

ВЕСЦІ **НАЦЫЯНАЛЬнай** **АКАДЭМІІ НАВУК БЕЛАРУСІ**

СЕРЫЯ БІЯЛАГІЧНЫХ НАВУК 2011 № 3

ИЗВЕСТИЯ **НАЦИОНАЛЬНОЙ** **АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ**

СЕРИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК 2011 № 3

ЗАСНАВАЛЬНІК – НАЦЫЯНАЛЬНАЯ АКАДЭМІЯ НАВУК БЕЛАРУСІ

Часопіс выдаецца са студзеня 1956 г.

Выходзіць чатыры разы ў год

PROCEEDINGS **OF THE NATIONAL ACADEMY** **OF SCIENCES OF BELARUS**

BIOLOGICAL SERIES 2011 N 3

FOUNDER IS THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF BELARUS

The Journal has been published since January 1956

Issued four times a year

УДК 582.477.2 (476):581.11

А. В. ИВАНОВА

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА *THUJA OCCIDENTALIS* В УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОЙ БЕЛАРУСИ

Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Минск, e-mail: cbg@it.org.by

(Поступила в редакцию 26.08.2010)

Введение. В нормальных условиях жизнедеятельности высших растений происходит постоянный водообмен растительного организма с внешней средой. Этот водообмен зависит как от условий внешней среды, так и от биологических особенностей растений, и во многих случаях является важнейшим фактором, определяющим репродуктивные и декоративные качества. Поэтому важно знать не только экологическую среду, определяющую этот водообмен, но и биологические особенности самих растений в отношении к этому процессу или их водный режим в определенных условиях внешней среды.

Оценить уровень водообмена растений позволяет ряд показателей, среди которых оводненность, водный дефицит, водоудерживающая способность листьев. Так, варьирование содержания воды в листьях считается хорошим критерием подвижности или устойчивости водного режима, показателем способности регулировать водный баланс, адаптироваться к условиям обитания [1]. Исследование параметров водного режима позволяет выявить адаптационные возможности при изменении как природных (климатических), так и антропогенных (загрязнение атмосферы промышленными выбросами) факторов. Изучение влияния этих факторов на растительность является актуальным [13, 15].

В условиях Беларуси водный режим растений изучался активно как применительно к аборигенной флоре [2–4], так и у интродуцентов [6]. Рассчитаны даже расходы влаги на транспирацию целыми фитоценозами [5].

Цель исследования – изучить изменчивость показателей водного режима форм *Thuja occidentalis* в зависимости от факторов среды и определить возможность их использования в качестве диагностического критерия оценки адаптационных возможностей растений.

Объекты и методы исследования. Объектами исследования являлись одновозрастные (10 лет) садовые формы туи (культурары) *Thuja occidentalis* – *Globosa*, *Albospicata*, *Ericoides*, *Columnaris*, *Lutea*, *Rheingold*. Высота растений соответственно – 0,6 м; 1,5; 0,8; 1,5; 1,3; 1,0 м. Растения произрастают в ботаническом саду УО «ВГУ им. П. М. Машерова» на дерново-подзолистых суглинистых почвах. Метеорологические наблюдения за 2008 г. были предоставлены ГУ «Витебский областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (табл. 1). Хвоя отбиралась с побегов, расположенных на одном уровне по высоте, с юго-восточной стороны, в одинаковое время суток. Определение параметров водного режима проводились по комплексной методике М. Н. Гончарика [7]. Замеры производились в 10, 14 и 18 ч. Обработка полученных результатов производилась при помощи Статистика 6.0.

Т а б л и ц а 1. Метеорологические данные по г. Витебску (среднесуточные)

Дата	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С		Относительная влажность воздуха, %	Ветер, max, м/с	Осадки, сумма, мм
		max	min			
03.04.08	7,8	17,0	0,4	55	7	0
12.05.08	11,7	31,3	2,5	63	11	0
19.06.08	17,1	41,2	10,1	55	9	0

Продолжение табл. 1.

