

Параметры засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* L. при интродукции и в городских насаждениях

Ф. К. Мурзабулатова¹, Н. В. Полякова¹✉

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

✉ E-mail: barhan93@yandex.ru

Аннотация. Засухоустойчивость растений является одним из важных факторов успешного культивирования новых таксонов в определенных климатических условиях. Липа – ценное декоративное, медоносное и лекарственное древесное растение, часто используемое для озеленения населенных пунктов. **Цель** – определение показателей засухоустойчивости некоторых видов и сортов лип из коллекции ЮУБСИ в условиях интродукции и городской среды. **Методы.** Объектами исследований являлись 3 вида, 1 культивар и 1 форма лип коллекции (*Tilia cordata* Mill., *T. caucasica* Rupr., *T. × europaea* L. f. *vitifolia* (Host) V. Engl., *T. platyphyllos* Scop. ‘Aurea’, *T. taquetii* C. K. Schneid.), а также экземпляры *Tilia cordata* из городских насаждений г. Уфы. Общую оводненность, водоудерживающую способность и количество подвижной влаги в листьях определяли по общепринятым методикам. **Результаты.** Определены показатели засухоустойчивости видов и культиваров липы в условиях интродукции и городской среды. Установлено, что большинство изученных таксонов достаточно засухоустойчивы в климатических условиях г. Уфа. Максимальные показатели оводненности и водоудерживающей способности, а также минимальное количество подвижной влаги оказались у сорта *T. platyphyllos* ‘Aurea’ из коллекции ЮУБСИ (70,1 %, 30,7 %, 39,4 % соответственно). Подтверждено, что *T. cordata* из городского озеленения хорошо переносит техногенные нагрузки; некоторые показатели засухоустойчивости у данного вида выше, чем в ботаническом саду. Наименее засухоустойчивым из всех изученных таксонов оказалась *T. taquetii*, что связано, вероятно, с резкими различиями климатических условий естественного происхождения вида от условий интродукции. **Научная новизна.** Впервые для г. Уфы проведены сравнительные исследования засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* в условиях интродукции и городской среды.

Ключевые слова: *Tilia*, засухоустойчивость, оводненность, водоудерживающая способность, подвижная влага, Уфа.

Для цитирования: Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В. Параметры засухоустойчивости некоторых представителей рода *Tilia* L. при интродукции и в городских насаждениях // Аграрный вестник Урала. 2023. № 05 (234). С. 72–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-72-82.

Дата поступления статьи: 02.02.2023, **дата рецензирования:** 17.02.2023, **дата принятия:** 02.03.2023.

Постановка проблемы (Introduction)

Процесс подбора древесных растений для городского озеленения тесно связан с активным ростом спроса на новые виды и сорта. Он включает в себя не только декоративную оценку конкретного вида, но и его эколого-биологическую характеристику, в том числе адаптивность к внешним условиям региона. Это является важной предпосылкой успешного возделывания декоративных культур в новых климатических условиях. Одним из лимитирующих факторов является недостаточное количество влаги в летний период [15]. Для растений, использующихся в городском озеленении, засухоустойчивость

имеет особое значение, поскольку режим полива в таких условиях часто ограничен.

Представители рода липа (*Tilia* L.) наиболее широко распространены в северном полушарии и представляют собой лесобразующие породы; род включает в себя около 45 видов [5]. Впервые упоминания о липе как о предмете изучения встречаются в работах Феофраста (ок. 372 г. до н. э.). Существует мнение, что греческое название липы (*Tilia*) обозначало «дерево, любимое пчелами» или «дерево, привлекающее пчелиные рои». Корень ботанического названия липы (*Tilia*) – греческое слово *ptilon* («крыло», по крыловидному прицветнику). В лесах

Республики Башкортостан преобладает липа мелколистная (*T. cordata* Mill.) [9]. Липа является ценным медоносом: с 1 га насаждений получают до 1000 кг высококачественного меда [3; 8]. Кроме того, липа обладает лекарственными свойствами и служит сырьем для деревообрабатывающей промышленности. Широко используются некоторые виды и декоративные формы липы в ландшафтной архитектуре. Крона у липы тенистая, с густыми ветвями, ажурными листьями, ароматными цветками, она легко разрастается после механических повреждений, поэтому выносит любую стрижку [20]. Наличие липы в насаждениях улучшает общую продуктивность и устойчивость всего биоценоза, поскольку улучшает свойства верхнего горизонта почв за счет быстрого разложения опада. Листья липы содержат около 9–10 % золы, 1,3 % калия и 1,94 % азота [15]. В последние годы новые таксоны липы стали больше интродуцировать из других регионов для целей озеленения [13; 19]. Однако новые климатические условия, а также выращивание в городской среде создают стрессовую ситуацию для растений, что отражается на их декоративных и других качествах.

В Южно-Уральском ботаническом саду-институте Уфимского федерального исследовательского центра РАН (ЮУБСИ УФИЦ РАН) разные виды и формы липы культивируются с 1980-х гг., планомерные интродукционные исследования за этими таксонами начаты в начале 2000-х гг. [11]. Кроме того, липа всегда считалась визитной карточкой Уфы, и в озеленении города доля липы довольно высока.

Цель наших исследований – определение показателей засухоустойчивости некоторых видов и со-

ртов лип из коллекции ЮУБСИ в условиях интродукции и городской среды.

Методология и методы исследования (Methods)

Работу проводили в течение вегетационного периода 2022 г. на базе коллекций ЮУБСИ. Объектами исследований являлись 3 вида, 1 культивар и 1 форма лип коллекции (таблица 1), а также экземпляры липы мелколистной из городских насаждений г. Уфы. Виды выращены из семян, полученных по Международной программе обмена растительным материалом между ботаническими садами; некоторые таксоны поступили в коллекцию саженцами.

Климат Республики Башкортостан, в пределах которого находится Южно-Уральский ботанический сад, континентальный, с длительной зимой и жарким летом. Длительность безморозного периода в среднем 144 дня. Наблюдаются частые поздние весенние и ранние осенние заморозки, зимой нередки перепады температур с оттепелями. Средняя температура января – от –12,4 °С до –14,5 °С, минимум зафиксирован на отметке –48,5 °С. Высота снежного покрова в среднем достигает 80 см. В июле средняя температура составляет +19,5 °С, абсолютная максимальная температура зафиксирована на уровне +37,5 °С. Среднегодовое количество осадков – до 590 мм, максимум приходится на июнь – июль. На территории ботанического сада распространены серые лесные почвы, которые образуются на элювиально-делювиальных карбонатных отложениях и характеризуются глинистым и тяжелосуглинистым механическим составом и малым содержанием гумуса [16].

