

Физиологические основы процессов адаптации древесных видов в Алтайском ботаническом саду

Physiological bases of adaptation processes of tree species in the Altai botanical garden

Вдовина Т. А., Исакова Е. А., Лагус О. А.

Vdovina T. A., Isakova E. A., Lagus O. A.

РГП на ПХВ «Алтайский ботанический сад» КН МНВО РК

г. Риддер, Казахстан. E-mail: Lelik_ridder1994@mail.ru

Republican State Enterprise on the Right of Economic Management «Altai Botanical Garden» Science Committee of the Ministry of
Science of Higher Education of the Republic of Kazakhstan
Ridder, Kazakhstan

Реферат. В данной статье отражены результаты исследований водного режима 15 видов древесных растений в Алтайском ботаническом саду в течение двух лет. Высокой водоудерживающей способностью и общей оводненностью обладают лиственные виды (деревья): *Fraxinus lanceolata* Bjrckh., *Tilia cordata* L., *Padus racemosa* (Lam.) Gilib., *Juglans cinerea* L. и лиственные виды (кустарники): *Berberis thunbergii* DC., *Euonymus maackii* Rupr. и *Corylus avellana* L. Высоким содержанием «подвижной» влаги отличаются *Juglans cinerea* L. и *Berberis vulgaris* L. Исследованиями установлено, что наиболее высокие параметры водного режима характерны для лиственных видов (кустарник). У двух видов барбариса *Berberis thunbergii* DC. *Berberis vulgaris* L. отмечены значительные колебания водоудерживающей способности в начале и в конце вегетационных периодов, которые обеспечивают широкую экологическую амплитуду этим видам. У хвойного вида *Juniperus sabina* L. водоудерживающая способность и оводненность в течение двух вегетационных периодов находились на одном уровне. Наименьшие различия между видами отмечены по признаку оводненность листа. Данные по водоудерживающей способности, общей оводненности, «подвижной» влаги свидетельствуют о видоспецифичности данных признаков. Целью исследования явилось изучение водного режима древесных видов различного эколого-географического происхождения в горно-лесной зоне Восточно-Казахстанской области.

Ключевые слова. Вид, водоудерживающая способность, дерево, кустарник, общая оводненность.

Summary. This article reflects the results of studies of the water regime of 15 species of woody plants in the Altai Botanical Garden for two years. Deciduous species (trees) have a high water-holding capacity and general hydration: *Fraxinus lanceolata* Bjrckh., *Tilia cordata* L., *Padus racemosa* (Lam.) Gilib., *Juglans cinerea* L. and deciduous species (shrubs): *Berberis thunbergii* DC., *Euonymus maackii* Rupr. and *Corylus avellana* L. *Juglans cinerea* L. and *Berberis vulgaris* L. are distinguished by a high content of «mobile» moisture. Studies have established that the highest parameters of the water regime are characteristic of deciduous species (shrub). Two species of barberry *Berberis thunbergii* DC. and *Berberis vulgaris* L. have significant fluctuations in water-holding capacity at the beginning and at the end of growing seasons, which provide a wide ecological amplitude to these species. The coniferous species *Juniperus sabina* L. water retention capacity and hydration were at the same level during the two growing seasons. The smallest differences between the species are noted on the basis of leaf hydration. Data on water retention capacity, general hydration, «mobile» moisture indicate the species-specificity of these signs. The purpose of the study was to study the water regime of tree species of various ecological and geographical origin in the mountain forest zone of the East Kazakhstan region.

Key words. General hydration, shrub, species, tree, water-holding capacity.

Введение. Важнейшую регуляторную роль в жизнедеятельности растений играет водный режим, оценка которого позволяет определить его вклад в ростовые, продукционные и адаптационные процессы при разных взаимодействиях «генотип – среда» (Гончарова, 2010). Вода играет большую роль в жизни растений, представляя собой ту внутреннюю среду, в которой разворачиваются все процессы обмена. Обмен является одним из факторов постоянных изменений физико-химических свойств протоплазмы. Состояние воды в протоплазме определяет биохимический и физиологические процессы, от которых зависит способность растений переносить неблагоприятные условия среды (Бабаев и др.,

2022). Современные исследования при интродукции и акклиматизации древесных растений направлены на изучение эколого-физиологических особенностей интродуцентов как одного из показателей адаптации (Чернявская, Дервянко, 2012; Чернявская и др., 2015; Иванова, 2020).