Дата	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С		Относительная влажность воздуха, %	Ветер, max, м/с	Осадки, сумма, мм
		max	min			
31.07.08	15,3	35,3	10,6	77	7	0,3
27.08.08	14,5	22,9	10,5	88	9	2,0
23.09.08	8,9	24,7	3,2	76	12	0

Результаты и их обсуждение. Большое значение для водного режима растения имеет процесс отдачи им воды или процесс транспирации. Интенсивность транспирации зависит от биологических свойств растительного организма и напряженности метеоусловий среды обитания растений.

Быстрота водообмена зависит как от интенсивности транспирации, так и темпов поступления воды в лист, причем она бывает весьма различной. Например, в засушливых условиях степных и пустынных районов при высоком напряжении метеорологических факторов быстрота водообмена может достигать громадных величин. Смена всего запаса воды в листьях происходит через каждые 7–8 мин [7].

Интенсивность транспирации настолько лабильный показатель, что лишь при большом количестве определений возможно получить данные о ее количественных параметрах. Тем более сложно выявить временные изменения или связи с условиями среды. Многочисленные замеры в 10, 14 и 18 ч не позволили установить четких зависимостей. Обнаруживается лишь приближительная тенденция в уменьшении транспирации к 18 ч. Это объясняется нахождением объектов в антропогенно измененной среде, где температура и влажность воздуха и почвы, скорость ветра и другие факторы среды не всегда следуют природным ритмам. В табл. 2 приводятся данные о среднедневной интенсивности транспирации в течение апреля – сентября 2008 г. Интенсивность транспирации наибольших средних значений в апреле достигает у *Thuja occidentalis Lutea* (746,4 мг/г воды на 1 г сырой массы) и *Columnaris* (717,2 мг/г воды на 1 г сырой массы) (табл. 2). Меньше других интенсивность транспирации у *Thuja occidentalis Globosa* (509,3 мг/г воды на 1 г сырой массы). В мае у большинства культиваров наблюдалось снижение интенсивности транспирации. В июне более интенсивно транспирирует *Thuja occidentalis Albospicata* (782,1 мг/г воды на 1 г сырой массы) и *Globosa* (509,9 мг/г воды на 1 г сырой массы). Минимальные значения интенсивности транспирации в июле (до 92,6 мг/г воды на 1 г сырой массы) у *Thuja occidentalis Reingold*, что объясняется длительным отсутствием осадков, перегревом почвы. В августе интенсивность транспирации увеличивается до 811,2 мг/г воды на 1 г сырой массы у *Thuja occidentalis Albospicata*. В сентябре она на уровне мая (от 272,7 до 637,3 мг/г воды на 1 г сырой массы) у ряда культиваров. Таким образом, у большинства культиваров наблюдается сравнительно высокая интенсивность транспирации в апреле, снижение в мае и увеличение в августе, у некоторых культиваров отмечается увеличение в июне, т. е. наблюдаются два пика. В целом прослеживается тенденция уменьшения транспирации к сентябрю. Трудно объяснить ее увеличение в сентябре у формы туи западной *Globosa*. Представляется, что в этой ситуации определенную ясность вносит характеристика погоды в дни исследований как близкая к среднемесячным данным (табл. 1). Наблюдается возрастание среднесуточной температуры воздуха от апреля к июню-июлю и снижение – к сентябрю, сильное прогревание почвы в середине лета на фоне от-

Т а б л и ц а 2. Интенсивность транспирации, мг/ч воды на 1 г сырой массы (среднедневная)