Таблица 1
Происхождение таксонов липы в коллекции ЮУБСИ

Таксон	Получение		Исходный материал
	Место	Дата	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Местная репродукция	1998	Семена
<i>T. caucasica</i> Rupr.	Неизвестно	1980	Саженцы
<i>T. × europaea</i> L. f. <i>vitifolia</i> (Host) V. Engl.	Дендрарий ТСХА, г. Москва	1991	Семена
<i>T. platyphyllos</i> Scop. ‘Aurea’	ГБС, г. Москва	1987	Саженцы
<i>T. taquetii</i> C. K. Schneid.	Приморье, п. Чугуевка	1990	Саженцы

Table 1
Origin of *Tilia* taxa in the botanical garden collection

Taxon	Receipt		Raw material
	Place	Date	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	Local reproduction	1998	Seeds
<i>T. caucasica</i> Rupr.	Unknown	1980	Nursery transplant
<i>T. × europaea</i> L. f. <i>vitifolia</i> (Host) V. Engl.	Arboretum of the Timiryazev Agricultural Academy, Moscow	1991	Seeds
<i>T. platyphyllos</i> Scop. ‘Aurea’	Main Botanical Garden, Moscow	1987	Nursery transplant
<i>T. taquetii</i> C. K. Schneid.	Primorye, Chuguevka village	1990	Nursery transplant

Погодно-климатические условия 2022 г. характеризовались пониженной температурой воздуха ($-0,2$ °С к среднемноголетней ($+13,0$ °С)) и недостатком влаги в вегетационный период ($-4,6$ мм). Температура вегетационного периода была выше среднемноголетней ($+0,2$ °С), средняя температура июня составила $+20$ °С, июля $+26$ °С, августа $+27$ °С [1].

Приведем краткую характеристику исследованных таксонов.

Tilia cordata (липа мелколистная) в природе распространена в лесах европейской части России, в Крыму и на Кавказе, в Западной Сибири и на Урале. Деревья высотой до 30 м, диаметром более 2 м, крона компактная, овальная. Листья сердцевидные, длиной до 6 см. Цветки мелкие, желтовато-белые, душистые, до 10 цветков в соцветии. Первые несколько лет культура растет довольно медленно, примерно через 5 лет скорость роста увеличивается. Имеет ценное декоративное свойство – хорошо поддается формировке. В этом случае используют мелколистную липу на штамбе – дерево с пирамидальной кроной, которой можно легко придать любую форму, например, шара или куба. Является одним из лучших медоносов среди лип [20].

Tilia caucasica (липа кавказская) в природных условиях распространена в горных лесах Кавказа, Крыма. Дерево высотой до 35 м, диаметром до 1 м, с округлой или широкояйцевидной кроной диаметром 15–20 м, крупными (длиной до 14 см) широкояйцевидными листьями с пучками беловатых волосков в углах жилок, темно-зелеными сверху, и темно-серыми с синеватым отливом снизу. Молодые побеги липы кавказской имеют пурпурно-красную окраску. Цветки светло-желтые, собраны по 3–7 в соцветия. Кавказская липа растет быстрее мелколистной липы, достигает 40-метровой высоты и доживает до 300-летнего возраста. В зеленом строительстве применяется в аллейных и групповых посадках. Прекрасный медонос [17].

Tilia platyphyllos ‘Aurea’ (липа крупнолистная Aurea) – дерево высотой до 40 м, диаметр ствола – до 1,5 м, крона в молодом возрасте широкопирамидальная, позже – плотная, округлая. Лучше всего такая липа растет на участках с очень питательным перегнойным грунтом. Опушенные листья яйцевидной формы имеют золотисто-желтую окраску, длина их около 14 см. В состав соцветия входит от 2 до 5 поникающих цветков. Применяется в ландшафтном озеленении, прекрасный медонос [2].

Tilia Take (липа Таке) – распространена на Дальнем Востоке и Восточной Азии. Занесена в Красную книгу Амурской области. Дерево высотой до 25 м. Крона овальная, густая, компактная. Кора стволов светло-серая, слабо шелушащаяся. Молодые побеги густо опушены рыжеватыми звездчатыми, частью шестилучевыми волосками, с возрастом

исчезающими. Листья округло-яйцевидные, плотные, сверху голые с бородками рыжих волосков в углах жилок, снизу – сизоватые, 3,5–7,0 см длиной и 2,5–6,0 см шириной, на верхушке резко заостренные, в основании сердцевидные, реже – усеченные, пильчато-зубчатые. Черешки листьев 2–4 см длиной, густо рыже опушенные. Цветки палевые, почти белые, 10–12 мм в диаметре, в 3–5-цветковых соцветиях. Прицветный лист 3–5 см длиной, не достигающий до основания цветоноса на 1–2 см. Плоды шаровидные, слаборебристые, опушенные, около 5 мм в диаметре. Хороший медонос, мед липы Таке в отличие от меда липы мелколистной не имеет горечи [6].

Tilia × *europaea* f. *vitifolia* (липа европейская ф. виноградолистная) – дерево высотой до 40 м, крона широко-овальной формы. Таксон гибридного происхождения – *T. cordata* × *T. platyphyllos*. Листья округло-яйцевидные, темно-зеленые, 2–3-вершинные, неравнозубчатые по краю. Цветки желтовато-белые, до 6 шт. в соцветии, повислые, в гроздевидных полузонтниках. Очень зимостойкая и декоративная. В озеленении эффектна в одиночных посадках на открытом газоне. Самое быстрорастущее растение среди лип [2].

Оценку состояния водного режима лип и устойчивость к обезвоживанию проводили в течение вегетационного периода (июнь – август).

Водоудерживающую способность определяли по количеству потерянной влаги листьев по общепринятой методике [12]. Образцами для анализа служили физиологически зрелые листья с однолетних побегов из среднего яруса кроны.

Для определения данного показателя отбирали пробу – 10 листовых пластинок – и взвешивали их. Для обезвоживания листья оставляли сушиться при комнатной температуре. Через 24 часа повторно взвешивали и затем в течение 2 часов при температуре $+110$ °С выдерживали в сушильном шкафу. Основные показатели высчитывали по формулам:

общая оводненность:

$$W = 100(M - M_2) / M;$$

водоудерживающая способность:

$$R = 100((M - M_2) - (M - M_1)) / M = 100(M_1 - M_2) / M;$$

содержание подвижной влаги:

$$L = W - R,$$

где M – масса свежей пробы;

M_1 – масса пробы через сутки;

M_2 – масса сухой пробы.

Для определения степени засухоустойчивости исследованных таксонов использовали модифицированную шкалу [7] (таблица 2).