Материалы и методы. Объектами исследований являлись 15 видов древесных растений, произрастающих на участке дендрологии Алтайского ботанического сада. Среди них один хвойный вид – *Juniperus sabina* L., восемь лиственных видов (деревья) – *Acer ginnala* Maxim., *Acer tataricum* L., *Betula pendula* Roth., *Crataegus sanguinea* Pall., *Fraxinus lanceolata* Bjrckh., *Padus racemosa* (Lam.) Gilib., *Tilia cordata* L., *Juglans cinerea* L., шесть лиственных видов (кустарники) – *Cotoneaster lucidus* Schldtl., *Berberis thunbergii* DC., *Berberis vulgaris* L., *Euonymus maackii* Rupr., *Lonicera tatarica* L., *Corylus avellana* L. Все растения, участвующие в опыте, находятся в пойме р. Быструха с благоприятными условиями водного режима почвы.

Параметры водного режима (общая оводненность, водоудерживающая способность, содержание «подвижной» влаги) определяли по общепринятым методикам (Викторов, 1983). Исследования проводили в период с мая по сентябрь в 2021, 2022 гг. Для отслеживания динамики потери воды листья взвешивались через 0,5 часа, в течение 3 часов, что составляло 9 измерений, включая взвешивание первоначальной сырой массы листьев одного образца и определение сухого веса при температуре 105–110 °С до постоянной массы. Взвешивание проводили на электронных весах AR2140 с точностью до 0,001 г.

Общая оводненность листьев рассчитывалась по формуле: $W=100 \times (M-M_2)/M$

Водоудерживающая способность листьев: $R=100 \times (M_1-M_2)/M$

Содержание «подвижной» влаги в листьях: $L=W-R$,

где: М – масса свежей пробы; М₁ – масса пробы спустя 3 часа; М₂ – масса пробы после высушки.

На основании полученных данных лабораторных исследований по водному режиму 15 древесных видов в течение двух лет получено следующее распределение: по водоудерживающей способности (низкая 35–45 %, средняя 46–52 %, высокая 53–62 %); по оводненности (низкая 55–62 %, средняя 63–70 %, высокая 71–77 %); по содержанию «подвижной» влаги (низкая 10–16 %, средняя 17–22 %, высокая 23–28 %).

Результаты. Обеспеченность растений водой – важнейшее условие их нормального функционирования. Оценить уровень водообмена растений позволяет ряд показателей, в том числе водоудерживающая способность листьев (ВСЛ). Она показывает способность тканей растения удерживать определенное количество воды. ВСЛ, определяемая в разные фазы развития живого организма, косвенно характеризует его адаптационные возможности в процессе онтогенеза. Чем больше водоудерживающая способность, тем больше вероятность противостоять обезвоживанию тканей в экстремальных условиях среды. Растения, участвующие в эксперименте, произрастают в дендрарии Алтайского ботанического сада, имеют хорошее жизненное и средневозрастное генеративное онтогенетическое состояние, с благоприятными условиями водного режима почвы.

Рассматривая водоудерживающую способность листового аппарата у наблюдаемых видов в течение двух вегетационных периодов (2021 и 2022 гг.), отмечаем, что более высокие показатели среди лиственных видов (деревья) имеют *Fraxinus lanceolata* Bjrckh. – 58,8 % и 60,8 %, *Tilia cordata* L. – 55,5 % и 58 %, *Betula pendula* Roth. – 48,3 % и 54,4 %, *Juglans cinerea* L. – 50,0 % и 49,8 %, соответственно (таблица).

Среди лиственных видов (кустарники) высокие показатели у *Berberis thunbergii* – 47,8 % и 56,6 %, *Euonymus maackii* – 54,8 % и 60,0 %, *Corylus avellana* – 51,3 % и 53,6 %, соответственно выше указанным годам. Средние значения по видам в 2021 г. составили: в июне – 46,3 %, в июле – 49,2 %, в августе – 47,3 %, в сентябре – 48,8 %. За вегетационный период – 47,9 %.

Максимальными значениями по водоудерживающей способности в июне 2021 г. характеризовались три лиственных вида: *Padus racemosa* – 58 % и *Juglans cinerea* – 61 %, *Tilia cordata* – 54 % и один кустарниковый *Corylus avellana* – 53 %. У остальных видов в этом месяце она ниже значений, определенных в другие даты. Так, у *Acer ginnala* водоудерживающая способность в июне равна 23 %, что в два раза ниже, чем в июле, августе и сентябре (41–44 %).

