

МОРФОМЕТРИЯ И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЛИСТЬЕВ НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА БОЯРЫШНИК (*CRATAEGUS* L.) ПРИ ИНТРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ СЕМИАРИДНОГО КЛИМАТА

Д.Г. Федорова, М.А. Шишова

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

Эл. почта: DaryaOrlova24@rambler.ru

Статья поступил в редакцию 03.03.2024; принята к печати 02.08.2024

Вода является наиболее ограничивающим ресурсом для роста растений. На ее усвоение растениями влияют многие абиотические стрессы, такие как засоление, холод, жара и засуха. Для нормального развития растения важно равномерное распределение осадков по фазам вегетации. Оренбургская область принадлежит к зоне недостаточного и нестабильного влагообеспечения. При этом наиболее часто засуха сопровождается периодом активного роста и развития растений. Нами были проанализированы показатели водного режима листьев на протяжении сезона вегетации растений в условиях засушливого степного климата. Исследованы морфометрические параметры листовых пластинок и установлены индивидуальные видовые вариации данных признаков. В качестве объектов исследования были выбраны боярышники *Crataegus sanguinea* Pall., *C. korolkowii* L. Henry, *C. volgensis* Pojark., *C. submollis* Sarg., *C. monogyna* Jacq. В лабораторных условиях изучена изменчивость водного режима листовых пластинок по признакам общая оводненность, вододерживающая способность, водный дефицит, подвижная влага. Установлено, что наиболее крупные листовые пластинки характерны для *C. sanguinea*, а наиболее мелкие – для близкородственных *C. monogyna* и *C. volgensis*. Водный режим объектов исследования проявляет видовую индивидуальность, однако при взаимном соотношении данных параметров установлено, что все объекты исследования принадлежат к группе средnezасухоустойчивых растений.

Ключевые слова: боярышники, *Crataegus* L., водный режим листьев, засухоустойчивость, семиаридный климат.

MORPHOMETRIC FEATURES AND WATER REGIMEN OF LEAVES OF SEVERAL PLANTS OF THE HAWTHORN GENUS (*CRATAEGUS* L.) UPON INTRODUCTION TO SEMIARID CLIMATE CONDITIONS

D.G. Fedorova, M.A. Shishova

Orenburg State University, Orenburg, Russia

Email: DaryaOrlova24@rambler.ru

Water is the principal limiting resource for plant growth. Its assimilation by plants is influenced by many abiotic stresses, such as salinization, cold, heat and drought. Precipitations distribution according to plant development phases is important for growth. Orenburg Oblast is a zone of insufficient and unstable water availability. Droughts often accompany the periods of active growth of plants. We analyzed some parameters of water regimen of plant leaves during the entire season of plant growth in arid steppe conditions and studied species-specific variations of the morphometric parameters of leaf plates in hawthorn species *Crataegus sanguinea* Pall., *C. korolkowii* L. Henry, *C. volgensis* Pojark., *C. submollis* Sarg., and *C. monogyna* Jacq. In laboratory conditions, leaves collected during different periods were studied for total water content, water-retaining capacity, water deficit, and mobile water. It was found that the largest leaves are specific for *C. sanguinea*, and the smallest, for two closely related species *C. monogyna* и *C. volgensis*. The water regimens are species-specific; however, by the totality of features, all species may be referred to moderately drought-resistant category.

Keywords: hawthorn, *Crataegus* L., water regimen of leaves, draught resistance, semiarid climate.

Введение

Род Боярышник (*Crataegus* L.) относится к семейству розоцветных *Rosaceae* Juss. Он представлен более чем тысячей видов, естественно произрастающих в умеренных регионах Северного полушария в Европе, Азии, Северной Африке и Северной Америке [2, 6, 10, 14].

Многочисленные виды рода *Crataegus* имеют пищевое значение и используются в профилактике многих заболеваний. Многие виды этого рода столетиями служат важными объектами интродукции как в нашей стране, так и за рубежом [8, 13, 17, 18]. Однако процессы интродукции и предшествующей ей акклиматизации лимитируются условиями среды. Проходя интродукционные испытания в условиях Оренбуржья, растения в первую очередь подвергаются негативному воздействию высоких температур в летний период в сочетании с низкой влажностью и суховеями [12, 13].

Водный режим растений – физиологически взаимосвязанные процессы поступления, перераспределения и выделения воды растительным организмом. Наряду с этим, водный режим является первым сигналом о том, что растению «не комфортно» в тех или иных условиях произрастания [1, 11].

Когда воды расходуется больше, чем поступает, клетки растения обезвоживаются, в результате чего происходит увядание побегов и листьев. В свою очередь обезвоживание ведет к нарушению физиологической жизнедеятельности растения: прекращается рост и формирование генеративных органов, нарушаются сроки созревания плодов, снижается урожайность растений и т. д. В это время может наблюдаться отмирание листьев, побегов, а также гибель всего растения [13].

