже отмирающий ствол значительно ниже, чем у неповрежденных из-за возрастания влажности растительных тканей в зоне отмирания. При этом различия по импедансу существенны, но противоречат теории метода. Однако данный метод обладает высокой информативностью в критической зоне ствола (под кроной, на высоте 6...10 м), влажность которой у летально поврежденных деревьев очень низкая и не увеличивается существенно даже при возобновлении корневой деятельности, но эта зона труднодоступна для измерений. Непригоден в данном случае и метод оценки БЭП из-за календарных сроков.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

Наибольший ущерб от ранневесенней засухи наблюдается после суровых морозных зим с глубоким промерзанием почвы, особенно когда сильные морозы устанавливаются при незначительном по толщине снежном покрове. Куртинное размещение отмерших деревьев объясняется существованием под ними в весеннее время почвенного льда в виде линз соответствующей конфигурации. Повреждаются чаще всего деревья старших классов возраста, занимающие господствующее положение в пологе чистых или близких к ним по составу высокополнотных насаждений. Связь степени усыхания ели с ее формовым разнообразием и типами леса не установлена. Ущерб от ранневесенней засухи, в основе которой лежит явление физиологической сухости, меньше в насаждениях с участием ели в составе 0,3–0,4 единицы и там, где лесная подстилка лучше разлагается за счет значительной доли опада лиственных пород.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годнев Т.Н. Строение хлорофилла и методы его количественного определения. Минск, 1952. 327 с.

2. Горышина Т. К. Экология растений: учеб. пособие. М.: Высш. шк., 1979. 368 с.
3. Иванов В.П., Глазун И.Н. Усыхание еловых лесов – проблема регионов // Актуальные проблемы лесного комплекса СССР. Брянск, 2000. С. 98–100.
4. Карасев В.Н. Физиология растений: учеб. пособие. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2001. 304 с.
5. Коловский Р.А. Биоэлектрические потенциалы древесных растений. Новосибирск: Наука, 1980. 176 с.
6. Маслов А.Д. Усыхание еловых лесов от засух по европейской территории СССР // Лесоведение. 1972. № 6. С. 77–87.
7. Пчелин В.И. О влиянии биоэкологических факторов на усыхание ели в лесах Марийской

АССР //Сб. по обмену производствен. и науч. опытом (Йошкар-Ола). 1980. Вып. 9. С. 75–82.

Поступила 03.02.09

*V.N. Karasev, M.A. Karaseva*  
Mari State Technical University

### **Peculiarities of Water Regime of Common Spruce in Early Spring Period**

Characteristics of water regime of common spruce in different physiological state are provided. The reasons for its drying are set.

Keywords: common spruce, drying, diagnostic, water regime, viability.

---