Водный режим 15 видов древесных растений в Алтайском ботаническом саду за вегетационный период 2021–2022 гг.

| Вид | Месяц | Водоудерживающая способность, % | | Оводненность, % | | Содержание подвижной влаги, % | |
|------------------------------------|----------|---------------------------------|---------|-----------------|---------|-------------------------------|---------|
| | | 2021 г. | 2022 г. | 2021 г. | 2022 г. | 2021 г. | 2022 г. |
| Хвойные виды | | | | | | | |
| <i>Juniperus sabina</i> L. | Май | – | 44 | – | 55 | – | 10 |
| | Июнь | 51 | 50 | 61 | 62 | 10 | 12 |
| | Июль | 48 | 42 | 58 | 60 | 11 | 18 |
| | Август | 46 | 49 | 61 | 60 | 14 | 18 |
| | Сентябрь | 50 | 49 | 57 | 53 | 8 | 4 |
| | Среднее | 48,8 | 46,8 | 59,3 | 58 | 10,8 | 12,4 |
| Лиственные виды (деревья) | | | | | | | |
| <i>Fraxinus lanceolata</i> Bjrckh. | Май | – | 65 | – | 77 | – | 12 |
| | Июнь | 55 | 59 | 75 | 80 | 19 | 21 |
| | Июль | 59 | 50 | 76 | 70 | 17 | 19 |
| | Август | 56 | 65 | 75 | 70 | 19 | 19 |
| | Сентябрь | 65 | 65 | 81 | 74 | 16 | 9 |
| | Среднее | 58,8 | 60,8 | 76,8 | 74,2 | 17,8 | 16 |
| <i>Acer ginnala</i> Maxim. | Май | – | 53 | – | 65 | – | 12 |
| | Июнь | 23 | 43 | 60 | 51 | 37 | 8 |
| | Июль | 43 | 42 | 61 | 52 | 18 | 10 |
| | Август | 41 | 43 | 57 | 52 | 16 | 10 |
| | Сентябрь | 44 | 43 | 53 | 55 | 9 | 11 |
| | Среднее | 37,8 | 44,8 | 57,8 | 55 | 20,0 | 10,2 |
| <i>Acer tataricum</i> L. | Май | – | 52 | – | 67 | – | 15 |
| | Июнь | 46 | 45 | 58 | 63 | 12 | 18 |
| | Июль | 49 | 47 | 59 | 59 | 10 | 12 |
| | Август | 44 | 46 | 57 | 59 | 12 | 12 |
| | Сентябрь | 41 | 46 | 55 | 58 | 14 | 12 |
| | Среднее | 45,0 | 47,2 | 57,3 | 61,2 | 12,0 | 13,8 |
| <i>Betula pendula</i> Roth | Май | – | 58 | – | 72 | – | 14 |
| | Июнь | 49 | 55 | 68 | 65 | 19 | 11 |
| | Июль | 53 | 49 | 70 | 62 | 17 | 13 |
| | Август | 41 | 55 | 62 | 62 | 21 | 13 |
| | Сентябрь | 50 | 55 | 59 | 61 | 9 | 6 |
| | Среднее | 48,3 | 54,4 | 64,8 | 64,4 | 16,5 | 11,4 |
| <i>Crataegus sanguinea</i> Pall. | Май | – | 54 | – | 66 | – | 12 |
| | Июнь | 42 | 35 | 62 | 68 | 20 | 34 |
| | Июль | 35 | 38 | 62 | 57 | 27 | 19 |
| | Август | 42 | 43 | 55 | 57 | 13 | 19 |
| | Сентябрь | 44 | 43 | 59 | 57 | 15 | 14 |
| | Среднее | 40,8 | 42,6 | 59,5 | 61 | 18,8 | 19,6 |