Потребность растений в воде определяется их состоянием (возрастом или фазой вегетативного развития) и внешними условиями (температурой и влажностью почвы и воздуха, интенсивностью освещения и т. д.), периодом развития, мощностью корневой системы. Так, например, в период активного роста листьев, побегов, корней содержание воды достигает 90% и более, в древесине многолетних растений количество ее составляет 45–50%, в семенах влаги содержится всего 10–15%. Избыток влаги в почве так же вреден для растений, как и недостаточное количество [7].

Большинство видов представителей рода *Crataegus* L. относятся к мезофитам, то есть к растениям со средней потребностью во влаге. Растения данной группы не переносят избыточное увлажнение и способны переносить умеренно засушливые условия.

Цель настоящего исследования – изучить особенности водного режима и морфометрических параметров листьев некоторых представителей рода *Crataegus* L. при интродукции в условиях семиаридного климата Оренбуржья.

Материалы и методы

Объектами исследования послужили 5 видов боярышника, проходящие интродукцию на базе ботанического сада Оренбургского государственного университета (ОГУ): *Crataegus sanguinea* Pall., *C. korolkowii* L. Henry, *C. volgensis* Pojark., *C. submollis* Sarg., *C. monogyna* Jacq. *C. sanguinea* – является видом местной флоры, *C. volgensis* – эндемик Поволжья [9]. Исследования проведены в 2022–2023 годах в период вегетации растений, в трехкратной повторности (июнь, июль, август).

По природно-климатическим условиям Оренбургская область относится к зоне сухих степей. Почвы опытного участка представлены черноземом обыкновенным среднегумусным среднетяжелым среднетяжелосуглинистым. Влагообеспеченность почвы понижена.

Погодные условия в период проведения исследований характеризуются максимальной нестабильностью (рис. 1).

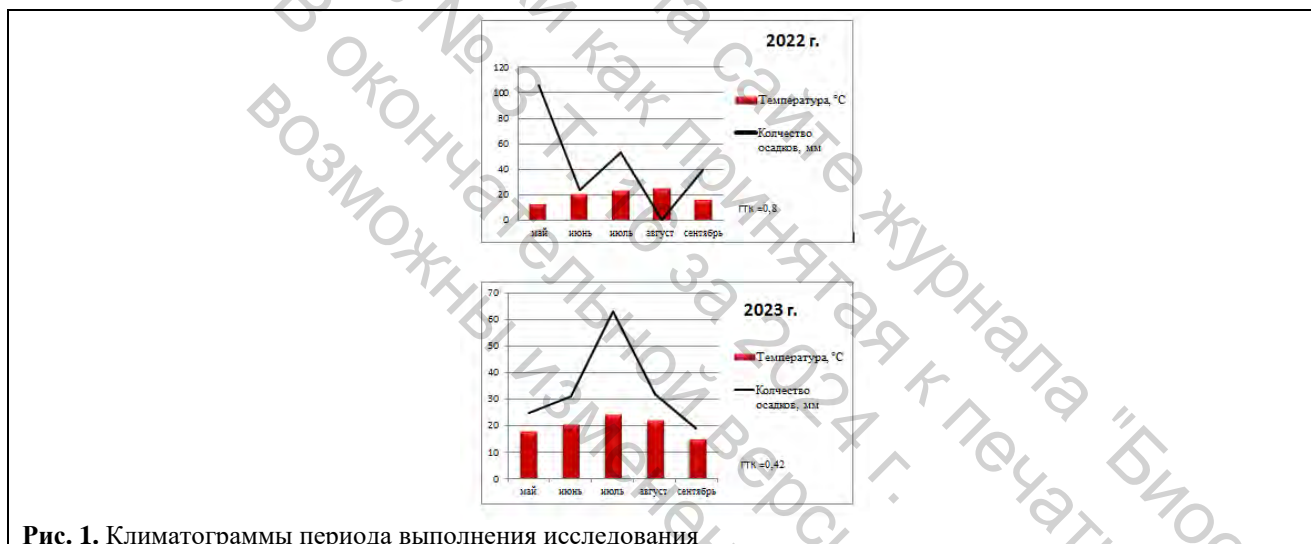


Рис. 1. Климатограммы периода выполнения исследования

Гидротермический коэффициент за весь период исследования, при сумме активных температур в среднем равной 2012,7 °С, равен 0,61, что определяет погодные условия, характерные для зон «сухого земледелия». Данный факт подтверждает актуальность исследований термоустойчивости и водного режима растительных организмов в таких климатических условиях.

