

С.У. Тлеукенова^{1*}, Е.А. Гаврилькова¹, А.Н. Мадиева¹, А.Н. Матвеев², А.К. Айтимов¹

¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

²Жезказганский ботанический сад — филиал Института ботаники и фитоинтродукции, Жезказган, Казахстан

*Автор для корреспонденции: damir—6@mail.ru

Исследование водоудерживающей способности *Catalpa speciosa* в условиях городов Караганды и Жезказгана

Изучение оводненности и водоудерживающей способности листьев растений имеет важное значение для оценки возможности их культивирования и массового применения в зеленом строительстве в аридных условиях Казахстана. В статье исследованы вопросы оводненности и водоудерживающей способности листьев ценной декоративной культуры *Catalpa speciosa* в условиях городов Караганды и Жезказгана. Изучены показатели оводненности и потери массы при высушивании в течение 1, 3 и 6 ч листьями растений 1-, 2- и 3-го годов вегетации с мая по август. Установлено, что листья *Catalpa speciosa* в условиях г. Караганды имели более высокие показатели оводненности и водоудерживающей способности, чем в г. Жезказгане. Максимальные значения потери влаги при высушивании отмечены для растений 1-го года вегетации, минимальные — для 3-их особей. По месяцам вегетационного периода листья максимально теряют свободную воду в условиях г. Караганды в июне, для г. Жезказгана — в июне и июле; минимальные потери влаги отмечены для обоих городов — в августе. Таким образом, критические точки напряженности водного обмена определены в июне и июле, что требует интенсификации полива в данные месяцы. Более активный полив необходимо организовывать для растений 1-го года развития. В целом, установлены хорошие показатели водоудерживающей способности листьев *Catalpa speciosa*, что свидетельствует о возможности активного применения данной культуры в зеленом строительстве аридных территорий Центрального Казахстана.

Ключевые слова: *Catalpa speciosa*, оводненность, водоудерживающая способность, лист, интродукция древесных растений, Караганда, Жезказган.

Введение

Интродукция новых высокодекоративных таксонов растений в аридные условия Центрального Казахстана играет важное прикладное значение. Этот аспект необходим для реализации национального проекта «Зеленый Казахстан» [1], в рамках которого планируется увеличение площади зеленых насаждений на 50 % до 2025 года. Концепция современной городской среды предполагает обязательное размещение зеленых насаждений [2] в формате скверов, парков, линейных и групповых посадок. В городской среде древесно-кустарниковые насаждения выполняют ряд важных функций: эстетическую, защитную, санитарно-гигиеническую и рекреационную. То есть они позволяют создавать благоприятный микроклимат, снизить концентрацию вредных газов и пыли [3], защищают от шума, пыли, уменьшают концентрацию патогенных микроорганизмов [4, 5].

Естественные почвенно-климатические условия Центрального Казахстана неблагоприятны для роста древесных и кустарниковых пород [6]; их создание становится возможным только при условиях мелиорации почвы и искусственного орошения.

Существующий ассортимент древесно-кустарниковых растений для Центрального Казахстана [7–9] является устаревшим, требует обновления, в том числе с включением новых, высокодекоративных и устойчивых к местным условиям и промышленному загрязнению растений.

Одним из перспективных объектов для внедрения в практику зеленого строительства является катальпа прекрасная (*Catalpa speciosa* (Warder ex Batney) Warder ex Engelm., сем. *Bignoniaceae*). Данный вид нашел широкое применение в озеленении многих населенных пунктов мира [10–14], является высокодекоративной культурой, устойчивой к неблагоприятным условиям, выдерживает низкие температуры, засуху [15] и загрязнение воздуха, быстро размножается и восстанавливается при повреждении кроны. Определены перспективы применения катальпы в озеленении населенных пунктов степной зоны [16], а также при восстановлении промышленных территорий [17]. Широкая листовая масса позволяет обеспечивать не только декоративный эффект и защиту от солнца, но и от шума [15, 18].

В Центральном Казахстане катальпа прекрасная используется в зеленом строительстве Жезказганского промышленного региона с 2010 года [19], в городе Караганде начаты испытания в культуре с 2018 года.

Одним из факторов устойчивости древесных растений к климатическим условиям является способность переносить дефицит влаги, что связано с физиологией водного обмена. Оценка водоудерживающей способности листьев растений позволяет определить устойчивость к засухе и высоким летним температурам [20, 21].

Цель настоящего исследования — провести сравнительный анализ водоудерживающей способности листьев молодых особей катальпы прекрасной в условиях гг. Караганды и Жезказгана.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись живые растения катальпы прекрасной в возрасте от 1 до 3 лет. В Жезказгане анализ проводили для растений, произрастающих на питомнике Жезказганского ботанического сада, в Караганде 1-летние растения использовали с питомника биолого-географического факультета Карагандинского университета им. академика Е.А. Букетова, 2–3-летние — с питомника Станции юных натуралистов (рис. 1).



Рисунок 1. Внешний вид катальпы прекрасной: А — 3-летние особи в Жезказганском ботаническом саду; Б — Питомник биолого-географического факультета; В — 2-летние растения Станции юных натуралистов

Катальпа прекрасная — листопадное дерево до 10–12 м высотой, имеет прямой сероватый ствол с пластинчатой корой; крона раскидистая; листья крупные, сердцевидной формы, темно-зеленые, на длинных черешках. Цветет обильно в мае–начале июня, цветы бело-голубые или сиреневые. Плоды узкие висячие стручки; семена крылатые и опушенные. Созревание семян приходится на октябрь, хотя сбор лучше осуществлять в зимний период после естественной стратификации. Морозоустойчивая культура, гелиофит, на начальных этапах развития требует защиту от ветра.

Изучение содержания воды в листьях и водоудерживающей способности проводили в 2022 г. мае и в периоды наибольшей напряженности стрессовых факторов (июнь, июль, август), согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [22]. Водоудерживающая способность листьев определялась через 1, 3 и 6 ч, в % от начальной сырой массы. Для анализа использовали по 10 листьев, взятых с нижней части кроны с южной стороны.

Полученные данные обрабатывали статистически при помощи программы Statistica 7.0, средние значения опытов, отклонения, достоверность между вариантами опытов оценивали при помощи критерия Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение

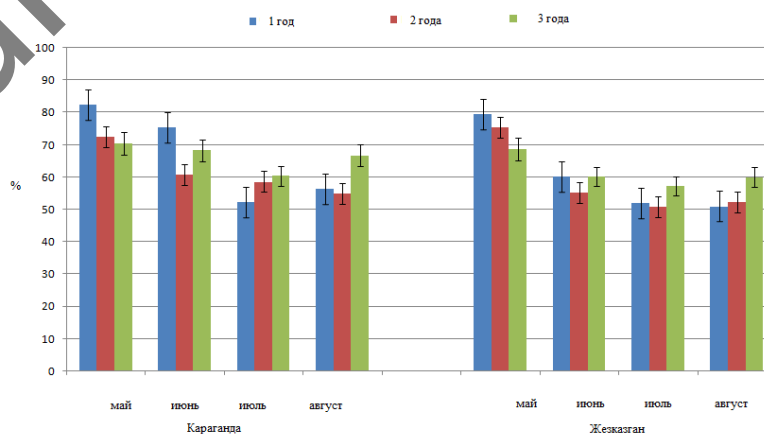
Изучение динамики оводненности растений и водоудерживающей способности в течение вегетационного сезона позволило определить, что максимальные значения оводненности листьев отмечены для растений первого года вегетации, минимальные — для 3-го года (табл. 1).

Оводненность и водоудерживающая способность листьев разновозрастных растений *Catalpa speciosa* в гг. Караганде и Жезказгане

Населенный пункт	Возраст, лет	Месяц наблюдений	Оводненность, %	Потеря влаги при высушивании, %		
				Через 1 час	Через 3 часа	Через 6 часов
Караганда	1	Май	82,4±4,2	18,6±0,4	31,2±0,9	41,2±1,1
		Июнь	75,4±3,6	20,3±0,5*	26,8±0,6*	44,5±1,0*
		Июль	52,4±2,2*	19,6±0,5	25,4±0,2*	40,8±0,9
		Август	56,4±2,2*	17,0±0,6*	24,0±0,9*	28,6±1,0*
	2	Май	72,4±3,3	17,0±0,5	19,3±0,7	28,9±0,5
		Июнь	60,8±2,8*	14,6±0,3*	18,4±0,8	26,5±0,7*
		Июль	58,6±2,6*	15,6±0,2*	20,8±0,6	28,4±1,3
		Август	55,0±2,0*	14,2±0,5*	22,8±1,6	27,1±0,8
	3	Май	70,4±5,6	18,3±0,5	18,6±0,3	24,6±0,8
		Июнь	68,3±4,6	22,3±0,4*	20,3±0,4*	26,4±0,7
		Июль	60,4±3,0	19,4±0,5	22,4±0,5*	25,5±0,9
		Август	66,8±3,2	15,8±0,2*	16,0±0,2*	18,9±0,4*
Жезказган	1	Май	79,4±5,0	19,3±0,2	24,2±0,2	35,0±0,6
		Июнь	60,2±3,1*	25,0±0,2*	29,1±0,4*	38,0±1,1*
		Июль	52,0±2,2*	20,0±0,6*	30,4±1,3*	36,5±0,8*
		Август	51,0±1,4*	12,8±0,6*	25,4±0,7	31,8±1,0*
	2	Май	75,4±3,2	18,5±0,3	24,6±0,8	35,5±1,0
		Июнь	55,3±2,1*	16,5±0,5*	22,6±0,8	32,5±1,2
		Июль	50,8±1,6*	19,6±0,8	29,4±0,6*	33,5±1,4
		Август	52,4±1,5*	16,5±0,4*	26,7±0,8	30,0±1,1*
	3	Май	68,7±2,9	16,5±0,5	20,1±0,2	28,6±0,4
		Июнь	60,2±3,0	18,9±0,2*	21,2±0,9	29,0±1,0
		Июль	57,2±2,5*	21,3±0,5*	28,6±0,4*	30,4±0,8
		Август	60,0±2,2*	15,0±0,2*	19,4±0,6	25,0±0,4*

*Примечание. Достоверность различий между вариантами наблюдений при $p \leq 0,05$.

Сложившаяся ситуация может быть объяснена тем, что в молодых растениях содержание воды выше, чем у более старых [23]. Поэтому растения катальпы, произрастающие в обоих городах, имели оводненность от 52,4 до 82,4 %. Растения 2-го и 3-го годов развития имели достоверно более низкий уровень оводненности. Отмечено различие между населенными пунктами. Так, в г. Караганде оводненность растений по возрастным группам была выше, чем у растений из г. Жезказгана (рис. 2). Это связано с разницей в климатических условиях между степной и пустынной зонами. Так как средний диапазон температур в г. Жезказгане выше [6], чем в г. Караганде, соответственно, выше испарение растений, как следствие, более низкое накопление воды в листьях.

Рисунок 2. Оводненность листьев *Catalpa speciosa* в зависимости от места произрастания и возраста растения

Максимальное накопление воды в листьях связано с низкими температурами и весенними осадками. В последующие летние месяцы наблюдаются более высокие температуры и дефицит осадков, что приводит к снижению оводненности на 10–15 %. Происходят изменение водоудерживающей способности и потеря влаги при высушивании по месяцам наблюдений и у растений в разных возрастах (рис. 3, 4).

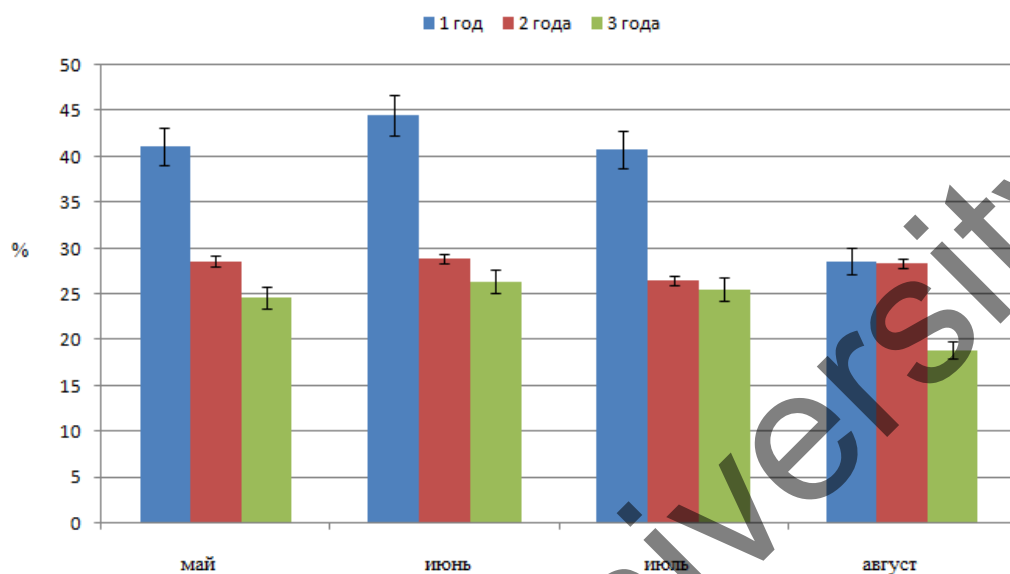


Рисунок 3. Потеря влаги при высушивании листьев *Catalpa speciosa* после 6 ч завядания в г. Караганде в зависимости от возраста и месяца наблюдения

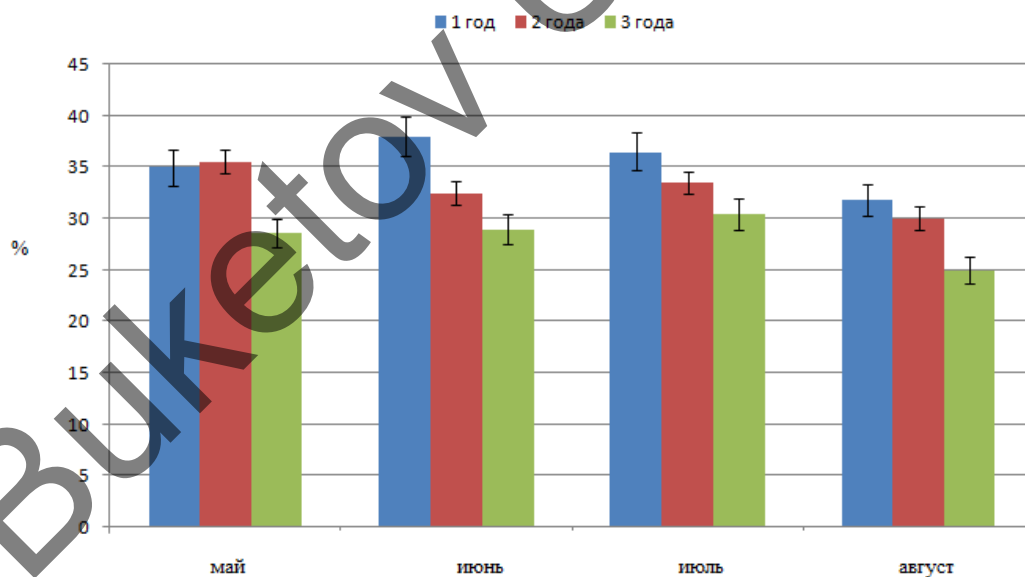


Рисунок 4. Потеря влаги при высушивании листьев *Catalpa speciosa* после 6 ч завядания в г. Жезказгане в зависимости от возраста и месяца наблюдения

Так, листья молодых растений (1 год вегетации), как в г. Жезказгане, так и в г. Караганде, теряли воду достоверно более интенсивно, чем 2- и 3-летние особи. Например, листья однолетних растений катальпы после 6 ч теряли от 28,6 до 44,5 % свободной воды; 2-го года вегетации — от 26,5 до 35,5 %, а 3-го года — от 18,9 до 30,4 %. Сравнение данных из разных населенных пунктов показало, что растения в г. Жезказгане более интенсивно теряли воду, чем в г. Караганде.

Самые высокие значения потери влаги листьями наблюдаются в г. Караганде в июне, самые низкие в августе, тогда как в г. Жезказгане максимальные потери — в июне и июле, минимальные — в августе. По мере старения листья становятся более устойчивыми к действию высоких температур и понижению влажности воздуха, что приводит к снижению потери влаги к концу летнего периода по сравнению с серединой лета.

Для г. Караганды не наблюдается достоверных отличий по водоудерживающей способности по месяцам между растениями 2- и 3-го года вегетации, тогда как для г. Жезказгана такие различия более выражены.

Динамика потери влаги при высушивании также зависит от места произрастания, возраста и месяцев наблюдений. В г. Караганде в первой половине вегетационного периода листья теряют воду интенсивнее, чем во 2-ой половине. Так, для 1-летних растений в мае потеря влаги составила через час 18,6 %, через 3 ч — 31,2 %, через 5 ч — 41,2 %; в июне — 20,3 %, 26,8 и 44,5 % соответственно. В июле интенсивность снижается — 19,6 %, 25,4 и 40,8 %. В августе наблюдаются минимальные показатели — 17,0 %, 24,0 и 28,6 % соответственно. Листья растений 2-го года вегетации по месяцам через 1 час высушивания теряют от 14,2 до 15,6 %, через 3 ч — от 18,4 до 22,8 %, через 6 ч — от 26,5 до 28,4 %. Для третьего года вегетации потеря в массе при высушивании составила после 1 ч — 18,3–22,3 %, после 3 ч — 18,6–22,4 %, после 6 ч — 24,6–26,47 %.

В г. Жезказгане ситуация отличается, наблюдается более интенсивная потеря влаги при высушивании. Так, листья однолетних растений теряют 12,8–25,0 % влаги после 1-го ч высушивания, 24,2–30,4 % после 3-х ч и 35,0–38,0 % после 6 ч. Листья растений 2-го года вегетации теряют после 1-го ч — от 16,5 до 19,6 %, после 3-х ч — от 22,6 до 29,4 %, а после 6 ч — от 32,5 до 35,5 %. У растений 3-го года вегетации потеря влаги при высушивании листьев составила после 1-го ч определена в 15,0–21,3 %, после 3-х ч — 19,4–28,6 %, после 6 ч — 25,0–30,4 %.

Таким образом, катальпа прекрасная показала хорошую водоудерживающую способность при выращивании в гг. Караганде и Жезказгане, что свидетельствует о перспективе их активного применения в озеленении обоих населенных пунктов.

Заключение

По итогам оценки оводненности, потери влаги при высушивании листьев катальпы прекрасной определена хорошая водоудерживающая способность данной культуры в условиях гг. Караганды и Жезказгана. Критические точки напряженности водного обмена отмечены для г. Караганды в июле, для г. Жезказгана — в июне и июле, минимальные для обоих городов — в августе. Данный факт свидетельствует о необходимости активизации полива растений катальпы в указанные периоды с последующим сокращением в конце летнего периода.

Растения 1-го года вегетации в обеих точках произрастания отличались более высокими значениями потери влаги и низкими значениями водоудерживающей способности, чем особи 2-го и 3-го годов развития. Это свидетельствует в пользу более интенсивного полива особей в 1-ый год развития.

По итогам исследований можно рекомендовать применение катальпы прекрасной в массовом зеленом строительстве Центрального Казахстана.

Исследования выполнены в рамках внутреннего грантового проекта НАО «Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова»: «Разработка обоснования и методики оценки состояния и аварийности зеленых насаждений города Караганды и городов спутников».

Список литературы

- 1 Национальный проект «Зеленый Казахстан» на 2021–2025 гг. Утвержден Постановлением Правительства РК от 12.10.2021 № 731. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731>.
- 2 Wolch J.R. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough' / J.R. Wolch, J. Byrne, J.P. Newell // Landscape and Urban Planning. — 2014. — Vol. 125. — P. 234–244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>
- 3 Giyasov A. System of greening of urban spaces and its role in optimization of the micro- and bio climate environment / A. Giyasov // Web of Conferences. — 2019. — Vol. 135. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913503060>
- 4 Good practice for urban greening. — Washington, 1997. — 88 p.

- 5 Sturiale L. The role of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation / L. Sturiale, A. Scuderi // *Climate*. — 2019. — Vol. 7, Issue 10. — P. 119–123. <http://dx.doi.org/10.3390/cli7100119>.
- 6 Вилесов Е.Н. Физическая география Казахстана: учеб. пос. / Е.Н. Вилесов, А.А. Науменко, Л.К. Веселова, Б.Ж. Аубекеров. — Алматы: Қазақ университеті, 2009. — 362 с.
- 7 Ассортимент декоративных растений для озеленения промышленных центров Карагандинской области. — Алма-Ата, 1978. — 45 с.
- 8 Ассортимент декоративных растений для озеленения Джезказганского промышленного района. — Алма-Ата, 1981. — 40 с.
- 9 Шаталина В.Ф. Интродукция древесных растений в Центральном Казахстане / В.Ф. Шаталина. — Алма-Ата: Наука, 1981. — 136 с.
- 10 Kurbaniyazov B. Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan / B. Kurbaniyazov, G. Berdimuratov, S.H. Kholova, A. Safarov, K. Safarov // *Web of Conferences*. — 2021. — Vol. 258. — Article ID 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 11 Мурзабулатова Ф.К. Опыт интродукции видов рода *Catalpa* Scop. в Ботаническом саду г. Уфы / Ф.К. Мурзабулатова, Н.П. Поляков // *Изв. Самар. науч. центра РАН*. — 2015. — Т. 17, № 4. — С. 245–247.
- 12 Серекеева Г.А. Некоторые биологические особенности интродуцированных видов *Catalpa speciosa* в условиях города Нукуса / Г.А. Серекеева, Г. Досжанова // *Экономика и социум*. — 2019. — № 5 (6). — С. 1–5.
- 13 Арестова Е.А. *Catalpa* Scop. в зеленых насаждениях города Саратова / Е.А. Арестова // *Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География, геоэкология*. — 2011. — № 2. — С. 124, 125.
- 14 Каталог культивируемых древесных растений России. — Сочи–Петрозаводск, 1999. — 173 с.
- 15 Wu J. A morphophysiological analysis of the effects of drought and shade on *Catalpa bungei* plantlets / J. Wu, Y. Su, Q. He, Q. Qiu, J. Wang, J. Ma // *Acta Physiologiae Plantarum*. — 2017. — Vol. 39, No. 3. — P. 80. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2380-2>
- 16 Наталухина В.А. О перспективности использования *Catalpa bignonioides* L. в городских условиях степной зоны / В.А. Наталухина, Л.В. Куринская // *В сб. Проблемы и мониторинг природных экосистем*. — Пенза, 2018. — С. 110–114.
- 17 Zhang J. Soil Improvement and Vegetation Construction Technology in Abandoned Land of Copper Mining Area / J. Zhang // *In: Study of Ecological Engineering of Human Settlements*. — Springer, Singapore, 2020. — P. 145–195. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1373-2_6
- 18 Наталухина В.А. Шумозащитная функция *Catalpa bignonioides* в городских условиях / В.А. Наталухина, Л.В. Куринская // *В сб. Научные достижения и открытия*. — Пенза, 2019. — С. 27–31.
- 19 Сутемгенова А.Ж. Интродукция катальпы прекрасной (*Catalpa speciosa* Ward.) в условиях Жезказгана / А.Ж. Сутемгенова // *Вестн. Жезказган. ун-та*. — 2004. — № 1 (7). — С. 87–89.
- 20 Ishmuratova M.Yu. Study of water-holding indicators of various environmental groups of trees and shrubs under Zhezkazgan region conditions / M. Yu. Ishmuratova, S.U. Tleukenova, A.S. Dodonova, H.A. Gavrilkova // *European Researcher, series biological science*. — 2013. — Vol. 49 (5–2). — P. 1298–1303.
- 21 Wu J.W. Erratum to: morphological and physiological acclimation of *Catalpa bungei* plantlets to different light conditions / J.W. Wu, J.H. Wang, Q. He, Q. Qiu, J.W. Ma, J.Y. Li // *Phytosynthetica*. — 2017. — Vol. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0721-4>.
- 22 Седов Е.Н. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Е.Н. Седов, Т.П. Огольдова и др. — Орел: ВНИИСПК, 1999. — 607 с.
- 23 Кузнецов В.В. Физиология растений / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. — М.: Высш. шк., 2006. — 742 с.

С.У. Тлеукенова, Е.А. Гаврилькова, А.Н. Мадиева, А.Н. Матвеев, А.К. Айтимов

Қарағанды және Жезқазған қалалары жағдайында *Catalpa speciosa* су ұстау қабілетін зерттеу

Өсімдік жапырақтарының сулануы мен суды ұстап тұру қабілетін зерттеу оларды өсіру мүмкіндігін және Қазақстанның құрғақ жағдайында жасыл құрылыста жаппай қолдану мүмкіндігін бағалау үшін маңызды мәнге ие. Мақалада Қарағанды және Жезқазған қалалары жағдайындағы *Catalpa speciosa* бағалы сәндік дақылдары жапырақтарының сулануы мен су ұстау қабілеті мәселелері қарастырылған. Мамырдан тамызға дейін вегетацияның 1-ші, 2-ші және 3-ші жылдарының өсімдік жапырақтарымен 1, 3 және 6 сағат бойы кептіру кезінде сулану және массаның жоғалу көрсеткіштері зерттелді. *Catalpa speciosa* жапырақтары Жезқазған қаласына қарағанда, Қарағанды қ. жағдайында суландыру және су ұстау қабілетінің жоғары көрсеткіштері болғандығы анықталды. Кептіру кезінде ылғалдың жоғалуының максималды мәні вегетациялық кезеңнің 1-ші жылындағы өсімдіктер үшін, ең азы — олардың 3-і жылындағы дарактарына белгіленді. Осылайша, су алмасуының шиеленісуінің маңызды нүктелері маусым мен шілдеде анықталады, бұл осы айларда суаруды күшейтуді талап етеді. Дамудың 1-ші жылындағы өсімдіктер үшін белсенді суаруды ұйымдастыру қажет. Жалпы, *Catalpa speciosa* жапырақта-

рының су ұстау қабілетінің жақсы көрсеткіштері белгіленді, бұл Орталық Қазақстанның құрғақ аумақтарының жасыл құрылысында осы дақылды белсенді қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

Кілт сөздер: *Catalpa speciosa*, сулану, суды ұстау қабілеті, жапырақ, ағаш өсімдіктерін енгізу, Қарағанды, Жезқазған.

S.U. Tleukenova, H.A. Gavrilkova, A.N. Madieva, A.N. Matveev, A.K. Aitymov

Catalpa speciosa water-holding capacity study in Karaganda and Zhezkazgan

The study of the hydration and water-retaining capacity of plant leaves is important for assessing the possibility of their cultivation and mass use in green construction in the arid conditions of Kazakhstan. This article examines the issues of hydration and water-retaining capacity of the leaves of the valuable ornamental culture *Catalpa speciosa* in the conditions of the cities of Karaganda and Zhezkazgan. The indicators of hydration and weight loss during drying for 1, 3 and 6 hours were studied by leaves of plants of the 1st, 2nd and 3rd years of vegetation from May to August. It was found that the leaves of *Catalpa speciosa* in the conditions of the city of Karaganda had higher indicators of hydration and water-holding capacity than in the city of Zhezkazgan. The maximum values of moisture loss during drying were noted for plants of the 1st year of vegetation, the minimum values for individuals of the 3rd year. By the months of the vegetative season, the leaves lose free water as much as possible in the conditions of Karaganda in June, for Zhezkazgan in June and July; minimal moisture losses were noted for both cities — in August. Thus, critical points of water exchange intensity were identified in June and July, which require intensification of irrigation in these months. More active watering must be organized for plants in the 1st year of development. In general, good indicators of the water-holding capacity of *Catalpa speciosa* leaves have been established, which indicates the possibility of active use of this crop in the green construction of arid territories of Central Kazakhstan.

Keywords: *Catalpa speciosa*, hydration, water holding capacity, leaf, introduction of woody plants, Karaganda, Zhezkazgan.

References

- 1 (2021). Natsionalnyi proekt «Zelenyi Kazakhstan» na 2021–2025 gg. Utverzhden Postanovleniem Pravitelstva RK ot 12.10.2021 goda № 731 [The national project “Green Kazakhstan” for 2021–2025 was approved by the Decree of the Government of the Republic of Kazakhstan of 12.10.2021 No. 731]. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731> [in Russian].
- 2 Wolch, J.R., Byrne, J., & Newell, J.P. (2014). Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*, 125; 234–244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.017>.
- 3 Giyasov, A. (2019). System of greening of urban spaces and its role in optimization of the micro- and bio climate environment. *Web of Conferences*, 135. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201913503060>
- 4 (1997). Good practice for urban greening. Washington.
- 5 Sturiale, L., & Scuderi, A. (2019). The rôle of green infrastructures in urban planning for climate change adaptation. *Climate*, 7 (10); 119–123. <http://dx.doi.org/10.3390/cli7100119>
- 6 Vilesov, E.N., Naumenko, A.A., Veselova, L.K., & Aubekero, B.Zh. (2009). Fizicheskaia geografiia Kazakhstana: Uchebnoe posobie [Physical geography of Kazakhstan. Manual]. Almaty: Qazaq universiteti [in Russian].
- 7 (1978). Assortiment dekorativnykh rastenii dlia ozeleneniia promyshlennykh tsentrov Karagandinskoi oblasti [Assortment of decorative plants for green building of industrial centers of Karaganda region]. Alma-Ata [in Russian].
- 8 (1981). Assortiment dekorativnykh rastenii dlia ozeleneniia Dzhezkazganskogo promyshlennogo raiona [Assortment of decorative plants for green building of Dzhezkazgan industrial region]. Alma-Ata [in Russian].
- 9 Shatalina, V.F. (1981). Introduktsiia drevesnykh rastenii v Tsentralnom Kazakhstane [Woody plant introduction in Central Kazakhstan]. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 10 Kurbaniyazov, B., Berdimuratov, G., Kholova, S.H., Safarov, A., & Safarov, K. (2021). Importance of catalpa groups in cultural city of greening in the case of Uzbekistan. *Web of Conferences*, 258; 03026. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125803026>
- 11 Murzabulatova, F.K., & Poliakov, N.P. (2015). Opyt introduktsii vidov roda *Catalpa speciosa* v Botanicheskom sadu g. Ufy [Experience of introduction of genus *Catalpa* Scop. in botanical garden of city Ufa]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra RAN — Proceedings of Samara Scientific Center of RAS*, 17 (4); 245–247 [in Russian].
- 12 Serekeeva, G.A., & Doszhanova, G. (2019). Nekotorye biologicheskie osobennosti introdutsirovannykh vidov *Catalpa speciosa* v usloviakh goroda Nukusa [Some biological features of introduced *Catalpa speciosa* species in the city of Nukus]. *Ekonomika i sotsium — Economics and Society*, 5 (6); 1–5 [in Russian].
- 13 Arestova, E.A. (2011). *Catalpa speciosa* v zelenykh nasazhdeniiakh goroda Saratova [Catalpa Scop. in green constructions of city Saratov]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Geografiia. Geoekologiya — Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2; 124, 125 [in Russian].

- 14 (1999). Katalog kultiviruemykh drevesnykh rastenii Rossii [Catalogue of cultivated woody plants of Russia]. Sochi–Petrozavodsk [in Russian].
- 15 Wu, J., Su, Y., He, Q., Qiu, Q., Wang, J., & Ma, J. (2017). A morphophysiological analysis of the effects of drought and shade on *Catalpa bungei* plantlets. *Acta Physiologiae Plantarum*, 39 (3); 80. <https://doi.org/10.1007/s11738-017-2380-2>
- 16 Natalukhina, V.A., & Kurinskaia, L.V. (2018). O perspektivnosti ispolzovaniia *Catalpa bignonioides* L. v gorodskikh usloviakh stepnoi zony [On the prospects for the use of *Catalpa bignonioides* L. in urban conditions of the steppe zone]. *V sbornike: Problemy i monitoring prirodnykh ekosistem — In book: Problems and monitoring of natural ecosystems. Penza*, 110–114 [in Russian].
- 17 Zhang, J. (2020). Soil Improvement and Vegetation Construction Technology in Abandoned Land of Copper Mining Area. In: *Study of Ecological Engineering of Human Settlements*. Springer, Singapore, 145–195. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1373-2_6
- 18 Natalukhina, V.A., & Kurinskaia, L.V. (2019). Shumozashchitnaia funktsiia *Catalpa bignonioides* v gorodskikh usloviakh [Catalpa bignonioides urban noise protection function]. *V sbornike Nauchnye dostizheniia i otkrytiia — In book: Scientific achievements and discoveries. Penza*, 27–31 [in Russian].
- 19 Sutenzenova, A.Zh. (2004). Introduktsiia katalpy prekrasnoi (*Catalpa speciosa* Ward.) v usloviakh Zhezkazgana [Introduction of *Catalpa speciosa* Ward in Zhezkazgan]. *Vestnik Zhezkazganskogo universiteta — Bulletin of Zhezkazgan University*, 1 (7); 87–89 [in Russian].
- 20 Ishmuratova, M.Yu., Tleukenova, S.U., Dodonova, A.S., & Gavrilkova, H.A. (2013). Study of water-holding indicators of various environmental groups of trees and shrubs under Zhezkazgan region conditions. *European Researcher, series biological science*, 49 (5–2); 1298–1303.
- 21 Wu, J.W., Wang, J. H., He, Q., Qiu, Q., Ma, J.W., & Li, J.Y. (2017). Erratum to: morphological and physiological acclimation of *Catalpa bungei* plantlets to different light conditions. *Phytosynthetica*. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0721-4>
- 22 Sedov, E.N., & Ogoltsova, T.P. et al. (1999). Programma i metodika sortoizucheniia plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kultur [Program and Methodology for Variety Study of Fruit, Berry and Walnut Crops]. Orel: VNIISPK [in Russian].
- 23 Kuznetsov, V.V., & Dmitrieva, G.A. (2006). Fiziologiya rastenii [Plant physiology]. Moscow: Vysshaia shkola [in Russian].