Продолжение таблицы

| Вид | Месяц | Водоудерживающая способность, % | | Оводненность, % | | Содержание подвижной влаги, % | |
|-------------------------------------|----------|---------------------------------|------|-----------------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | | | |
| <i>Padus racemosa</i> (Lam.) Gilib. | Май | – | 58 | – | 66 | – | 8 |
| | Июнь | 58 | 55 | 65 | 65 | 7 | 10 |
| | Июль | 52 | 50 | 66 | 62 | 14 | 12 |
| | Август | 52 | 50 | 65 | 62 | 12 | 12 |
| | Сентябрь | 52 | 50 | 64 | 61 | 12 | 11 |
| | Среднее | 53,5 | 52,6 | 65,0 | 63,2 | 11,3 | 10,6 |
| <i>Tilia cordata</i> L. | Май | – | 67 | – | 81 | – | 14 |
| | Июнь | 54 | 58 | 65 | 76 | 10 | 18 |
| | Июль | 61 | 55 | 71 | 73 | 9 | 18 |
| | Август | 55 | 55 | 73 | 73 | 17 | 18 |
| | Сентябрь | 52 | 55 | 68 | 66 | 16 | 11 |
| | Среднее | 55,5 | 58 | 69,3 | 73,8 | 13,0 | 15,8 |
| <i>Juglans cinerea</i> L. | Май | – | 54 | – | 79 | – | 24 |
| | Июнь | 61 | 48 | 67 | 77 | 6 | 29 |
| | Июль | 45 | 41 | 77 | 71 | 32 | 30 |
| | Август | 47 | 53 | 72 | 71 | 24 | 30 |
| | Сентябрь | 47 | 53 | 66 | 70 | 19 | 18 |
| | Среднее | 50,0 | 49,8 | 70,5 | 73,6 | 20,3 | 26,2 |
| Лиственные виды (кустарники) | | | | | | | |
| <i>Cotoneaster lucidus</i> Schtdl. | Май | – | 55 | – | 70 | – | 15 |
| | Июнь | 44 | 39 | 65 | 73 | 21 | 34 |
| | Июль | 47 | 44 | 65 | 63 | 18 | 19 |
| | Август | 45 | 46 | 66 | 63 | 21 | 19 |
| | Сентябрь | 49 | 46 | 66 | 58 | 16 | 13 |
| | Среднее | 46,3 | 46 | 65,5 | 65,4 | 19,0 | 20 |
| <i>Berberis thunbergii</i> DC. | Май | – | 63 | – | 80 | – | 17 |
| | Июнь | 31 | 55 | 74 | 69 | 42 | 14 |
| | Июль | 47 | 47 | 72 | 70 | 24 | 22 |
| | Август | 58 | 59 | 68 | 70 | 10 | 22 |
| | Сентябрь | 55 | 59 | 70 | 67 | 16 | 9 |
| | Среднее | 47,8 | 56,6 | 71,0 | 71,2 | 23,0 | 16,8 |
| <i>Berberis vulgaris</i> L. | Май | – | 69 | – | 77 | – | 9 |
| | Июнь | 42 | 51 | 69 | 70 | 27 | 18 |
| | Июль | 48 | 32 | 72 | 72 | 25 | 39 |
| | Август | 27 | 31 | 64 | 72 | 37 | 39 |
| | Сентябрь | 22 | 31 | 61 | 64 | 39 | 33 |
| | Среднее | 34,8 | 42,8 | 66,5 | 71 | 32,0 | 27,6 |
| <i>Euonymus maackii</i> Rupr. | Май | – | 63 | – | 75 | – | 12 |
| | Июнь | 46 | 54 | 77 | 72 | 31 | 18 |
| | Июль | 60 | 59 | 80 | 70 | 20 | 11 |
| | Август | 54 | 62 | 70 | 70 | 16 | 11 |
| | Сентябрь | 59 | 62 | 67 | 69 | 8 | 7 |
| | Среднее | 54,8 | 60 | 73,5 | 71,2 | 18,8 | 11,8 |

Продолжение таблицы

| Вид | Месяц | Водоудерживающая способность, % | | Оводненность, % | | Содержание подвижной влаги, % | |
|-----------------------------|----------|---------------------------------|------|-----------------|------|-------------------------------|------|
| | | | | | | | |
| <i>Lonicera tatarica</i> L. | Май | – | 61 | – | 69 | – | 8 |
| | Июнь | 39 | 45 | 65 | 98 | 26 | 23 |
| | Июль | 44 | 47 | 68 | 62 | 24 | 14 |
| | Август | 50 | 44 | 60 | 62 | 10 | 14 |
| | Сентябрь | 48 | 44 | 57 | 58 | 9 | 14 |
| | Среднее | 45,3 | 48,2 | 62,5 | 69,8 | 17,3 | 14,6 |
| <i>Corylus avellana</i> L. | Май | – | 55 | – | 78 | – | 22 |
| | Июнь | 53 | 49 | 64 | 70 | 11 | 21 |
| | Июль | 47 | 52 | 67 | 65 | 19 | 14 |
| | Август | 51 | 56 | 64 | 65 | 13 | 14 |
| | Сентябрь | 54 | 56 | 62 | 63 | 8 | 7 |
| | Среднее | 51,3 | 53,6 | 64,3 | 68,2 | 12,8 | 15,6 |