Кроме того, для максимально полной оценки засухоустойчивости изучаемых видов и сортов липы была проведена визуальная оценка с использованием пятибалльной шкалы засухоустойчивости, разработанной А. Я. Огородниковым [18]:

Таблица 2
Устойчивость водного режима

Параметр	Степень устойчивости		
	Высокая	Средняя	Низкая
Общая оводненность тканей, %	≥ 80	60–79	≤ 59
Водоудерживающая способность, %	≥ 40	31–40	≤ 30
Содержание подвижной влаги, %	20–30	31–45	46–60

Table 2
Water regime sustainability

Parameter	Degree of stability		
	High	Medium	Low
Total water content, %	≥ 80	60–79	≤ 59
Water-retaining ability, %	≥ 40	31–40	≤ 30
Mobile moisture, %	20–30	31–45	46–60

1 балл – растения незасухоустойчивые: под влиянием засухи подавляется рост, засыхают листья и побеги; растения живут только при поливе, но страдают от воздушной засухи и высокой температуры;

2 балла – растения слабозасухоустойчивые: рост слабый, присутствуют ожоги листьев, недоразвитие семян и почек, растения нуждаются в систематическом поливе;

3 балла – растения средnezасухоустойчивые: удовлетворительно развиваются в обычные годы, в засушливые изменяется ритм роста, частично повреждаются листья, требуется периодический полив;

4 балла – растения засухоустойчивые: без повреждений, возможно преждевременное сбрасывание части листьев, хорошо растут без полива;

5 баллов – растения высоко засухоустойчивые: успешно развиваются без полива, в том числе на очень сухих и прогреваемых почвах.

Результаты (Results)

Водный режим растений включает в себя совокупность водообменных процессов, необходимых для жизнедеятельности растения. Наиболее важные параметры водного режима – общая оводненность тканей, водоудерживающая способность и количество подвижной влаги [10].

В течение трех месяцев нами определялись параметры водного режима некоторых таксонов лип в коллекции ЮУБСИ и из городской среды (таблица 3).

Высокая оводненность тканей (общее содержание воды) свидетельствует о повышенной способности растений адаптироваться к меняющимся условиям водоснабжения; такие растения более засухоустойчивы. Оводненность тканей растений выражают в процентах на общую сырую массу. Характеристика общей оводненности листьев исследованных таксонов липы (таблица 3, рис. 1) показывает, что за вегетационный период наибольший показатель общей оводненности отмечается у экземпляров *T. cordata* из городского озеленения и *T. platyphyllos* 'Aurea' (69,6 % и 70,1 % соответствен-

но), наименьший – у *T. cordata* в Ботаническом саду и *T. taquetii* (60,8 % и 60,9 %). Остальные изученные таксоны имеют средние значения по данному показателю. *T. cordata* обладает высокой экологической приспособленностью и хорошей адаптированностью к условиям континентального климата республики, поэтому данный вид использовался нами как контрольный образец по всем показателям засухоустойчивости. Ранее водный режим липы мелколистной изучался в условиях нефтехимического загрязнения Уфимского промышленного центра [14], в процессе исследования установлена высокая оводненность тканей данного вида даже в условиях техногенной среды (86–88 %).

В июне общая оводненность лип колеблется от 63,2 % до 72,5 %, наименьшая оводненность листьев – у *T. taquetii* (63,2 %), а наибольшая – у *T. cordata* из городской среды – 72,5 %, близкий результат получен у *T. platyphyllos* 'Aurea' – 71,9 %. В среднем в июне общая оводненность листьев лип составляет 68,7 % (таблица 3).

В июле во время массового цветения лип наблюдается уменьшение оводненности тканей листьев в среднем на 3,2 %. Наименьший результат отмечен также у *T. taquetii* (60,7 %), почти такой же показатель у *T. cordata* (61,8 %) из ботанического сада, а наибольший – у *T. platyphyllos* 'Aurea' и *T. cordata* из городской среды (69,2 % и 69,8 % соответственно).

В августе показатели общей оводненности снижаются: самый низкий показатель у *T. cordata* (54,8 %) из коллекции ботанического сада, высокий – у *T. platyphyllos* 'Aurea' (69,4 %) также из коллекции. У *T. cordata* из городского озеленения общая оводненность в августе ненамного уступает показателям таксонов, находящихся в более комфортных условиях (66,5 %). По данным других исследователей [14], в техногенных и подобных им условиях содержание воды в листьях выше, чем в контроле, что является защитной реакцией растений на стрессовые ситуации.

Таблица 3

Характеристика водного режима листьев некоторых таксонов липы в условиях интродукции и городской среды

Биология и биотехнологии

Таксон	Месяц	Показатели водного режима, %		
		Общая оводненность	Водоудерживающая способность	Подвижная влага
<i>Tilia cordata</i> (городские условия)	Июнь	72,5	35,0	37,5
	Июль	69,8	26,1	43,7
	Август	66,5	21,1	45,4
	Среднее	69,6 ± 1,73	27,4 ± 4,06	42,2 ± 24,40
<i>T. cordata</i> (ЮУБСИ)	Июнь	65,9	31,9	34,0
	Июль	61,8	5,5	56,3
	Август	54,8	3,7	51,1
	Среднее	60,8 ± 3,24	13,7 ± 9,14	47,1 ± 6,73
<i>T. caucasica</i>	Июнь	67,6	22,4	45,2
	Июль	66,5	9,0	57,5
	Август	63,4	15,9	47,5
	Среднее	65,8 ± 1,26	15,7 ± 3,86	50,1 ± 3,77
<i>T. platyphyllos</i> 'Aurea'	Июнь	71,9	40,1	31,8
	Июль	69,2	25,9	43,3
	Август	69,4	26,3	43,1
	Среднее	70,1 ± 0,86	30,7 ± 4,66	39,4 ± 3,80
<i>T. × europaea</i> f. <i>vitifolia</i>	Июнь	71,0	39,2	31,8
	Июль	65,5	10,2	55,3
	Август	65,5	18,3	47,2
	Среднее	67,3 ± 1,83	22,5 ± 8,63	44,7 ± 6,89
<i>T. taquetii</i>	Июнь	63,2	21,0	42,2
	Июль	60,7	6,5	54,2
	Август	58,9	4,5	54,4
	Среднее	60,9 ± 1,24	10,6 ± 5,19	50,2 ± 4,03

Table 3

Characteristics of the water regime of the leaves of some linden taxa under the conditions of introduction and the urban environment