Для оценки водного режима исследуемых видов были выбраны следующие параметры: общая оводненность (ОВ), водный дефицит (ВД), подвижная влага (ПВ) и водоудерживающая способность (ВС). Исследования проводились в научно-образовательной лаборатории экспериментальной ботаники ботанического сада Оренбургского государственного университета. Листья собирались с растений в количестве 45 штук (по 15 листьев с трех одновозрастных растений), упаковывались в пакеты, маркировались и доставлялись в лабораторию. Первое взвешивание листьев осуществлялось в полевых условиях сразу после сбора, последующие в лабораторных условиях. Для измерения весовых параметров использовались лабораторные весы CAS MWP-300. Помимо установления веса листьев при сборе, измерялись следующие весовые параметры: масса листьев при полном насыщении, масса листьев после суточного завядания, сухая масса листьев. Для полного насыщения листья помещались в колбы с водой на 24 часа.

Вычисления осуществлялись по формулам [13], где все массы выражены в граммах:

1) общая оводненность: $B = [(m - m_1)/m] \times 100\%$, где m – масса сырой навески; m_1 – масса сухой навески;

2) водный дефицит: $ВД = [(m_2 - m_1)/(m_3 - m_1)] \times 100\%$, где m – масса сухой навески, m_1 – масса воды перед насыщением, m_2 – масса воды после полного насыщения, m_3 – масса листьев после полного насыщения водой;

3) водоудерживающая способность: $BC = [(m_1 - m_2)/m] \times 100\%$, где m – масса свежей пробы; m_1 – масса пробы через 24 ч, m_2 – масса сухой пробы;

4) подвижная влага: $ПВ = В - ВС$.

В дополнение к анализу водного режима произведен анализ площади листовой (ПЛ) пластинки, удельной листовой поверхности (УПЛ), удельной поверхностной плотности листа (УППЛ). ПЛ определяли методом сканирования, используя программу APFill Ink&Toner Coverage Meter; УПЛ определяли как отношение площади листа к значению его сухой массы; УППЛ – отношение веса сухой массы листьев к их площади [3].

Засухоустойчивость определяли по количественным показателям и взаимосвязи двух параметров – общей оводненности и водоудерживающей способности по модифицированной методике для степного климата [11].

Математическая обработка данных проведена с использованием программного обеспечения Statistica 10.0. Для определения силы взаимозависимости и влияния друг на друга исследуемых параметров водного режима и морфометрии листа (распределение нормальное по критерию Шапиро-Уилка, связь между признаками линейная) использован корреляционный анализ Пирсона; статистическая значимость принята при $p < 0,05$.

Стандартная статистическая обработка для определения ошибки среднего и коэффициента вариации (C_v) проводилась с помощью программного обеспечения Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение

Листья у боярышника являются одним из определяющих видовых признаков. По морфологии листовой пластинки род подразделяется на различные секции. Объекты нашего исследования принадлежат к трем секциям рода. При произрастании в условиях интродукции в ботаническом саду г. Оренбурга листовые пластинки объектов исследования характеризуются следующими параметрами:

1. Секция *Oxyacanthae* Loud.

C. monogyna Jacq. (боярышник однопестичный). Листья глубоколопастные с оливково-зеленой окраской и незначительным опушением. Форма листовой пластинки яйцевидная с клиновидным основанием, переходящим в черешок. Длина листовой от 4 до 4,5 см.

C. volgensis Rojark. (боярышник волжский). Листовые пластинки 3–5 глубоколопастные темно-зеленой окраски. Форма листьев широкояйцевидная с ширококлиновидным основанием. Длина – 4,5 см, ширина – 4 см, длина черешка – 2,5–2 см.

2. Секция *Sanguineae* Zbl.

C. korolkowii L. Henry (боярышник Королькова). Листья с 7–9 небольшими заостренными на концах лопастями, широкояйцевидной формы. Длина листовой пластинки отмечена в пределах 4,5–5 см, ширина 4,5–5,5 см.

C. sanguinea Pall. (боярышник кроваво-красный). Листья яйцевидной формы с заостренной вершиной, с широко-клиновидным переходящим в резко-усеченное основание. Край листовой пластинки с пильчатыми неглубокими лопастями. Длина листовой пластинки изменяется в пределах 6–7 см, ширина 3,5–4 см. Черешки длиной 1,5–2 см.

3. Секция *Molles* Sarg.

C. submollis Sarg. (боярышник мягковатый). Для данного вида характерны очень тонкие и крупные листовые пластинки от светло- до оливково-зеленой окраски. Листовая пластинка широкояйцевидной формы, слегка разделенная на небольшие лопасти. Длина листовой пластинки установлена на уровне 4–5,5 см, ширина – 4,5–5 см.

Морфометрические параметры исследуемых листьев представлены в табл. 1.