В июле водоудерживающая способность повышается у большинства лиственных видов: *Fraxinus lanceolata*, *Acer tataricum*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, причем у *Acer ginnala* она возросла почти в два раза с 23 % в июне до 43 % в июле и в дальнейшем оставалась такой же – 41 %, 44 %. Среди кустарниковых она повысилась у пяти видов: *Cotoneaster lucidus*, *Lonicera tatarica*, *Berberis thunbergii*, *B. vulgaris*, *Euonymus maackii*. Это объясняется более высокими температурами.

В августе и сентябре происходит повышение этого показателя у *Fraxinus lanceolata*, *Juglans cinerea*, *Crataegus sanguinea*, незначительно у *Acer ginnala*. Почти на одном уровне водоудерживающая способность остается у *Padus racemosa*, а также у кустарниковых видов: *Cotoneaster lucidus*, *Lonicera tatarica*, *Berberis thunbergii*. У *Berberis vulgaris* снижается в два раза с 42 %, 48 % в июне, июле до 27 %, 28 % в августе и сентябре. В сентябре для всех видов без исключения данные схожи с показателями за август.

В начале мая 2022 г. высокая водоудерживающая способность отмечена у 10 видов: *Acer ginnala* 53,0 % против 44,8 % (среднее значение), *Acer tataricum* 52,0 % против 47,2 %, *Betula pendula* 58,0 % против 54,4 %, *Crataegus sanguinea* 54,0 % против 42,6 %, *Padus racemosa* 58,0 % против 52,6 %, *Tilia cordata* 67,0 % против 58 %, *Cotoneaster lucidus* 55,0 % против 46,0 %, *Berberis thunbergii* 63,0 % против 56,6 %, *Berberis vulgaris* 69,0 % против 42,8 %, *Lonicera tatarica* 61,0 % против 48,2 %. У других видов в этом месяце водоудерживающая способность была на уровне средних значений.

Если в 2021 г. у большинства видов водоудерживающая способность повышалась к концу вегетационного периода (август, сентябрь), то в 2022 г. лишь у четырех видов: *Fraxinus lanceolata* – 65 %, *Juglans cinerea* – 53 %, *Euonymus maackii* – 62 %, *Corylus avellana* – 56 %.

В 2022 г. повышается водоудерживающая способность у трех лиственных видов (кустарники): *Berberis thunbergii*, *Berberis vulgaris*, *Euonymus maackii* с существенной разницей на 8,8 %, 8,0 %, 5,2 %, соответственно. Только у *Cotoneaster lucidus* она находится почти на одном уровне, ниже на 0,3 % – 46,0 % в 2021 г. и 46,3 % в 2022 г.

При сравнении водоудерживающей способности у восьми лиственных видов (деревья) в течение двух вегетационных периодов 2021 и 2022 гг. отмечаем, что у шести видов – *Fraxinus lanceolata* (58,8–60,8 %), *Acer ginnala* (37,8–44,8 %), *Crataegus sanguinea* (40,8–42,6 %), *Tilia cordata* (55,5–58,0 %) она выше в 2022 г., с разницей от 1,8 % у *Crataegus sanguinea*, до 7,0 % у *Acer ginnala* (см. табл.). Этому способствовали более высокие температуры и уменьшение влажности почвы. Почти на одном уровне она держится в течение двух лет у видов: *Fraxinus lanceolata*, *Acer tataricum*, *Crataegus sanguinea*, *Padus racemosa*, *Tilia cordata*, *Juglans cinerea* с разницей в 1,0–2,8 %. Лишь у *Betula pendula* и *Acer ginnala* она повысилась значительно в 2022 г. на 6,1 % и 7,0 %, соответственно. В 2021 г. у *Betula pendula* этот показатель равен – 48,3 %, в 2022 г. – 54,4 %, у *Acer ginnala* в 2021 г. – 37,8 %, в 2022 г. – 44,8 %.

В результате проведенных анализов отмечены значительные колебания водоудерживающей способности у двух видов барбариса *Berberis thunbergii*, *B. vulgaris* в начале (май и июнь) и в конце (сентябрь) вегетационных периодов 2021 г., 2022 г., которые обеспечивают широкую экологическую ампли-

туду этим видам. Почти по всем видам отмечены более высокие показатели в 2022 г., по сравнению с 2021 г. (значения средние). Причем отклонения варьируют $\pm 2-5$ %. Только у *Betula pendula* разница с прошлым годом составила 6,1 %, в 2021 г. – 48,3 %, в 2022 г. – 54,4 %. Почти одинаковые значения отмечены у *Juglans cinerea* L. – 50,0 % в 2021 г. и 49,8 % в 2022 г. и *Cotoneaster lucidus* – 46,3 % в 2021 г. и 46,0 % в 2022 г. У *Tilia cordata* водоудерживающая способность в течение вегетационного периода находится на одном уровне по месяцам. У хвойного вида *Juniperus sabina* водоудерживающая способность в оба периода вегетации находилась на среднем уровне 46–50 %. Анализ данных по водоудерживающей способности позволяет сделать вывод о видоспецифичности данного признака.

Одним из важнейших показателей жизнеспособности растений является уровень оводненности листьев, свидетельствующий о запасе воды и его отклонениях. Проведенные исследования показали, что общая оводненность в зависимости от видов варьировала в 2021 г. в пределах 57,3–76,8 % (значения средние), в 2022 г. – 55–74,2 %. Учитывая данный диапазон, можно сделать вывод о том, что наименьшие различия между видами и по годам отмечены по этому признаку.

Анализируя сезонную динамику общей оводненности листьев за вегетационный период 2021 г. по наблюдаемым видам, отмечаем, что выше среднего значения она у пяти лиственных видов (деревья): *Fraxinus lanceolata*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Padus racemosa*, *Juglans cinerea* и четырех (кустарники): *Cotoneaster lucidus*, *Berberis thunbergii*, *B. vulgaris*, *Euonymus maackii*. Ниже у хвойного вида *Juniperus sabina* и трех лиственных – *Acer ginnala*, *A. tataricum*, *Crataegus sanguinea*, у лиственных (кустарники) только у *Lonicera tatarica* и *Corylus avellana*. Средние значения по видам составили в июне – 66,3 %, в июле – 68,3 %, в августе – 64,6 %, в сентябре – 63,0 %. За вегетационный период – 65,6 %.

В 2022 г. выше среднего значения она у восьми видов – трех лиственных (деревья): *Fraxinus lanceolata* – 74,2 %, *Tilia cordata* – 73,8 %, *Juglans cinerea* – 73,6 % и пяти (кустарники): *Berberis thunbergii* – 71,2 %, *B. vulgaris* – 71,0 %, *Euonymus maackii* – 71,2 %, *Lonicera tatarica* – 69,8 %, *Corylus avellana* – 68,2 %. Абсолютно все виды в начале вегетационного периода (май, июнь) 2022 г. имеют повышенную оводненность листьев.

В июне 2021 г. у 14 культиваров общая оводненность находилась в диапазоне 58–77 %, что ниже, по сравнению этого показателя в июле. Исключением является *Berberis thunbergii*, у него общая оводненность в июне выше, чем в последующие месяца. Повышение процентного содержания общей оводненности в июле произошло у *Tilia cordata*, *Juglans cinerea*, *Corylus avellana*. К концу вегетационного периода у большинства видов наблюдалось снижение этого показателя. Особенно заметно у двух лиственных видов *Betula pendula*, на 8,5 % по сравнению с июнем и июлем и *Juglans cinerea* на 8,0 %, по сравнению с июлем. У трех кустарниковых видов: *Lonicera tatarica*, *Berberis vulgaris*, *Euonymus maackii* наблюдается снижение этого показателя в тех же пределах на 10 %, с 78 % среднее за июнь, июль до – 68 % за август, сентябрь. Исключение составляет *Fraxinus lanceolata*, у него происходит повышение с 75 % до 81 %. Незначительные колебания по видам отмечены в сентябре относительно августа.

Лабораторные анализы показали, что оводненность исследуемых растений выше в 2022 г. у четырех видов: *Fraxinus lanceolata*, *Crataegus sanguinea*, *Tilia cordata*, *Juglans cinerea* (76,8–74,2 %), (59,5–61,0 %), (69,3–73,8 %), (70,5–73,6 %), соответственно, по сравнению с 2021 г., с разницей – от 1,5 % у *Crataegus sanguinea*, до – 4,5 % у *Tilia cordata*. Почти на одном уровне в течение двух вегетационных периодов отмечена оводненность трех видов: *Betula pendula* (64,8–64,4 %), *Crataegus sanguinea* (59,5–61,0 %), *Padus racemosa* (65,0–63,2 %), с незначительной разницей 0,4 %, 1,5 % 1,8 %, соответственно. У четырех видов *Acer ginnala*, *A. tataricum*, *Betula pendula*, *Padus racemosa* оводненность выше в 2021 г. (57,8–55,0 %) с разницей 2,8 %, (57,3–61,2 %) с разницей 3,9 %, (64,8 –64,4 %) с разницей 0,4 %, (65,0–63,2 %) с разницей 1,8 %, соответственно.

Среди лиственных (кустарники) оводненность в 2022 г. повышена на несколько процентов у *Lonicera tatarica* – 7,3 %, *Berberis thunbergii* – 4,5 %, *Corylus avellana* – 3,9 %. На одном уровне она у *Cotoneaster lucidus* – 65,4 % и *Berberis thunbergii* – 71,0 %.

Одним из важных показателей адаптивности растений к конкретным почвенно-климатическим условиям является содержание «подвижной» влаги в листьях. Изучение этого показателя в течение вегетационного периода 2021 г. показало, что у девяти видов: *Fraxinus lanceolata*, *Acer ginnala*, *Crataegus sanguinea*, *Juglans cinerea*, *Cotoneaster lucidus*, *Berberis thunbergii*, *B. vulgaris*, *Euonymus maackii*, *Lonicera tatarica* содержание «подвижной» влаги выше среднего значения. Средние значения по видам в июне составили – 19,9 %, в июле – 19,0 %, в августе – 17,0 %, в сентябре – 14,3 %, за вегетационный

период – 17,5 %. В июне очень большим разрывом в сторону увеличения выделялся *Acer ginnala*, значения июньского показателя у этого вида выше на 22,0 % (37,0 % в июне, против 14 %, среднее значение за июль, август, сентябрь), у *Berberis thunbergii*, значения июньского показателя выше на 25,4 % (42,0 % в июне, против 16,6 %, среднее значение за июль, август, сентябрь), *Euonymus maackii*, значения июньского показателя у этого вида выше на 16,4 % (31,0 % в июне, против 14,6 %, среднее значение за июль, август, сентябрь). Остальные виды имеют значения ниже среднего 19,9 %.

У большинства видов к концу вегетационного периода 2021 г. (август, сентябрь) процентное содержание «подвижной» влаги снижается. Плавное снижение отмечено у *Padus racemosa*, *Fraxinus lanceolata* и *Cotoneaster lucidus*. Более резкое падение отмечено у *Acer ginnala*, *Betula pendula*, *Juglans cinerea*, *Crataegus sanguinea*, *Lonicera tatarica*, *Berberis thunbergii*, *Euonymus maackii*, *Coryulus avellana*. У трех видов: *Acer tataricum*, *Tilia cordata*, *Berberis vulgaris* отмечено повышение. Идентично содержание «подвижной» влаги в августе и сентябре у большинства видов.

Изучение содержания «подвижной» влаги листьев в течение вегетационного периода 2022 г. показало, что у шести видов: *Fraxinus lanceolata*, *Crataegus sanguinea*, *Juglans cinerea*, *Cotoneaster lucidus*, *Berberis thunbergii*, *B. vulgaris* содержание «подвижной» влаги выше среднего значения по всем видам. У большинства видов к концу вегетационного периода (август, сентябрь) процентное содержание «подвижной» влаги снижается.

У хвойного вида *Juniperus sabina* в сентябре 2022 г. отмечается резкое падение «подвижной» влаги до 4 % по сравнению со средним 12,4 %, почти в три раза. Также резкое падение отмечено у *Fraxinus lanceolata* до 9,0 % в сравнении со средним значением 16,0 %, *Juglans cinerea* – 18,0 % против 26,6 %, *Euonymus maackii* – 7,0 % против 11,8 %, *Coryulus avellana* – 7,0 % против 15,6 %, *Berberis thunbergii* – 9,0 % против 16,8 %. У *Tilia cordata* содержание «подвижной» влаги в течение вегетационного периода находится на одном уровне.