Taxon	Month	Water regime indicators, %		
		Total water content	Water-retaining ability	Mobile moisture
<i>Tilia cordata</i> (urban environment)	June	72.5	35.0	37.5
	July	69.8	26.1	43.7
	August	66.5	21.1	45.4
	Average	69.6 ± 1.73	27.4 ± 4.06	42.2 ± 24.40
<i>T. cordata</i> (Botanical Garden)	June	65.9	31.9	34.0
	July	61.8	5.5	56.3
	August	54.8	3.7	51.1
	Average	60.8 ± 3.24	13.7 ± 9.14	47.1 ± 6.73
<i>T. caucasica</i>	June	67.6	22.4	45.2
	July	66.5	9.0	57.5
	August	63.4	15.9	47.5
	Average	65.8 ± 1.26	15.7 ± 3.86	50.1 ± 3.77
<i>T. platyphyllos</i> 'Aurea'	June	71.9	40.1	31.8
	July	69.2	25.9	43.3
	August	69.4	26.3	43.1
	Average	70.1 ± 0.86	30.7 ± 4.66	39.4 ± 3.80
<i>T. × europaea</i> f. <i>vitifolia</i>	June	71.0	39.2	31.8
	July	65.5	10.2	55.3
	August	65.5	18.3	47.2
	Average	67.3 ± 1.83	22.5 ± 8.63	44.7 ± 6.89
<i>T. taquetii</i>	June	63.2	21.0	42.2
	July	60.7	6.5	54.2
	August	58.9	4.5	54.4
	Average	60.9 ± 1.24	10.6 ± 5.19	50.2 ± 4.03

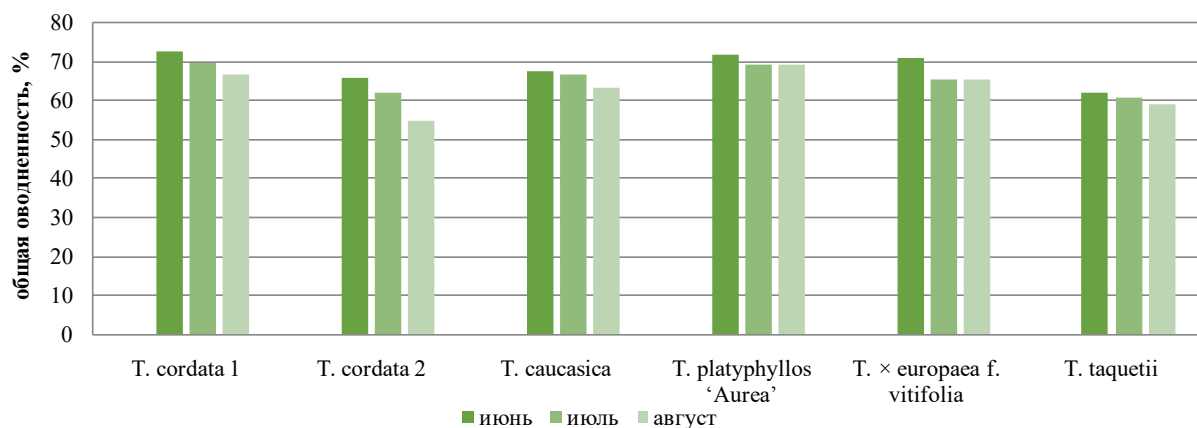


Рис. 1. Общая оводненность листьев исследованных таксонов *Tilia*:
T. cordata 1 – городские условия, *T. cordata* 2 – ботанический сад

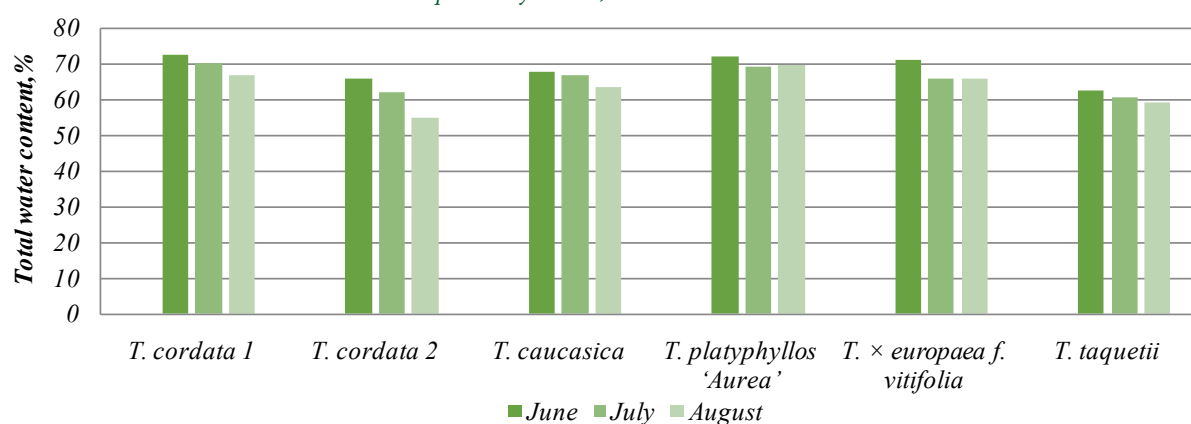


Fig. 1. The total water content of the leaves of the studied taxa *Tilia*:
T. cordata 1 – urban conditions, *T. cordata* 2 – botanical garden

У *Tilia x europaea* f. *vitifolia* показатель общей оводненности листьев в течение двух месяцев (июль – август) остается стабильным – 65,5 %. Средний показатель общей оводненности лип в августе составляет 63,0 %, что на 2,5 % ниже, чем в июле.

Водоудерживающая способность – это основное свойство растений накапливать и удерживать влагу в тканях относительно продолжительное время; чем медленнее растение теряет воду, тем выше его водоудерживающая способность [4].

В июне самые низкие значения водоудерживающей способности у *T. taquetii* и *T. caucasica* (21,0 % и 22,4 % соответственно), а также у *T. cordata* (31,9 %) в коллекции ботанического сада (рис. 2). У последнего вида фиксируется снижение по сравнению с июнем на 26 % и в августе – на 27,8 %. Похожая характеристика изучаемого показателя у *T. taquetii*: в июле он снижается на 14,5 %, в августе еще на 2,0 %. У *T. caucasica* в июле по сравнению с июнем наблюдается понижение водоудерживающей способности на 13,4 %, в августе – на 6,9 % повышение этого показателя. Такой же результат отмечается и у *T. x europaea* f. *vitifolia*: в июле по

сравнению с июнем снижение на 29,0 %, а в августе – повышение на 8,1 % по сравнению с июлем. У липы из городской среды водоудерживающая способность понижается постепенно на 8,9 % в июле и еще на 5,0 % в августе.

Очевидно, что показатели водоудерживающей способности тесно связаны с уровнем оводненности клеток и тканей; эти два показателя засухоустойчивости компенсируют друг друга.

Для получения полной характеристики водного режима листовых пластинок изучаемых таксонов лип определяли количество «подвижной влаги» – еще один показатель засухоустойчивости растений в конкретных условиях (рис. 3). Это влага, использованная растением на транспирацию; чем выше содержание подвижной влаги, тем ниже засухоустойчивость у растений.