Табл. 1

Количественные показатели параметров листовых пластинок объектов исследования

		<i>C. korolkowii</i>	<i>C. monogyna</i>	<i>C. sanguinea</i>	<i>C. submollis</i>	<i>C. volgensis</i>
ПЛ	Среднее (см ²)	32,4 ± 0,7	18,1 ± 0,9	48,5 ± 5,5	39,1 ± 4,7	21,1 ± 1,5
	C_v , %	2,2	5,0	11,3	12,0	7,1
$M_{л}$	Среднее (г)	0,61 ± 0,05	0,41 ± 0,02	0,73 ± 0,1	0,67 ± 0,1	0,46 ± 0,07
	C_v , %	8,2	4,9	13,7	14,9	15,2
$M_{сух.}$	Среднее (г)	0,30 ± 0,03	0,20 ± 0,01	0,31 ± 0,05	0,34 ± 0,04	0,24 ± 0,05
	C_v , %	10,0	5,0	16,1	11,8	20,8
$M_{нас}$	Среднее (г)	0,69 ± 0,08	0,48 ± 0,03	0,98 ± 0,4	0,94 ± 0,13	0,62 ± 0,06
	C_v , %	11,6	6,3	40,8	13,8	9,7
УПЛ	Среднее (см ² /г)	21,3 ± 3,3	17,7 ± 0,8	31,5 ± 4,1	23,1 ± 0,6	18,9 ± 1,0
УППЛ	Среднее (г/см ²)	0,05 ± 0,007	0,06 ± 0,002	0,03 ± 0,004	0,04 ± 0,001	0,05 ± 0,003

ПЛ – площадь листовой пластинки; $M_{л}$ – масса листа при сборе; $M_{сух.}$ – масса сухих листьев; $M_{нас}$ – масса листа при полном насыщении; УПЛ – удельная листовая поверхность; УППЛ – удельная поверхностная плотность листа.

Максимальные показатели характерны для вида местной флоры – *C. sanguinea*. При этом у данного вида вариативность по площади листьев наибольшая среди всех объектов исследования. Наименьшие размеры листьев установлены у родственных видов – *C. monogyna* и *C. volgensis*. Наиболее стабильным оказался показатель у *C. korolkowii*.

Как правило, наименьшая УПЛ и большая УППЛ считаются адаптациями растений к засушливым климатическим условиям, способствующими наибольшей интенсивности фотосинтеза [4, 16]. Связано это со способностью растений предотвращать излишние потери за счет уменьшения испаряемой листовой поверхности, при этом без снижения интенсивности фотосинтеза. По результатам проведенных исследований отмечены два вида, которые соответствуют данному правилу, а именно: *C. monogyna*, *C. volgensis*. Для этих видов характерны и наименьшее значение УППЛ, и наименьшая площадь листьев.

Анализ общей динамики изменчивости вышеописанных параметров позволил выявить статистически значимую зависимость между площадью листа и массой листьев в полном насыщении ($r = 0,96$), а также с удельной листовой поверхностью ($r = 0,95$). Сильная отрицательная зависимость достоверна между площадью листа и удельной поверхностной плотностью ($r = -0,9$). Отрицательно связаны УПЛ и УППЛ, при коэффициенте корреляции, равном $-0,99$.

Высокая оводненность листовых пластинок обеспечивает лучшие условия для всех физиолого-биохимических процессов, протекающих в растении. Показатели содержания воды в листьях показывают различия у исследуемых объектов. Наивысшие показатели параметра отмечаются у *C. sanguinea*. Максимальное значение ОВ у этого вида установлено в середине вегетационного цикла (июль) и равно $58,8 \pm 0,3\%$. В целом уровень воды в листьях у этого вида характеризуется стабильностью при незначительном коэффициенте вариации равном 2,1%. Довольно высокие показатели оводненности отмечены у близкородственного вида – *C. korolkowii*, у которого средний показатель за сезон вегетации отмечен на уровне $51,9 \pm 1,7\%$, также с незначительной вариацией в 3,3%. Однако у данного вида отмечена тенденция постепенного снижения этого показателя по мере прохождения фаз вегетации. У всех остальных видов также наблюдается постепенное уменьшение степени запаса воды при увеличении суммы положительных температур в течение сезона. Минимальной оводненностью характеризуются листья *C. submollis* со средним показателем параметра в 49,4% и вариативностью признака в 6,1% (рис. 1). В целом по всем объектам исследования можно сказать, что общая оводненность проявляет достаточно однородные показатели, так как коэффициент вариации ни у одного вида не превышает 30%.

Полученные значения водного дефицита, в отличие от предыдущего параметра водного режима, характеризуются большей неоднородностью и вариативностью. Наивысшая изменчивость по отношению к среднему показателю установлена у *C. sanguinea* – 34,2%. Показатели же водного дефицита у данного вида за весь период наблюдений оказались наименьшими ($38,3\% \pm 7,1$). Интересна и сезонная динамика дефицита воды у всех объектов исследования: при наивысших температурах окружающей среды недостаток воды резко сокращается, нарастая ко времени окончания вегетации. Можно полагать, что это показатель развитого адаптационного механизма, свидетельствующего о физиологической приспособленности растений к неблагоприятным условиям местного климата. *C. korolkowii*, снижая показатель воддефицита к июлю, сохраняет его до конца летнего сезона в относительно стабильном состоянии, а *C. submollis* в течение всего сезона снижает этот показатель с 51 до 39%. Максимальным усредненным дефицитом воды характеризуется *C. volgensis*, в связи с резким увеличением его в августе с 47,8 до 64,2% (рис. 2).

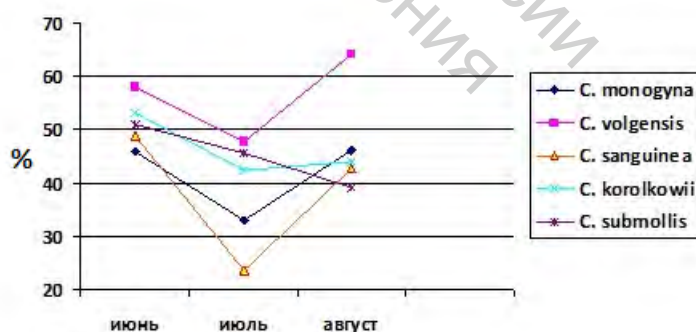


Рис. 2. Показатели дефицита воды объектов исследования

По способности удерживать воду в листьях одинаковые тенденции сезонной динамики наблюдаются у *C. korolkowii*, *C. monogyna* и *C. submollis*. У этих видов максимальное значение ВС отмечается в середине летнего сезона и резко снижается в августе. У *C. sanguinea* также большой показатель отмечен в июле, но при этом в августе он хоть и не значительно, но увеличивается. У *C. volgensis* сила удерживания воды в листьях в течение сезона вегетации постоянно снижается, для этого же вида характерны максимальные средние

показатели, равные $14,7 \pm 6,5\%$. Минимальные показатели характерны для *C. sanguinea* ($2,0 \pm 0,02$), у него же признак оказался наиболее стабильным, при коэффициенте вариации 10,0% (рис. 3).

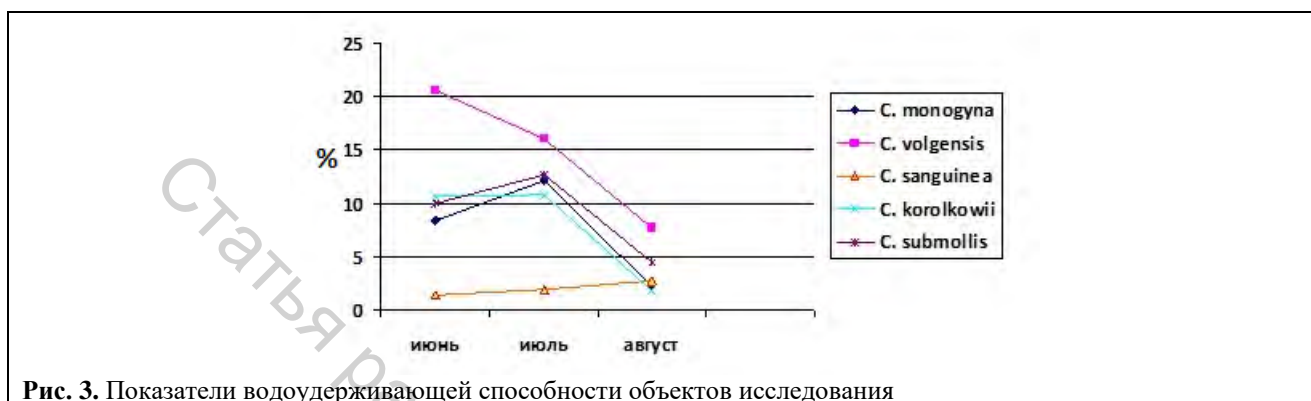


Рис. 3. Показатели водоудерживающей способности объектов исследования

Что касается показателя подвижности влаги, то здесь вновь отмечается отличие *C. sanguinea*. У этого вида в течение периода вегетации значение показателя остается неизменно высоким, с небольшим увеличением в середине летнего периода (на 2–3%). У всех остальных видов реакция обратная, происходит понижение содержания подвижной влаги в июле и стремительное увеличение в августе (рис. 4).

