

УДК 630\*161.4:633.877

## ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА ХАБАРОВСКИХ КЛИМАТИПОВ КЕДРА КОРЕЙСКОГО *PINUS KORAIENSIS* (SIEBOLD ET ZUCC.) В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУРАХ

Репин Е.Н.

ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, Владивосток,  
e-mail: revnik59@yandex.ru

Участок географических культур 10 климатипов Хабаровского края расположен вблизи дендрария Горнотаежной станции ДВО РАН. Растения кедра здесь растут компактно, рядовыми посадками в одинаковых условиях. Задачей данной работы является сравнение некоторых параметров водного режима разных климатипов кедра корейского с целью определения особенностей их адаптации к конкретным факторам среды. Изучались некоторые параметры водного режима кедра: удержание воды в хвое (термовесовым методом), интенсивность транспирации (методом быстрого взвешивания) и ОСВ (относительное содержание воды в хвое). Для контроля факторов среды одновременно фиксировали влажность корнеобитаемого слоя почвы, температуру и влажность воздуха, скорость ветра. По результатам исследований отмечаются различия в величине параметров водного режима как между отдельными климатипами, так и в пределах каждого отдельно взятого климатипа в разные периоды сезона исследований. Наибольшие различия между климатипами наблюдаются в первой половине лета (июнь – июль), и к сентябрю эти различия становятся минимальными. Отмечается отсутствие прямой зависимости между величиной скорости транспирации и содержанием воды в хвое. Это свидетельствует о том, что поддержание водного баланса на должном уровне не определяется только величиной транспирации с поверхности хвои. Для более полной характеристики водного режима изучаемых групп растений и определения различий их адаптации к условиям произрастания необходимы дополнительные исследования. По итогам анализа полученных данных, среди растений кедра хабаровских климатипов нет групп растений с ярко выраженной склонностью к высокой или низкой адаптации к условиям, сложившимся во время проведения исследований.

**Ключевые слова:** кедр корейский, географические культуры, климатипы, транспирация, содержание воды, адаптация

## PECULIARITIES OF THE WATER MODE OF KHABAROVSK CLIMATYPES OF *PINUS KORAIENSIS* (SIEBOLD ET ZUCC.) IN GEOGRAPHIC CULTURES

Repin E.N.

*Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity,  
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, e-mail: revnik59@yandex.ru*

Researches of the water *Pinus koraiensis* mode in geographical cultures were conducted. The site is located near a tree nursery of the Gornotayezhnaya station. The cedar grows in ordinary landings in identical conditions here. In total on the site of 10 climatype from different areas of Khabarovsk Territory. Work purpose: to compare parameters of the water mode of these climatypes. Such parameters of the water relationships as intensity of a transpiration and water content in needles were studied. At the same time humidity of a high layer of earth, temperature and air humidity and wind speed were fixed. Differences in the size of parameters of the water relationships between separate climatypes and between plants of one climatype during the different periods of the period of researches are were found. The greatest differences between climatypes are observed in the first half of summer (June-July). In August – September these distinctions become minimum. The direct dependence between the size of speed of a transpiration and water content is not found in needles. Thus, maintaining of water balance depends not only on transpiration size from a needles surface. It is necessary to conduct padding researches for more total characteristic of the water balance and determination of distinctions of adaptation of plants to growth conditions. Among plants of a cedar of the Khabarovsk climatypes there are no plants with pronounced tendency to high or low adaptation to conditions of Primorsky Krai.