Невысокие средние показатели подвижной влаги установлены у *T. platyphyllos* 'Aurea', *T. cordata* (городская среда) и *T. x europaea* f. *vitifolia*. Одинаково высокие средние показатели подвижной влаги *T. caucasica* и *T. taquetii*, свидетельствующие о низкой засухоустойчивости этих таксонов.

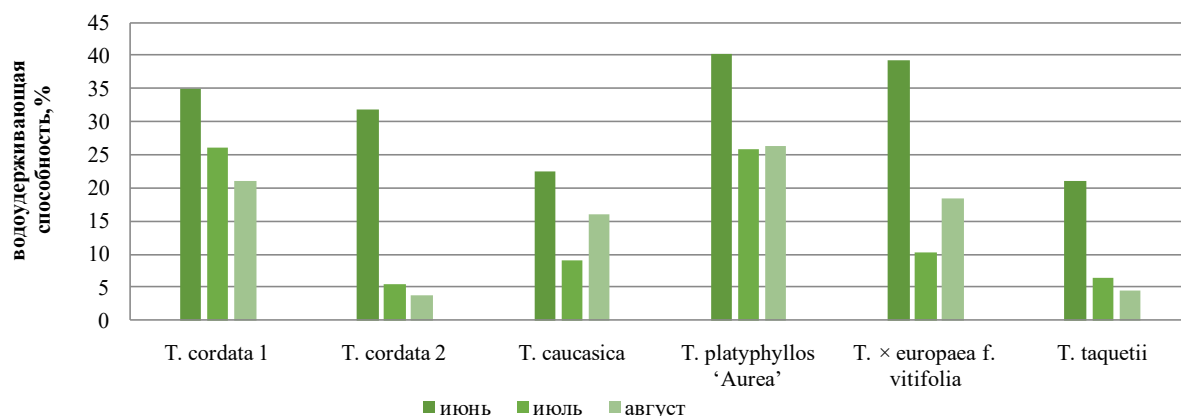


Рис. 2. Вододерживающая способность таксонов Tilia: T. cordata 1 - городские условия, T. cordata 2 - ботанический сад

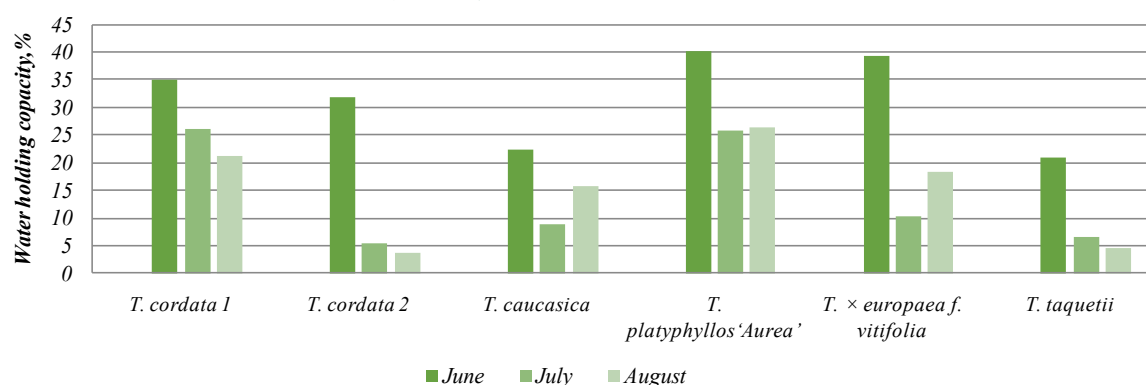


Fig.2. Water holding capacity of Tilia taxa: T. cordata 1 - urban conditions, T. cordata 2 - botanical garden

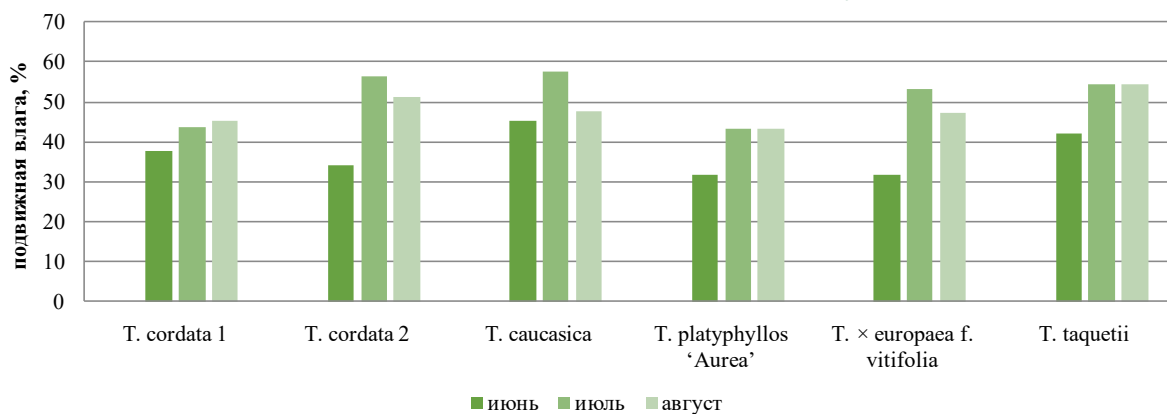


Рис. 3. Количество подвижной влаги в листьях таксонов Tilia: T. cordata 1 - городские условия, T. cordata 2 - ботанический сад

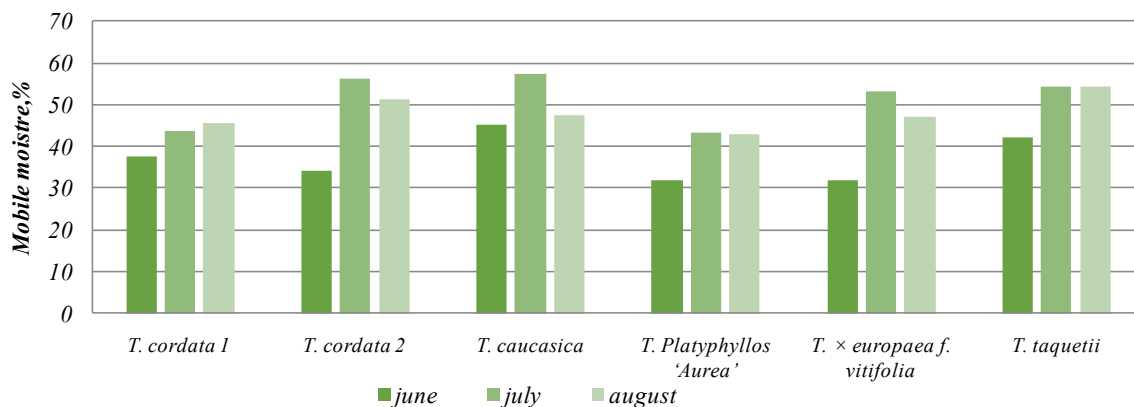


Fig. 3. The amount of mobile moisture in the leaves of Tilia taxa: T. cordata 1 - urban conditions, T. cordata 2 - botanical garden