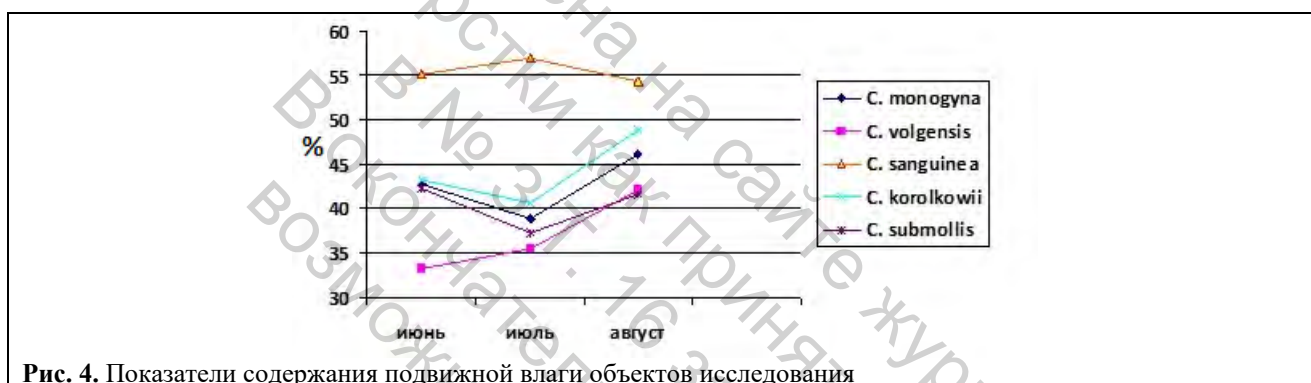


Рис. 4. Показатели содержания подвижной влаги объектов исследования

Средние значения параметров водного режима объектов исследования за период проведения исследования отображены на рис. 5. Здесь можно увидеть, что виды-интродуценты характеризуются неплохими показателями в сравнении с местным видом, особенно в отношении водоудерживающей способности. Однако усредненное значение водного дефицита для *C. sanguinea* оказалось наименьшим, что обеспечивается довольно большим содержанием общей влаги в листьях данного вида.

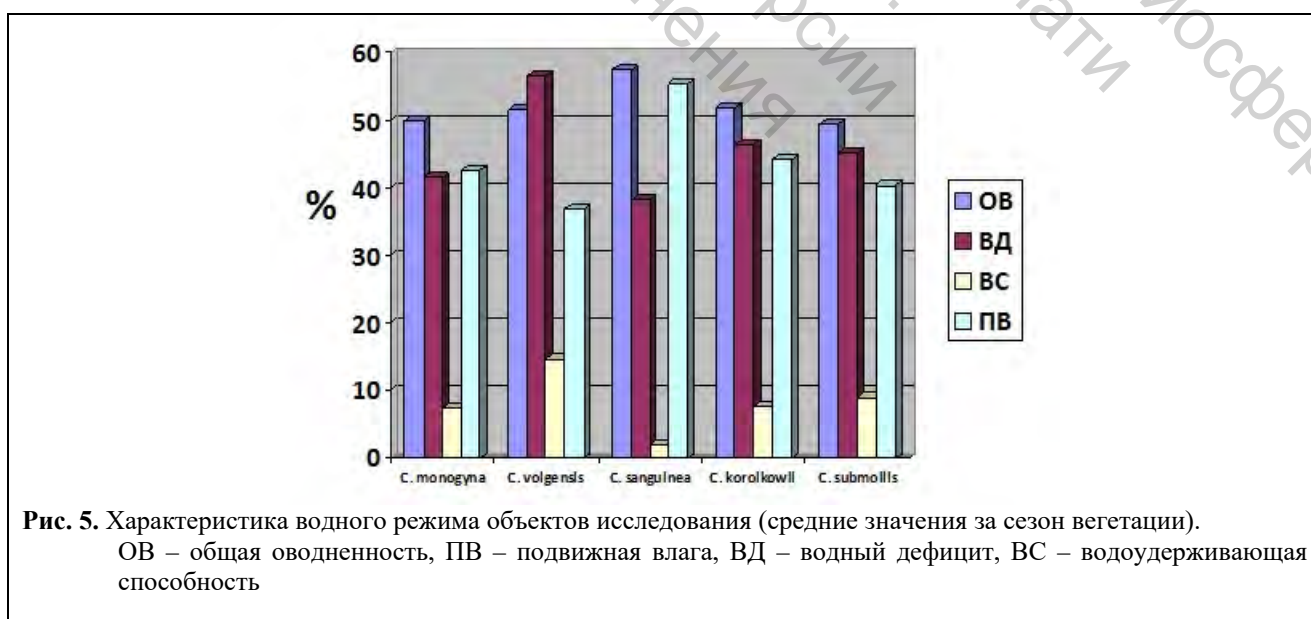


Рис. 5. Характеристика водного режима объектов исследования (средние значения за сезон вегетации).