Месяц	Садовые формы туи (культивары)						
	Globosa	Albospicata	Ericoides	Columnaris	Lutea	Reingold	Среднее значение
03.04.08	310,0	471,6	431,5	717,2	746,4	533,3	535,0
12.05.08	305,8	426,6	213,2	438,94	337,7	761,7	413,9
19.06.08	509,3	782,1	202,6	151,03	310,9	432,7	398,1
31.07.08	365,9	225,3	115,1	315,9	248,7	92,6	227,2
27.08.08	352,3	811,2	143,5	505,5	423,3	268,6	417,4
23.09.08	637,3	411,7	472,9	323,9	272,7	–	423,7
Среднее значение	413,4	521,4	263,1	408,7	389,9	417,7	402,4

сутствия осадков. По усредненным данным наиболее высокой интенсивностью транспирации обладают культивары *Albospicata*, *Reingold*, *Globosa* и *Columnaris* (521,4–408,8 мг/ч воды на 1 г сырой массы). Меньше других транспирирует *Ericoides* (263,1 мг/ч воды на 1 г сырой массы), что вполне закономерно по причине эрикоидности в строении хвои. В среднем интенсивность транспирации у туи в год наблюдений составляла 402,4 мг/ч воды на 1 г сырой массы, что является невысоким показателем. Можно утверждать, что, несмотря на явную мезофитность, растения туи обладают механизмом экономной траты влаги на транспирацию.

Одним из важнейших показателей жизнеспособности растений является степень оводненности их тканей. Снижение или повышение содержания воды в клетках растений по отношению к норме, которое может происходить в результате воздействия как внешних неблагоприятных факторов, так и внутренних причин, приводит к подавлению важнейших физиологических процессов и снижению жизнеспособности особей [11].

У хвойных деревьев, к примеру, с оводненностью тканей тесно связана интенсивность смолывыделения, являющаяся показателем их жизнеспособности [10]. Оводненность хвои ели – наследуемый признак, зависящий от условий формирования популяций. Этот признак носит адаптивный характер и сохраняет стабильность в пределах популяции при воздействии данного уровня аэротехногенного загрязнения. Содержание воды в хвое ели варьирует в зависимости от происхождения популяций, генотип которых сформировался в разных климатических условиях [12].

Оводненность ассимилирующих органов туи в течение сезона может изменяться до 20 %, составляя в среднем 67,9 %. Сезонная динамика имеет у отдельных культиваров вид многовершинной кривой. В целом оводненность возрастает к июлю-августу, снижается в сентябре. Что касается суточной динамики здесь превалирует снижение оводненности с 10 ч к 18 ч. Более высокая оводненность (68,9–71,3 %) у культиваров *Rheingold*, *Lutea*, *Globosa*, *Albospicata*. У *Columnaris*, *Ericoides* она составляет 63,0–64,7 %. Осадки, приводящие к снижению температуры воздуха и почвы и, конечно, к увеличению влажности почвы, способствовали увеличению оводненности (табл. 3).

Т а б л и ц а 3. Оводненность, % (среднедневная)

Дата	Садовые формы туи (культивары)						Среднее значение
	<i>Globosa</i>	<i>Albospicata</i>	<i>Ericoides</i>	<i>Columnaris</i>	<i>Lutea</i>	<i>Reingold</i>	
03.04.08	58,5 ± 2,3	59,7 ± 0,3	60,6 ± 1,2	59,0 ± 0,7	62,1 ± 1,8	60,6 ± 2,0	60,0
12.05.08	64,1 ± 4,5	64,8 ± 3,8	58,4 ± 3,4	53,2 ± 4,1	65,3 ± 1,9	63,4 ± 3,8	61,5
19.06.08	77,1 ± 1,7	80,0 ± 1,8	73,1 ± 3,5	71,8 ± 2,6	80,0 ± 1,3	78,0 ± 1,3	76,7
31.07.08	75,3 ± 2,7	76,0 ± 0,9	72,6 ± 1,3	68,3 ± 0,6	72,3 ± 1,1	75,1 ± 1,7	73,3
27.08.08	75,8 ± 1,9	77,3 ± 3,5	65,3 ± 0,5	66,9 ± 1,9	73,6 ± 5,0	71,4 ± 5,1	71,1
23.09.08	69,4 ± 3,1	70,0 ± 2,8	58,0 ± 1,3	59,1 ± 2,0	65,7 ± 1,9	64,8 ± 3,1	64,5
Среднее значение	70,0	71,3	64,7	63,1	69,8	68,9	67,9