По результатам наших исследований была установлена степень засухоустойчивости исследованных таксонов липы. Абсолютно засухоустойчивых таксонов, у которых все три параметра были бы с высокой степенью, нет. По показателям общей оводненности все изученные таксоны являются среднеустойчивыми (таблицы 2 и 3). Водоудерживающая способность тканей листьев большинства таксонов свидетельствует о низкой степени устойчивости: этот показатель у них составляет меньше 30 %, и только у *T. platyphyllos* 'Aurea' он достигает в среднем 31 %. Содержание подвижной влаги, используемой для транспирации, также соответствует низкой степени засухоустойчивости: у большинства таксонов оно довольно велико, за исключением *T. platyphyllos* 'Aurea' (таблицы 2 и 3). Сравнительно невысокие показатели степени засухоустойчивости таксонов липы, полученные нами в ходе исследований, можно связать с типом почв, распространенных в Уфе и ботаническом саду в частности. По литературным данным, засухоустойчивые свойства липы в лучшей степени проявляются на богатых гумусом, плодородных почвах [14]. В Уфе почвы серые лесные тяжелосуглинистые с малым содержанием гумуса [16].

Визуальная оценка засухоустойчивости изученных видов и сортов липы в условиях ботанического сада и городской среды позволила разделить данные таксоны на три группы. Высокозасухоустойчивыми (5 баллов) можно считать *T. platyphyllos* 'Aurea' из коллекции ЮУБСИ и *T. cordata* из городской среды; эти таксоны демонстрируют хорошее жизненное состояние без полива даже в самые жаркие месяцы вегетационного сезона. Засухоустой-

чивыми (4 балла) зарекомендовали себя 3 таксона: *T. cordata* (ЮУБСИ), *T. caucasica* и *T. × europaea* f. *vitifolia*; в засушливый период они могут успешно расти без полива, но иногда преждевременно сбрасывать часть листьев. Среднезасухоустойчивым (3 балла) можно назвать один таксон – *T. taquetii*; данный вид имеет удовлетворительное состояние в обычные годы, но в засушливые ему необходим регулярный полив, а также у него могут наблюдаться замедление роста и частичное повреждение листьев; вероятно, такая реакция на засуху связана с происхождением данного вида – в естественных местообитаниях (Дальний Восток) климат более влажный.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, изучение особенностей водного режима таксонов лип в условиях Южно-Уральского ботанического сада УФИЦ РАН и городского озеленения позволяет сделать вывод о том, что все изученные таксоны, кроме *T. taquetii*, проявляют среднюю степень засухоустойчивости. Наиболее засухоустойчивым оказался сорт *T. platyphyllos* 'Aurea' из коллекции ЮУБСИ. Установлено, что *T. cordata* хорошо адаптируется к условиям городской среды; показатели оводненности тканей и водоудерживающей способности у данного вида из городского озеленения превосходят таковые у лип, культивируемых в ботаническом саду, а по количеству подвижной влаги этот вид немного уступает только *T. platyphyllos* 'Aurea'.

Благодарности (Acknowledgements)

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 122033100041-9 ЮУБСИ УФИЦ РАН.

Библиографический список

1. Агроклиматическое районирование Республики Башкортостан [Электронный ресурс] // Башкирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://www.meteorb.ru/agrometeorologiya/agroklimaticheskoe-rajonirovanie-respubliki-bashkortostan> (дата обращения: 20.01.2023).
2. Абджунушева Т. Б. Рост и развитие представителей рода Липа (*Tilia* L.) в коллекции НИИ Ботанический сад им. Э. Гареева ННKP // Известия национальной академии наук Киргизской Республики. 2021. № 52. С. 30–32.
3. Бабкина Л. А., Лукьянчиков Д. С., Лукьянчикова О. В. Биогеохимические особенности цветков липы сердцевидной (*T. cordata*) в условиях города // Человек и общество: современные проблемы безопасности: сборник научных статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Курск, 2018. С. 28–32.
4. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Регер Н. С. Водоудерживающая способность растений сортов яровой мягкой пшеницы в засушливых условиях Оренбургского Приуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3 (59). С. 20–25. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-3-20-25.
5. Бойко Т. А., Бердинских С. Ю., Романов А. В. Состояние деревьев рода Липа (*Tilia*) в г. Перми // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2019. № 55. С. 127–130.
6. Веклич Т. Н. Липа Таке – *Tilia taquetii* S. K. Schneid. // Красная книга Амурской области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. Благовещенск: Изд-во Дальневосточного государственного аграрного университета, 2020. С. 394–395.
7. Денисова С. Г., Реут А. А. Параметры водного режима хризантем // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 2 (26). С. 74–88.