ОВ – общая оводненность, ПВ – подвижная влага, ВД – водный дефицит, ВС – водоудерживающая способность

По всем исследуемым видам статистически значимая прямая связь установлена между общей оводненностью и подвижной влагой ($r = 0,79$). Значимая, но отрицательная связь характерна для общего содержания воды и водоудерживающей способности ($r = -0,79$). Кроме того, водный дефицит положительно коррелирует с водоудерживающей способностью ($r = 0,96$) (табл. 2).

Табл. 2

Корреляционная матрица анализируемых параметров объектов исследования

	ПЛ	М _л	М _{сух}	М _{нас}	УПЛ	УППЛ	ОВ	ВД	ВС	ПВ
ПЛ										
М _л	0,19									
М _{сух}	0,87	-0,15								
М _{нас}	0,96	-0,04	0,90							
УПЛ	0,95	0,41	0,66	0,85						
УППЛ	-0,90	-0,52	-0,57	-0,79	-0,99					
ОВ	0,65	0,81	0,25	0,50	0,82	-0,89				
ВД	-0,54	-0,22	-0,22	-0,36	-0,67	0,64	-0,40			
ВС	-0,31	-0,33	0,06	-0,11	-0,51	0,51	-0,79	0,96		
ПВ	0,60	0,63	0,16	0,39	0,81	-0,84	0,79	-0,87	-0,87	

Степень засухоустойчивости установлена по числовым показателям двух параметров: общая оводненность и водоудерживающая способность [11]. Все исследуемые виды, согласно данной методике, отнесены к группе средnezасухоустойчивых растений, так как уровень воды в листьях у всех оказался довольно высоким, однако водоудерживающая способность невысока, что в итоге приводит к большому количеству подвижной влаги, которая, с одной стороны, улучшает метаболические процессы, а с другой – может быстро теряться растениями.

Заключение

Для анализируемых объектов одним из ведущих параметров водного режима листовых пластинок, влияющим на рост и накопление биомассы является общее содержание воды, которое имеет сильную взаимосвязь с удельной листовой поверхностью ($r = 0,82$), площадью листьев ($r = 0,65$) и массой листьев при сборе ($r = 0,81$). В свою очередь увеличение общей оводненности влияет на содержание подвижной влаги, улучшая обменные процессы в организме растений. Оба эти параметра у исследуемых видов отмечены на высоких уровнях. Однако водоудерживающая способность низкая, что отражается на высоком проценте водного дефицита у всех видов.

По показателям УПЛ и УППЛ нами выделены два вида – *C. monogyna* и *C. volgensis*, которые по соотношению данных характеристик отнесены к группам наиболее адаптивных видов.

В результате проведенных работ за годы исследования установлено, что анализируемые растения, несмотря на произрастание в условиях засушливого климата, характеризуются высокими показателями общей оводненности, однако уровень водоудерживающей способности у всех видов невысок, что позволяет отнести их к группе растений со средней засухоустойчивости в условиях семиаридного климата.

Данные виды могут быть использованы в озеленении в условиях степного климата, однако для наилучшего их роста и развития рекомендуется использовать искусственный полив.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Вдовина ТА, Исакова ЕА, Лагус ОА. Параметры водного режима древесных растений в Алтайском ботаническом саду как показатели их экологической адаптации. В кн.: Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия флоры. Минск; 2022. С. 340-43.
2. Витковский ВЛ. Плодовые растения мира. СПб.: Лань; 2003.
3. Ермолова ЛС, Уткин АИ. Удельная листовая поверхность основных лесобразующих пород России. Экология. 1998;(3):178-83.
4. Иванова ЛА. Адаптивные признаки структуры листа растений разных экологических групп. Экология. 2014;(2):109-18.
5. Кентбаева БА. Эколого-физиологические особенности интенсивности транспирации различных видов боярышника. Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. 2009;12:44-8.
6. Колесников АИ. Декоративная дендрология. М.: Лесная промышленность; 1974.
7. Петров АП. Дендрология. Уральск: Уральский Государственный Лесотехнический Университет; 2015.
8. Попова НЕ. Род *Crataegus* L. в дендрологическом саду АГТУ. В кн. Экологические проблемы севера. Архангельск: Изд-во АГТУ; 2010. С. 103-4.
9. Рябинина ЗН, Князев МС. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. Москва: КМК; 2009.
10. Соколов СЯ. Деревья и кустарники СССР. М.: Изд-во АН СССР; 1954.

11. Федорова ДГ, Назарова НМ, Кухлевская ЮФ. Модификация методики оценки жизнеспособности интродуцентов в соответствии с условиями сухостепной зоны Оренбургского Предуралья. Вестник Нижневартковского государственного университета. 2021;2(54):57-62.
12. Федорова ДГ. Оценка засухоустойчивости рябины, интродуцированной в степную зону Оренбургской области. Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2023;8(31):80-7.
13. Федорова ДГ. Эколого-биологические особенности представителей родов *Aronia* Pers., *Crataegus* L., *Sorbus* L. при интродукции в условиях Оренбургского Предуралья (на примере г. Оренбурга). Автореф дисс... канд. биол. наук. Оренбург; 2015.
14. Цвелев НН, ред. Флора Восточной Европы. СПб.: Мир и семья, изд-во СПХФА; 2001.
15. Юшков АН, Борзых НВ, Чивилев ВВ. Влияние условий засухи на водный режим и состояние пигментного комплекса листьев яблони и груши. В кн.: Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности. Москва: Алеф; 2022. С. 199-202.

Общий список литературы/References

1. Vdovina TA, Isakova EA, Lagus OA. [Parameters of the water regimen of arborous plants as indices of their ecological adaptation in Altay Botanic Garden]. In: Introduktsiya, Sohraneniye i Ispolzovaniye Biologicheskogo Raznoobraziya. Minsk; 2022. P. 340-3. (In Russ.)
2. Vitkovsky VL. Plodovye Rasteniya Mira. Saint Petersburg; Lan; 2003. (In Russ.)
3. Yermolova LS, Utkin AI. [The specific leaf area of the main forest-forming plants in Russia]. Ekologiya. 1998;(3):178-83. (In Russ.)
4. Ivanova LA. [Adaptive traits of leaf structure in plants referred to different ecological groups]. Ekologiya. 2014;(2): 109-18. (In Russ.)
5. Kentbayeva BA. [Ecological and physiological features of transpiration rate of different hawthorn species]. Plodovodstvo Semenovodstvo Introduktsiya Drevesnykh Rasteniy. 2009;12:44-8. (In Russ.)
6. Kolesnikov AI. Dekorativnaya Dendrologiya. Moscow: Lesnaya Promyshlennost; 1974.
7. Petrov AP. Dendrologiya. Uralsk: Uralskiy Gosudarstvennyy Lesotekhnicheskii Universitet; 2015. (In Russ.)
8. Popova Nye. [The genus *Crataegus* L. in Dendrological Garden of AGTU]. In: Ekologicheskiye Problemy Severa Archangelsk; AGTU; 2010. P. 103-4. (In Russ.)
9. Riabinina ZN, Kniazev MS. Opredelitel Sosudistykh Rasteniy Orenburgskoy Oblasti. Moscow: KMK; 2009. (In Russ.)
10. Sokolov SYa. Derevyia i Kustarniki SSSR. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR; 1954. (In Russ.)
11. Fedorova DG, Nazarova NM, Kuhlevskaya YuF. [A modification of the technique for evaluation of the viability of introduced species for dry steppe conditions of Orenburg Urals]. Vestnik Nizhnevartovskogo Gosudarstvennogo Universiteta. 2021;2(54):57-62. (In Russ.)
12. Fedorova DG. [Evaluation of drought resistance of mountain ash introduced to the steppe zone of Orenburg Oblast]. Groznenskiy Yestestvennonauchnyi Biulleten. 2023;8(31):80-7. (In Russ.)
13. Fedorova DG. Ecologo-Biologicheskiye Osobennosti Predstaviteley Rodov *Aronia* Pers., *Crataegus* L., *Sorbus* L. pri Introduktsii v Usloviyah Orenburgskogo Preduralya (na Primere g. Orenburga). PhD Theses. Orenburg; 2015. (In Russ.)
14. Tsvelev NN, ed. Flora Vostochnoy Yevropy. Saint Petersburg: Mir i Semya; 2001. (In Russ.)
15. Yushkov AN, Borzyh NB, Chivilyev VV. [The effect of drought on the water regimen and pigment complex conditions of apple-tree and pear-tree leaves]. In: Vyzovy Sovremennosti i Strategii Razvitiya Obshchestva v Usloviyah Novoy Realnosti. Moscow: Alef; 2022. P. 199-202. (In Russ.)
16. Casper BB et al. Drought prolongs leaf life span in the herbaceous desert perennial *Cryptantha flava*. Funct Ecol. 2001:740-7.
17. Kirakosyan A, Seymour E, Kaufman PB, Warber S, Bolling S, Chang SC. Antioxidant capacity of polyphenolic extracts from leaves of *Crataegus laevigata* and *Crataegus monogyna* (Hawthorn) subjected to drought and cold stress. J Agric Food Chem. 2003;51(14):3973-6.
18. Mediavilla S, Escudero A. Stomatal responses to drought at a Mediterranean site: a comparative study of co-occurring woody species differing in leaf longevity. Tree Physiol. 2003;23(14):987-96.