Содержание «подвижной» влаги в листьях лиственных видов (деревья) выше в 2021 г. у четырех видов: *Fraxinus lanceolata* (17,8–16,0 %) с разницей 1,8 %, *Acer ginnala* (20,0–0,2 %) с разницей 9,8 %, *Betula pendula* (16,5–11,4 %) с разницей 5,1 %, *Padus racemosa* (11,3–10,6 %) с разницей 1,3 %. У *Crataegus sanguinea* и *Juglans cinerea* – выше в 2022 г. У *Acer ginnala* в 2022 г. снизилось содержание «подвижной» влаги почти в два раза с 20,0 % до 10,2 %.

Среди лиственных видов (кустарники) в 2022 г. «подвижная» влага повышена всего у двух видов: *Cotoneaster lucidus* и *Coryulus avellana* (19,0–20 %), с разницей 1,0 % и (12,8–15,6 %), с разницей 2,8 %. У остальных видов *Berberis thunbergii*, *B. vulgaris*, *Euonymus maackii*, *Lonicera tatarica* она была выше в 2021 г. и уже с большей разницей 6,2 %, 4,4 %, 7,0 %, 2,7 %, соответственно. У большинства видов отмечены значительные колебания по «подвижной» влаге в начале (май и июнь) и в конце (сентябрь) двух вегетационных периодов.

Заключение. В результате исследований выявлены особенности различных видов по водоудерживающей способности, общей оводненности, содержанию «подвижной» влаги в листьях 15 древесных растений в Алтайском ботаническом саду. Эти показатели определены в динамике по месяцам. Высокие показатели по водоудерживающей способности и общей оводненности в течение двух лет (2021 и 2022 гг.) отмечены у – *Fraxinus lanceolata*, *Tilia cordata*, *Betula pendula*, *Padus racemosa*, *Juglans cinerea*, *Berberis thunbergii*, *Euonymus maackii*, *Coryulus avellana*. Высоким содержанием «подвижной» влаги отличаются *Juglans cinerea* и *Berberis vulgaris*. Исследованиями установлено, что наиболее высокие параметры водного режима характерны для лиственных видов (кустарник). Наименьшие различия между видами отмечены по признаку оводненности листа. У хвойного вида *Juniperus sabina* отмечено устойчивое содержание водного режима по всем параметрам на протяжении вегетационных периодов 2021 и 2022 гг. Исследованиями установлено, что водный режим является важным показателем физиологического состояния древесных растений, определяется влиянием факторов внешней среды, зависит в основном от генетических особенностей вида и от уровня водообеспеченности.

Благодарности. Статья написана в рамках НТП «Изучение современного состояния видовой разнообразия сосудистых растений Казахстана с использованием современных методов ботаники, молекулярной генетики и биоинформатики» на 2023–2024 гг.

ЛИТЕРАТУРА

Бабаев Р. Н., Бессчётнова Н. Н., Бессчётнов В. П. Сравнительный анализ водоудерживающей способности представителей рода *Betula* L. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование, 2022. – № 1 (53). – С. 5–19. DOI: 10.25686/2306-2827.2022.1.5

Викторов Д. П. Малый практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1983. – 135 с.

Гончарова Э. А. Водосберегающая способность сельскохозяйственных растений как основополагающий критерий продуктивности и устойчивости к экстремальным воздействиям среды // Интродукция нетрадиционных и редких растений: Мат. междунар. науч.-метод. конф., 2010. – С. 191–195.

Иванова Е. А. Изучение засухоустойчивости сортов *Ribes uva-crispa* в условиях Оренбургского Приуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2020. – №6 (86) – С. 102–105.

Чернявская И. В., Дервянко А. С. Изучение особенностей водного режима у можжевельников в Ботаническом саду АГУ // Перспектива – 2012: материалы междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Т. II. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2012. – С. 291–294.

Чернявская И. В., Толстикова И. В., Еднич Е. М. Представители рода *Juniperus* L. в Ботаническом саду Адыгейского государственного университета // Вестник АГУ, 2015. – Вып. 4(171). – С. 79–86.