8. Мадебейкин И. Н, Мадебейкин И. И. Значение возрастных биолого-экологических особенностей липовых деревьев разного вида для пчел // Научные труды Чебоксарского филиала Главного ботанического сада им. Н. В. Цицина РАН. 2020. № 15. С. 64–69.
9. Маннапов А. Г., Мустафин Р. Ф., Хисамов Р. Р., Фархутдинов Р. Г., Габидуллина Г. Ф., Султанов И. Ф., Дихин Д. Р. Изучение состояния и кадастровая оценка естественных медоносных ресурсов северной лесостепной зоны Республики Башкортостан // Естественные и технические науки. 2021. № 9 (160). С. 53–58. DOI: 10.25633/ETN.2021.09.04.
10. Ментей В. В., Карпухин М. Ю. Адаптация древесных растений к особенностям водного режима // Ландшафтный дизайн и декоративное садоводство: сборник тезисов научно-практического круглого стола. Екатеринбург: Уральский ГАУ. 2020. С. 4–5.
11. Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В., Шигапов З. Х. Древесные медоносы для создания участка длительного цветения в условиях Башкирского Предуралья // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3 (31). С. 137–147.
12. Мурзабулатова Ф. К., Полякова Н. В. Параметры засухоустойчивости древовидных гортензий на Южном Урале (г. Уфа) // Вестник КрасГАУ. 2022. № 6 (183). С. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-18-23.
13. Попова В. Т., Дорофеева В. Д., Чекменева Ю. В., Попова А. А., Шипицина В. А. Видовой состав дендрофлоры и состояние интродуцентов парка Победы г. Воронежа // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9. № 2 (34). С. 74–89. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/9.
14. Сейдафаров Р. А. Динамика водного режима 2013. листьев липы мелколистной в техногенных условиях // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Биология. Вып. 2. С. 23–29.
15. Семенютина В. А., Беляев А. И., Свинцов И. П. Анализ содержания биологических пигментов в листьях древесных растений при стрессовых воздействиях // Успехи современного естествознания. 2020. № 7. С. 43–48. DOI: 10.17513/use.37430.
16. Справочник по климату Республики Башкортостан [Электронный ресурс]. URL: <http://elib.bashedu.ru> (дата обращения: 27.01.2023).
17. Тания И. В., Шевчук О. М., Лейба Л. О. Редкие виды лекарственных растений Рицинского реликтового национального парка (Республика Абхазия) // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. № 1 (158). С. 38–51. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-1-158-38-51.
18. Федоринова О. И., Козловский Б. Л., Куропятников М. В. Засухоустойчивость видов рода *Acer* L. коллекции Ботанического сада ЮФУ в экстремальный по засухе 2020 год [Электронный ресурс] // Живые и биокосные системы. 2021. № 36. DOI: 10.18522/2308-9709-2021-36-4. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-36/article-4> (дата обращения: 20.01.2023).
19. Фирсов Г. А. Коллекция деревьев и кустарников Ботанического сада Петра Великого БИН РАН до и после Великой Отечественной войны // Растительные ресурсы. 2021. Т. 57. № 3. С. 283–288. DOI: 10.31857/S0033994621030043.
20. Sultanova R., Martynova M., Konashova S., Khanova E., Yanbaeva V. Cutting practices in mature stands of *Tilia cordata* Mill. // Central European Forestry Journal. 2020. Vol. 66. No. 1. Pp. 151–158. DOI: 10.2478/forj-2020-0005.

Об авторах:

Фануза Кавиевна Мурзабулатова¹, кандидат биологических наук, научный сотрудник, ORCID 0000-0002-8024-9863, AuthorID 721223; +7 987 057-12-58, murzabulatova@yandex.ru
 Наталья Викторовна Полякова¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, ORCID 0000-0002-3717-0308, AuthorID 248537; +7 927 322-20-28, barhan93@yandex.ru

¹ Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Россия

Drought resistance parameters of some representatives of the genus *Tilia* L. during introduction and in urban plantations

F. K. Murzabulatova¹, N. V. Polyakova¹✉

¹ South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

✉ E-mail: barhan93@yandex.ru

Abstract. Drought resistance of plants is the key to successful cultivation of new taxa under climatic conditions. Linden is a valuable ornamental, melliferous and medicinal woody plant, often used for landscaping certain areas. **The purpose** is the determination of indicators of drought resistance of some species and varieties of lindens from the collection of the South Ural Botanical Garden-Institute of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences in the conditions of introduction and urban environment. **Methods.** The objects of research were 3 species, 1 cultivar and 1 form of the linden collection (*Tilia cordata* Mill., *T. caucasica* Rupr., *T. × europaea* L. f. *vitifolia* (Host) V. Engl., *T. platyphyllos* Scop. ‘Aurea’, *T. taquetii* C. K. Schneid.), as well as specimens of *Tilia cordata* from urban plantations in Ufa. The total water content, water-holding capacity and the amount of mobile moisture in the leaves are found according to generally accepted methods. **Results.** The indicators of drought resistance of linden species and cultivars under the conditions of introduction and the urban environment have been determined. It has been established that almost all taxa are sufficiently drought-resistant in the climatic conditions of Ufa. The maximum indicators of water content and water-holding capacity, as well as the minimum amount of mobile moisture, were found in the variety *T. platyphyllos* ‘Aurea’ from the collection of the botanical garden (70.2 %, 30.7 %, 39.4 %, respectively). It has been confirmed that *T. cordata* from urban greenery tolerates technogenic loads well; some indicators of drought resistance of this species are higher than in the botanical garden. *T. taquetii* turned out to be the least drought-resistant of all the taxa studied, which is probably due to sharp differences in the climatic conditions of natural origin from the conditions of introduction. **Scientific novelty.** For the first time for the city of Ufa, comparative studies of the drought resistance of some representatives of the genus *Tilia* under the conditions of introduction and the urban environment were carried out.

Keywords: *Tilia*, drought resistance, water content, water-holding capacity, mobile moisture, Ufa.

For citation: Murzabulatova F. K., Polyakova N. V. Parametry zasukhoustoychivosti nekotorykh predstaviteley roda *Tilia* L. pri introduktsii i v gorodskikh nasazhdeniyakh [Drought resistance parameters of some representatives of the genus *Tilia* L. during introduction and in urban plantations] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. No. 05 (234). Pp. 72–82. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-234-05-72-82. (In Russian.)

Date of paper submission: 02.02.2023, **date of review:** 17.02.2023, **date of acceptance:** 02.03.2023.

References

1. Agroklimaticheskoe rayonirovanie Respubliki Bashkortostan [Agro-climatic zoning of the Republic of Bashkortostan [e-resource] // Bashkirskoe upravlenie po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy. URL: <http://www.meteor.ru/agrometeorologiya/> agroklimaticheskoe-rayonirovanie-respubliki-bashkortostan (date of reference: 20.01.2023). (In Russian.)
2. Abdzhunusheva T. B. Rost i razvitie predstaviteley roda Lipa (*Tilia* L.) v kollektzii NII Botanicheskoy sad im. E. Gareeva NNKR [The growth and development of representatives of the genus Linden (*Tilia* L.) in the collection of the Research Institute Botanical Garden. E. Gareeva NNKR] // Izvestiya natsional'noy akademii nauk Kirgizskoy Respubliki. 2021. No. 52. Pp. 30–32. (In Russian.)
3. Babkina L. A., Luk'yanchikov D. S., Luk'yanchikova O. V. Biogeokhimicheskie osobennosti tsvetkov lipy serdtsevidnoy (*T. cordata*) v usloviyakh goroda [Biogeochemical features of the flowers of the heart-shaped linden (*T. cordata*) in the conditions of the city] // Chelovek i obshchestvo: sovremennyye problemy bezopasnosti: sbornik nauchnykh statey po materialam Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Kursk, 2018. Pp. 28–32. (In Russian.)
4. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. Vodouderzhivayushchaya sposobnost' rasteniy sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v zasushlivykh usloviyakh Orenburgskogo Priural'ya [Water-holding capacity of plants of varieties of spring soft wheat in arid conditions of the Orenburg Cis-Urals] // Vestnik Ul'yanskovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii. 2022. No. 3 (59). Pp. 20–25. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-3-20-25. (In Russian.)
5. Boyko T. A., Berdinskikh S. Yu., Romanov A. V. Sostoyaniye derev'ev roda Lipa (*Tilia*) v g. Permi [Condition of trees of the genus Linden (*Tilia*) in Perm] // Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa. 2019. No. 55. Pp. 127–130. (In Russian.)
6. Veklich T. N. Lipa Take – *Tilia taquetii* S. K. Schneid [Linden Take – *Tilia taquetii* S. K.] // Krasnaya kniga Amurskoy oblasti: Krasnaya kniga Amurskoy oblasti: redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoventiya vidy zhivotnykh, rasteniy i gribov. Ofitsial'noe izdanie. Blagoveshchensk, 2020. Pp. 394–395. (In Russian.)
7. Denisova S. G., Reut A. A. Parametry vodnogo rezhima khrizantem [Parameters of the water regime of chrysanthemums] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 2 (26). Pp. 74–88. (In Russian.)
8. Madebeykin I. N., Madebeykin I. I. Znachenie vozrastnykh biologo-ekologicheskikh osobennostey lipovykh derev'v raznogo vida dlya pchel [Significance of age-related biological and ecological characteristics of lime