В природных условиях практически не встречается полного насыщения листьев водой. Напряженность водного режима растения характеризует водный дефицит, который определяется как разность между содержанием воды в листе в природных условиях и в листе, донасыщенном водой [8]. Водоудерживающая способность листьев зависит от морфолого-анатомических особенностей (кутикулы, воскового налета, опушения и т. д.), структуры и поведения устьичного аппарата, состояния структур и функций клеток [5]. Агрегатное состояние протоплазмы и соотношение форм воды в клетке также характеризуют водоудерживающую способность клеток. Усиление процессов комплексообразования как белковой, так и небелковой природы приводит к увеличению доли связанной воды и снижению количества свободной воды в клетке.

Нарушение взаимосвязанных между собой процессов поглощения воды корневыми системами, продвижения ее по сосудам и тканям растений и транспирации приводит к созданию у них водного дефицита. Большая часть суши земного шара в те или иные периоды вегетации характеризуется недостатком влаги в почве, и некоторое недонасыщение тканей листьев растений влагой явилось приспособительной реакцией к таким условиям.

Обычно водный дефицит, который возникает за счет повышенной интенсивности транспирации при высоком напряжении метеорологических факторов в дневные часы, полностью исчезает с ослаблением транспирационного процесса в вечерние и ночные часы. У многих растений, растущих в умеренном климате, ночью транспирация прекращается, это дает им возможность полностью покрыть созданный днем водный дефицит, что определяется водоемкостью их листьев [7].

На протяжении дня больше всего воды листья содержат утром и меньше всего в полуденные часы, что соответствует изменениям величины водного дефицита и суточным изменениям интенсивности транспирации. Однако между содержанием воды в листьях и общей интенсивностью транспирации нет какой-либо закономерной связи. Высокая оводненность листьев может быть как у растений с высокой, так и с низкой интенсивностью транспирации.

Растения туи испытывают водный дефицит, который в целом увеличивается к июлю, снижаясь к сентябрю. В среднем для исследуемых образцов он составляет 7,45 % за сезон, колеблясь от 4,4 до 11,9 %. В суточной динамике отмечается его увеличение к 14 ч, оставаясь высоким и в 18 ч. Наименьшим дефицитом влаги отличается культивар *Ericoides* (4,4–6,9 %), максимальным – *Globosa* (4,9–11,9 (табл. 4).

Т а б л и ц а 4. Водный дефицит, % (среднедневной)

Месяц	Садовые формы туи (культивары)						Среднее значение
	<i>Globosa</i>	<i>Albospicata</i>	<i>Ericoides</i>	<i>Columnaris</i>	<i>Lutea</i>	<i>Reingold</i>	
03.04.08	11,9 ± 1,4	8,7 ± 5,1	4,4 ± 1,0	5,7 ± 3,3	4,7 ± 1,9	5,1 ± 4,0	6,75
12.05.08	10,9 ± 2,9	7,9 ± 2,7	5,7 ± 0,4	7,4 ± 1,4	17,5 ± 10,0	11,5 ± 3,5	8,48
19.06.08	10,7 ± 1,5	8,7 ± 1,8	6,9 ± 0,6	8,3 ± 2,7	7,9 ± 0,5	7,1 ± 1,4	8,26
31.07.08	8,6 ± 0,8	7,3 ± 1,0	6,8 ± 1,8	6,4 ± 2,5	8,5 ± 1,3	9,2 ± 1,9	7,80
27.08.08	4,9 ± 5,0	8,6 ± 2,4	4,5 ± 5,5	8,1 ± 5,1	7,8 ± 1,8	7,9 ± 2,7	6,96
23.09.08	9,1 ± 0,7	8,8 ± 0,1	1,7 ± 0,5	2,7 ± 2,7	8,0 ± 1,5	8,6 ± 1,8	6,48
Среднее значение	9,35	8,30	5,00	6,40	7,40	8,20	7,45

Этот показатель тесно связан с водоемкостью тканей, которая в суточной динамике слегка возрастает к вечеру, в течение сезона изменяется мало, уменьшаясь к осени. Водоемкость туи около 70,4 %. Максимальная в июне.

Содержание воды в листьях не является показателем степени их обезвоживания или водного дефицита. В течение суток в тканях листа периодически происходят изменения гидрофильности клеточных коллоидов, с чем связано изменение его водоемкости. Изменение последней происходит и на протяжении всей вегетации и в отдельные периоды жизни растения, особенно в связи с обезвоживанием листьев при нарастании водного дефицита [7].

Водоемкость может служить интегральным показателем эколого-физиологических особенностей культиваров туи. Она дает возможность приспосабливаться к изменяющимся условиям окружающей среды [16].

Водный режим растений связан с водоудерживающей способностью тканей листа или сопротивляемостью их отдаче воды при засухе, а также с быстротой расходования водного запаса.

Водоудерживающая способность растения связана с живой протоплазмой клеток эпидермиса, лишенные его листья не способны удерживать воду. Установлено, что 10-минутный подогрев листьев древесных пород до 37–42° уменьшает скорость отдачи воды через испарение от 15 до 75 %, что объясняется увеличением гидрофильности коллоидов в плазме, например ростом количества пектиновых веществ. Водоудерживающая способность листьев понижается при поливе. На протяжении суток в условиях богара она выше в утренние часы и уменьшается в дневное время. По мнению некоторых авторов [9], это, видимо, связано с изменениями в коллоидной системе плазмы под влиянием недостаточного водоснабжения и повышенных температур.

Водоудерживающую способность, определяемую методом высушивания, принято считать показателем экологической пластичности вида [14]. Можно предположить, что значительные колебания водоотдачи за 1 ч от 4 % до 15, 20, 30 % у форм туи могут свидетельствовать о высоких

адаптивных способностях данного вида к условиям окружающей среды. Для *Thuja occidentalis* в г. Йошкар-Оле установлены значения водоудерживающей способности растительных тканей, которые в июне-августе варьировали от 7,3 до 10,7 % [17]. Можно сделать вывод о большей пластичности форм туи в условиях произрастания г. Витебска.

Водоотдача в короткий промежуток суток от 10 до 18 ч не имела суточных отличий. В течение сезона наибольшая водоотдача в апреле – 11,2–15,5 % для разных культиваров. В июле она составляет 6,6–9,1 %. В сентябре возростала (7–12,6). В целом водоотдача в течение часа составляла 9,6 %: максимум – 13,2 % у *Lutea*, минимум – 7,8 у *Rheingold* (табл. 5). В течение 18 ч водоотдача составила 39,5 % при максимуме 45,2 % у *Globosa* и минимуме 34,5 % у *Ericoides*.

Т а б л и ц а 5. В о д о о т д а ч а, %

Время, ч	Садовые формы туи (культивары)					
	<i>Globosa</i>	<i>Albospicata</i>	<i>Ericoides</i>	<i>Columnaris</i>	<i>Lutea</i>	<i>Reingold</i>
1	10,3 ± 4,3	9,4 ± 3,1	8,5 ± 3,7	8,5 ± 2,5	13,2 ± 2,3	7,8 ± 5,8
18	45,2 ± 4,9	41,9 ± 4,7	34,5 ± 5,0	35,1 ± 6,9	39,9 ± 6,5	40,6 ± 3,5

Полученные результаты согласуются с данными исследований водного режима туи в Йошкар-Оле [17].

Заключение. Интенсивность транспирации туи западной по усредненным данным за сезон 2008 г. в условиях северной Беларуси можно оценить в 402,4 мг/ч воды на 1 г сухой массы. Морфологические особенности ассимилирующих органов туи западной формы *Ericoides* выделяют этот культивар наименьшими транспирационными расходами (263,1 мг/ч воды на 1 г сухой массы).

Оводненность хвои туи в среднем составляет 67,9 %. В течение сезона она имеет многовершинную динамику, возрастает к июлю-августу, снижаясь к сентябрю. Максимальная оводненность у культивара *Albospicata*, минимальная – у *Columnaris* и *Ericoides* (63,0–64,7 %).

Водный дефицит тканей составляет 7,45 %. Наименьший он у туи западной *Ericoides* – 4,4 %. Водоемкость туи около 70,4 %. Водоотдача за 18 ч достигает 45,2 % (*Globosa*) при минимуме 34,5 % у культивара *Ericoides*.

Указанные особенности водного режима свидетельствуют о достаточно высоком адаптивном потенциале и наличии эффективных механизмов регулирования водного режима у туи западной.

Литература

1. Алексеев Л. Н. Водный режим луговых растений в связи с условиями среды. Л., 1976.
2. Байко А. В., Гаранович И. М. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1976. № 1. С. 15–17.
3. Байко А. В., Евсеевич К. М., Гаранович И. М. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1972. № 1. С. 100–102.
4. Гаранович И. М. // Ботаника. Мн., 1971. № XIV.
5. Гаранович И. М., Байко А. В., Евсеевич К. М., Счастны А. К. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1975. № 4. С. 108–109.
6. Гаранович И. М., Василько Л. П. // Весті АН БССР. Сер. біял. навук. 1979. № 6. С. 15–19.
7. Гончарик М. Н. Влияние экологических условий на физиологию культурных растений. Мн., 1971. С. 98–138.
8. Горышина Т. К. // Ботан. журн. 1966. Т. 51, № 5. С. 670–677.
9. Гусев Н. А. // Исследования водоудерживающей способности клеток листьев в связи с действием засухи. Казань, 1987. С. 3–56.
10. Демаков Ю. П. Защита растений. Жизнеспособность и жизнестойкость древесных растений. Йошкар-Ола, 2002.
11. Карасев В. Н. Физиология растений. Йошкар-Ола, 2001.
12. Прожерина Н. А., Гвоздухина О. А., Наквашина Е. Н. // Лесной журн. 2006. № 6.
13. Наквашина Е. Н. // Вестн. Помор. ун-та. 2003. № 2 (4). С. 48–54.
14. Николаевский В. С. Биологические основы газоустойчивости растений. Новосибирск, 1979.
15. Новикова Ю. Е. Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. Л., 1985.

16. Практикум по минеральному питанию и водному обмену растений. СПб., 1996.
17. Сарбаева Е. В., Воскресенская О. Л. Некоторые аспекты устойчивости *Th. occ.* в городских экосистемах [Электронный ресурс] / МарГУ. Йошкар-Ола, 2008. Режим доступа: <http://www.marsu.ru/bhf/ecology/thuja>. – Дата доступа: 01.10.2009.

A. V. IVANOVA

**PECULIARITIES OF WATER REGIME OF THUJA OCCIDENTALIS IN CONDITIONS OF NORTHERN
BELARUS**

Summary

Intensity of transpiration, plant moisture, water-retaining capacity, water return and water deficit of different cultivars of *Thuja occidentalis* in conditions of the city of Vitebsk have been studied. Daily and seasonal dynamics of water regime parameters has been shown. Transpiration intensity is 402,4 mg/h of water per 1 gram of raw mass, plant moisture is 67,9 %, water deficit is 7,4 %. There is a number of peculiarities in the water regime of *Ericoides* cultivar.