**Keywords:** Korean cedar, geographical cultures, climatypes, transpiration, water content, adaptation

Основным методом изучения географической изменчивости наследственных свойств разных древесных видов является создание географических культур – выращивание и сравнительная оценка семенного потомства разного географического происхождения в одном пункте выращивания [1, с. 103; 2, с. 32]. Результаты исследований географических объектов имеют практическое значение в решении проблем лесовосстановления как основание для отбора пер-

спективных климатипов и районирования переброски семян с целью создания высокопродуктивных устойчивых насаждений в конкретных условиях [3, с. 32]. Подчеркивается необходимость изучения географической и индивидуальной изменчивости растений разного географического происхождения в одинаковых условиях [4, с. 78]. В географических культурах климатипы растений из разных лесорастительных зон отличаются между собой по основным по-

казателям водного режима: оводненности хвои, водоудерживающей способности и интенсивности транспирации. Водоудерживающая способность и интенсивность транспирации являются важными показателями адаптационных свойств климатических экотипов в новых для них лесорастительных условиях [5]. При этом важно проведение сравнительных исследований закономерностей варьирования компонентов водного режима, зависимости водообмена от условий среды обитания и климатических факторов [6, с. 300; 7, с. 18; 8, с. 65].

Цель исследования: сравнение некоторых параметров водного режима разных климатических кедров корейского с целью определения особенностей их адаптации к конкретным факторам среды. В задачи входило определение степени удержания воды в хвое (термовесовым методом), интенсивности транспирации (методом быстрого взвешивания) и ОСВ (относительного содержания воды в хвое).

#### Материалы и методы исследования

Географические культуры сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) были заложены в мае 2009 г. на склоне северо-западной экспозиции на территории, прилегающей к дендрарию Горнотаежной станции ДВО РАН. Исследования проводились в 2015–2016 гг. с июня по сентябрь. Несмотря на то, что структура лесного хозяйства с момента сбора семян для закладки географических культур изменилась, для удобства изложения мы продолжаем принятое ранее деление территории на лесхозы, условно выделив климатипы по их наименованию.

Биологический возраст саженцев к моменту посадки достиг 10 лет. Посадку осуществляли ручным способом с комом земли в предварительно подготовленные ямки с обязательным поливом. В каждом ряду было высажено по 10 саженцев, шаг посадки 3 м, расстояние между рядами 4 м [9, с. 117].

Интенсивность транспирации измеряли методом быстрого взвешивания [10, с. 163].

Определение относительного содержания воды (ОСВ) проводили на отдельной хвое, которую взвешивали и помещали в чашки Петри в воду на 6 ч до полного насыщения. Величину ОСВ рассчитывали как процент содержания воды в хвое от ее содержания в тканях в состоянии полного насыщения [11, с. 469].

Текущее содержание воды в хвое и в корнеобитаемом горизонте почвы определялось стандартным термовесовым спо-

собом. Погодные условия в дни наблюдений фиксировались люксметром ТКА-ПКМ-42. Транспирация измерялась один раз в месяц с июня по сентябрь 6 раз в день в трех повторностях. Остальные показатели – один раз в месяц. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью программы Microsoft Excel.

#### Результаты исследования и их обсуждение

Транспирация фактически является главенствующим процессом в водообмене растений, так как она в большой степени определяет скорость поглощения и передвижения воды по растению и вызывает водный дефицит. На скорость транспирации оказывают большое влияние внешние условия, показатели которых на даты проведения исследований приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Динамика влажности корнеобитаемого горизонта почвы на участке географических культур в течение вегетационного периода 2015 г.

Месяцы	Влажность, %
Июнь	17,5 ± 0,6
Июль	19,4 ± 0,08
Август	19,0 ± 0,3
Сентябрь	22,4 ± 0,4

Влажность верхнего горизонта почвы, как один из параметров приходной части водного баланса растений, непосредственно влияет на величину интенсивности транспирации. Вода поступает в корень при условии более низкого водного потенциала корня по сравнению с потенциалом почвы. Соответственно, с уменьшением влажности почвы интенсивность транспирации снижается. Условия почвенного увлажнения вегетационного периода можно считать недостаточными для выстраивания ненатянутого водного режима растений.

Таблица 2

Средние температура и влажность воздуха в дни измерений

Месяцы	Температура воздуха, °С	Влажность воздуха, %	Скорость ветра, м/с
Июнь	19,3	72	2
Июль	27,2	54	2
Август	24,2	76	4
Сентябрь	21,1	61	4

Изменение влажности воздуха в ту или иную сторону влияет на величину транспирации обратно пропорционально. Температура воздуха и скорость ветра изменяют скорость транспирации более опосредованно путем воздействия на величину влажности воздуха.

Динамика удерживания воды тканями хвои в большой степени отражает уровень обеспеченности растения влагой. Из данных табл. 3 в целом видно постепенное повышение влажности хвои с июня по сентябрь у всех климатипов.

Содержание воды в хвое в большей мере связано со степенью увлажнения почвы по сравнению с остальными факторами. Наибольшие различия между климатипами наблюдаются в первой половине лета (июнь – июль) и к сентябрю эти различия становятся минимальными. Наибольшей водоудерживающей способностью хвои отличаются климатипы Советский и Уликанский, наименьшей – Сукпайский.

Изменение содержания воды в листьях в течение вегетации считается хорошим свидетельством подвижности или устойчивости водного режима, показателем способности регулировать водный баланс, адапти-

роваться к условиям обитания. В этой связи снижение напряженности водного баланса у растений всех климатипов наблюдается в конце вегетации (август – сентябрь).

Транспирация создает условия для передвижения воды и растворенных в ней минеральных веществ от корней к другим частям растения, осуществляет терморегуляцию органов растения. На величину скорости транспирации влияют многие экологические факторы, которые действуют в различных сочетаниях, что затрудняет выяснение причин тех или иных изменений в разные часы суток.

Сравнительная величина скорости транспирации у климатипов в течение вегетационного периода была нестабильна (табл. 4).

Например, наибольшим этот показатель был в июне у сосен Гурского и Облученского климатипов; в июле – у Гурского и Уликанского; в августе – у Мухенского, а у Гурского этот показатель был минимальным в этом месяце, как, впрочем, и в сентябре. Наибольшая величина средней за период измерений скорости транспирации отмечена у растений Хабаровского и Облученского климатипов, наименьшая – у Хехцирского.

Таблица 3

Динамика удерживания воды (%) листовыми органами географических культур сосны корейской лесхозов Хабаровского края в течение вегетационного периода 2015 г.

Климатипы	Месяцы				Среднее за вегетационный период
	июнь	июль	август	сентябрь	
Советский	$50,6 \pm 0,21^*$ 12,2	$58,4 \pm 0,28$ 12,5	$56,5 \pm 0,25$ 13,7	$59,7 \pm 0,23$ 13,3	$56,3 \pm 0,24$ 12,9
Кур-Урмийский	$47,2 \pm 0,56$ 17,8	$50,8 \pm 0,51$ 18,4	$58,6 \pm 0,47$ 17,2	$58,3 \pm 0,58$ 19,1	$53,7 \pm 0,53$ 18,1
Уликанский	$52,0 \pm 0,46$ 21,2	$55,1 \pm 0,34$ 18,6	$59,8 \pm 0,48$ 19,5	$60,3 \pm 0,39$ 22,0	$56,8 \pm 0,42$ 17,8
Хабаровский	$47,1 \pm 0,32$ 13,4	$54,4 \pm 0,27$ 14,1	$57,9 \pm 0,34$ 13,8	$62,0 \pm 0,25$ 16,1	$55,4 \pm 0,29$ 15,3
Хехцирский	$49,5 \pm 0,28$ 19,2	$53,0 \pm 0,32$ 18,5	$56,7 \pm 0,37$ 18,8	$61,0 \pm 0,31$ 20,1	$55,1 \pm 0,32$ 19,2
Мухенский	$42,6 \pm 0,42$ 14,4	$54,1 \pm 0,48$ 15,7	$56,2 \pm 0,39$ 14,9	$60,6 \pm 0,45$ 16,6	$53,4 \pm 0,43$ 15,4
Сукпайский	$42,4 \pm 0,37$ 13,7	$50,6 \pm 0,33$ 15,2	$56,4 \pm 0,42$ 14,8	$57,8 \pm 0,35$ 15,6	$51,8 \pm 0,37$ 14,8
Гурский	$49,0 \pm 0,23$ 18,8	$55,2 \pm 0,27$ 19,4	$58,6 \pm 0,31$ 18,1	$57,0 \pm 0,25$ 20,2	$54,9 \pm 0,26$ 19,1
Оборский	$44,7 \pm 0,28$ 12,6	$50,4 \pm 0,31$ 14,3	$58,5 \pm 0,36$ 14,9	$59,6 \pm 0,27$ 13,4	$53,3 \pm 0,31$ 13,8
Облученский	$44,8 \pm 0,56$ 20,2	$53,3 \pm 0,51$ 19,5	$60,4 \pm 0,48$ 21,3	$60,2 \pm 0,53$ 18,8	$54,7 \pm 0,52$ 20,0

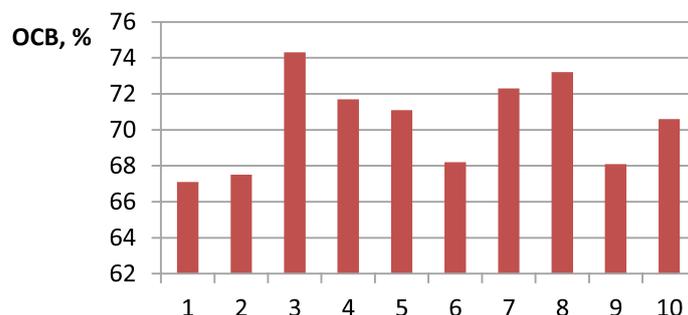
Примечание. \* В числителе среднее  $\pm$  ошибка средней, в знаменателе – коэффициент вариации, %.

Таблица 4

Среднедневная динамика скорости транспирации (мг/г сырой массы в час) географических культур сосны корейской 10 лесхозов Хабаровского края за вегетационный период 2015 г.

Климатипы	Месяцы				Среднее за вегетационный период
	июнь	июль	август	сентябрь	
Советский	$514,8 \pm 0,35^*$ 16,8	$170,1 \pm 0,38$ 18,2	$224,3 \pm 0,41$ 17,5	$101,8 \pm 0,34$ 18,9	$252,8 \pm 0,28$ 17,9
Кур-Урмийский	$541,7 \pm 0,29$ 13,8	$140,9 \pm 0,24$ 15,5	$253,0 \pm 0,33$ 16,1	$131,9 \pm 0,27$ 13,7	$266,9 \pm 0,28$ 14,8
Уликанский	$482,5 \pm 0,22$ 12,6	$196,1 \pm 0,27$ 14,4	$192,4 \pm 0,31$ 14,9	$111,4 \pm 0,25$ 13,3	$245,6 \pm 0,26$ 13,8
Хабаровский	$547,7 \pm 0,54$ 17,7	$151,2 \pm 0,58$ 19,9	$220,7 \pm 0,49$ 18,3	$173,4 \pm 0,51$ 20,1	$273,3 \pm 0,53$ 19,0
Хехцирский	$418,0 \pm 0,42$ 15,2	$173,9 \pm 0,50$ 16,7	$198,2 \pm 0,49$ 15,9	$142,6 \pm 0,44$ 18,4	$230,7 \pm 0,46$ 16,6
Мухенский	$482,6 \pm 0,51$ 20,2	$132,6 \pm 0,48$ 18,6	$327,9 \pm 0,53$ 21,3	$125,2 \pm 0,58$ 19,5	$267,1 \pm 0,53$ 19,9
Сукпайский	$467,7 \pm 0,48$ 14,9	$148,4 \pm 0,41$ 18,4	$182,9 \pm 0,46$ 17,5	$143,6 \pm 0,50$ 20,1	$235,7 \pm 0,46$ 17,7
Гурский	$559,8 \pm 0,36$ 17,5	$195,5 \pm 0,42$ 20,2	$164,2 \pm 0,48$ 19,9	$97,2 \pm 0,39$ 18,4	$254,2 \pm 0,34$ 19,0
Оборский	$540,9 \pm 0,29$ 16,1	$154,6 \pm 0,24$ 18,3	$190,7 \pm 0,33$ 17,7	$85,3 \pm 0,25$ 20,6	$242,9 \pm 0,28$ 18,2
Облученский	$551,3 \pm 0,22$ 19,5	$165,1 \pm 0,29$ 17,5	$244,9 \pm 0,36$ 18,4	$151,5 \pm 0,31$ 16,7	$278,2 \pm 0,30$ 18,0

Примечание. \* В числителе среднее ± ошибка средней, в знаменателе – коэффициент вариации, %.



Относительное содержание воды (ОСВ) в хвое хабаровских климатипов сосны корейской (7.07.2016 г.): 1 – Советский климатип, 2 – Кур-Урмийский, 3 – Уликанский, 4 – Хабаровский, 5 – Хехцирский, 6 – Мухенский, 7 – Сукпайский, 8 – Гурский, 9 – Оборский, 10 – Облученский

В достаточной степени корректно состояние водного баланса растений характеризует относительное содержание воды (ОСВ) в хвое, отражающее степень насыщенности тканей водой по сравнению с их полной тургесцентностью. Иными словами, уровень относительного содержания воды в хвое является показателем стабильности водного обмена растений. Относительное содержание воды в тканях хвои кедра в географических культурах (рисунок) у разных климатипов варьирует от 67,1 до 74,3%.

Наибольшей величиной ОСВ характеризуются растения Уликанского и Гурско-

го климатипов, наименьшей – Советского и Кур-Урмийского. Это может свидетельствовать о наличии у последних двух климатипов реального водного дефицита. Соответственно, растения Уликанского и Гурского климатипов, характеризующиеся относительно высоким уровнем ОСВ, имеют большую адаптивную способность, чем остальные климатипы.

#### Выводы

1. Устойчивое увеличение уровня оводненности хвои (в среднем от 46,9% до 59,7%) и понижение интенсивности транс-

пирации (510,7 – 254,7 мг/г в час) с июня по сентябрь у всех климатипов свидетельствует о напряженности водного режима растений в этот период.

2. Растения, экономно расходующие воду на транспирацию и имеющие относительно высокий уровень ОСВ, можно считать более адаптированными к условиям недостаточного увлажнения почвы, которые сложились в Приморском крае в вегетационный период 2016 г. К этой группе растений относятся Уликанский (ОСВ 74,2%), Сукпайский (72,3%) и Гурский (73,3%) климатипы кедр корейского. Советский (ОСВ 66,8%) и Кур-Урмийский (67,2%) климатипы по этим показателям можно отнести к менее адаптированным к сложившимся условиям.

3. Не обнаружено прямой зависимости между интенсивностью транспирации, содержанием воды в хвое и показателями метеоусловий вегетационного периода. Для ее определения необходимы дополнительные исследования, касающиеся морфо-анатомических характеристик транспирирующей поверхности хвои.

#### Список литературы / References

- Кузнецова Г.В. Рост, состояние и развитие кедровых сосен в географических культурах на юге Красноярского края // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII, № 1–2. С. 102–107.
- Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Selection of perspective Scots pine climatotypes in the provenance trial in Priangarie of Krasnoyarsk region // Conifers of the boreal area. 2010. V. XXVII. № 1–2. 2010. P. 102–107 (in Russian).
- Краснобаева С.Ю. Лучшие климатипы ели обыкновенной в географических культурах в республике Татарстан // Лесотехнический журнал. 2013. № 2(10). С. 31–37.
- Krasnobaeva S.Yu. Top climatotypes of common spruce in provenance in the Republic of Tatarstan // Forestry Engineering Journal. 2013. № 2(10). P. 31–37 (in Russian).
- Кузьмина Н.А., Кузьмин С.Р. Анализ динамики роста климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2017. № 2. С. 31–39. DOI: 10.15372/SJFS20170204.
- Kuzmina N.A., Kuzmin S.R. Analysis of Scots Pine Climatotypes Growth Dynamics in the Provenance Trial in Central Siberia // Sibirskij lesnoj zhurnal. 2017. № 2. P. 31–39. DOI: 10.15372/SJFS20170204 (in Russian).
- Колосовский Э.В., Матвеева Р.Н., Буторова О.Ф. Рост 56-летней сосны кедровой сибирской в географических культурах при сомкнутости полога древостоя 0,5–0,6 // Хвойные бореальной зоны. 2018. Т. 36. № 1. С. 75–79.
- Kolosovskiy E.V., Matveeva R.N., Butorova O.F. The Growth of 56-Year-Old Pine Cedar Siberian in Geographic Cultures When the Closeness Canopy Stand 0.5–0.6 // Conifers of the boreal area. 2018. V. XXXVI. № 1. P. 75–79 (in Russian).
- Морозова Е.В., Иозус А.П. Особенности водного режима климатических экотипов сосны в географических культурах Волгоградской области // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. URL: <http://www.science-education.ru/127-20585> (дата обращения: 17.08.2018).
- Morozova E.V., Iozus A.P. Features of Water Regime Climatic Ecotypes of Pine in Geographical Cultures Volgograd Region // Modern problems of science and education. 2015. № 4. URL: <https://www.science-education.ru/en/article/view?id=20585> (date of appeal: 08.17.2018) (in Russian).
- Сазонова Т.А., Софронова И.Н., Новичонок Е.В., Придача В.Б. Водный режим древесных растений в условиях достаточного почвенного увлажнения на северо-западе России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8–2. С. 299–302.
- Sazonova T.A., Sofronova I.N., Novichonok E.V., Pridacha V.B. Water regime of woody plants under sufficient soil moisture conditions in Northwest Russia // International Journal of Applied and Fundamental Research. № 8. 2015. P. 299–302 (in Russian).
- Сенькина С.Н. Водный режим сосны и ели в фитоценозах. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 104 с.
- Senkina S.N. The water mode of a pine and fir-tree in fitotsenoza. Ekaterinburg: RIO UrO RAN, 2013. 104 p. (in Russian).
- Бендер О.Г., Зотикова А.П., Велисевич С.Н. Особенности водного обмена и состояния пигментного комплекса хвои кедр сибирского (*Pinus sibirica* du Tour) в горах Северо-восточного Алтая // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 3 (7). С. 63–72.
- Bender Olga G., Zotikova Albina P., Velisevich Svetlana N. Water Relation Features and Pigment Complex State of *Pinus sibirica* Du Tour Needles in the North-Eastern Altai Mountains // Tomsk State University Journal of Biology. 2009. № 3 (7). P. 63–72 (in Russian).
- Poleschuk V.A., Poleschuk A.V., Poleschuk T.N. Creation of geographical cultures of the cedar korean (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) in conditions mountain-taiga station far eastern branch of the Russian academi of science // Proceedings of Internentional Conference–Ecology and diversity of forest ecosystems in the Asiatic part of Russia Kosteles nad Cerriymi lesy, Ceska republika. Tribun EU, 2012, P. 117–124.
- Пустовой И.В., Филин В. И., Корольков А.В. Практикум по агрохимии. М.: Колос, 1995. 336 с.
- Pustova I.V., Filin V.I., Korolkov A.V. Praktikum on agrochemistry. M.: Ear, 1995. 336 p. (in Russian).
- Castillo F.J. Antioxidative Protection in the Inducible CAM Plant *Sedum album* L. Following the Imposition of Severe Water Stress and Recovery. Oecologia. 1996. V. 107. P. 469–477.