- trees of different species for bees] // Nauchnye trudy Cheboksarskogo filiala Glavnogo botanicheskogo sada im. N. V. Tsitsina RAN. 2020. No. 15. Pp. 64–69. (In Russian.)
9. Mannapov A. G., Mustafin R. F., Khisamov R. R., Farkhutdinov R. G., Gabidullina G. F., Sultanov I. F., Dikhin D. R. Izuchenie sostoyaniya i kadastrrovaya otsenka estestvennykh medonosnykh resursov severnoy lesostepnoy zony Respubliki Bashkortostan [Study of the state and cadastral assessment of natural honey resources of the northern forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan] // Natural and technical sciences. 2021. No. 9 (160). Pp. 53–58. DOI: 10.25633/ETN.2021.09.04. (In Russian.)
10. Mentey V. V., Karpukhin M. Yu. Adaptatsiya drevesnykh rasteniy k osobennostyam vodnogo rezhima [Adaptation of woody plants to the peculiarities of the water regime] // Landshaftnyy dizayn i dekorativnoe sadovodstvo: sbornik tezisev nauchno-prakticheskogo kruglogo stola. Ekaterinburg: Ural'skiy GAU, 2020. Pp. 4–5. (In Russian.)
11. Murzabulatova F. K., Polyakova N. V., Shigapov Z. Kh. Drevesnye medonosy dlya sozdaniya uchastka dlitel'nogo tsveteniya v usloviyakh Bashkirskogo Predural'ya [Woody honey plants for creating a long-term flowering site in the conditions of the Bashkir Cis-Urals] // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 3 (31). Pp. 137–147. (In Russian.)
12. Murzabulatova F. K., Polyakova N. V. Parametry zasukhoustoychivosti drevovidnykh gortenziy na Yuzhnom Urale (g. Ufa) [Drought resistance parameters of tree hydrangeas in the Southern Urals (Ufa)] // Vestnik KrasGAU. 2022. No. 6 (183). Pp. 18–23. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-6-18-23. (In Russian.)
13. Popova V. T., Dorofeeva V. D., Chekmeneva Yu. V., Popova A. A., Shipitsina V. A. Vidovoy sostav dendroflory i sostoyanie introdutsentov parka Pobedy g. Voronezha [Species composition of dendroflora and the state of introduced species of the Pobeda Park in Voronezh] // Forestry Engineering Journal. 2019. Vol. 9. No. 2 (34). Pp. 74–89. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2019.2/9. (In Russian.)
14. Seydafariyev R. A. Dinamika vodnogo rezhima list'ev lipy melkolistnoy v tekhnogennykh usloviyakh [Dynamics of the water regime of small-leaved linden leaves under technogenic conditions] // Vestnik of Saint Petersburg University. Series 3. Biology. 2013. Vol. 2. Pp. 23–29. (In Russian.)
15. Semenyutina V. A., Belyaev A. I., Svintsov I. P. Analiz sodержaniya biologicheskikh pigmentov v list'yakh drevesnykh rasteniy pri stressovykh vozdeystviyakh [Analysis of the content of biological pigments in the leaves of woody plants under stress] // Advances in current natural sciences. 2020. No. 7. Pp. 43–48. DOI: 10.17513/use.37430. (In Russian.)
16. Spravochnik po klimatu Respubliki Bashkortostan [Reference book on the climate of the Republic of Bashkortostan] [e-resource]. URL: <http://elib.bashedu.ru> (date of reference: 27.01.2023). (In Russian.)
17. Taniya I. V., Shevchuk O. M., Leyba L. O. Redkie vidy lekarstvennykh rasteniy Ritsinskogo reliktovoogo natsional'nogo parka (Respublika Abkhaziya) [Rare species of medicinal plants of the Ritsa Relic National Park (Republic of Abkhazia)] // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2021. No. 1 (158). Pp. 38–51. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-1-158-38-51. (In Russian.)
18. Fedorinova O. I., Kozlovskiy B. L., Kuropyatnikov M. V. Zasukhoustoychivost' vidov roda Acer L. kollektzii Botanicheskogo sada YuFU v ekstremal'nyy po zasukhe 2020 god [Drought resistance of species of the genus Acer L. from the collection of the SFedU Botanical Garden in the extreme drought year 2020] [e-resource] // Live and bio-abiotic systems. 2021. No. 36. DOI: 10.18522/2308-9709-2021-36-4. URL: <https://jbks.ru/archive/issue-36/article-4> (date of reference: 20.01.2023). (In Russian.)
19. Firsov G. A. Kolleksiya derev'ev i kustarnikov Botanicheskogo sada Petra Velikogo BIN RAN do i posle Velikoy Otechestvennoy voyny [Collection of trees and shrubs of the Peter the Great Botanical Garden BIN RAS before and after the Great Patriotic War] // Rastitelnye resursy. 2021. Vol. 57. No. 3. Pp. 283–288. DOI: 10.31857/S0033994621030043. (In Russian.)
20. Sultanova R., Martynova M., Konashova S., Khanova E., Yanbaeva V. Cutting practices in mature stands of *Tilia cordata* Mill. // Central European Forestry Journal. 2020. Vol. 66. No. 1. Pp. 151–158. DOI: 10.2478/forj-2020-0005.

Authors' information:

Fanuzha K. Murzabulatova¹, candidate of biological sciences, researcher, ORCID 0000-0002-8024-9863, AuthorID 721223; +7 937 158-80-64, murzabula-tova@yandex.ru

Natalya V. Polyakova¹, candidate of biological sciences, leading researcher of, ORCID 0000-0002-3717-0308, AuthorID 248537; +7 927 322-20-28, barhan93@yandex.ru

¹ South Ural Botanical Garden-Institute – a separate structural unit of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia