

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ПОСУХОСТІЙКОСТІ ВИДІВ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН РОДИНИ RUTACEAE JUSS. У ДЕНДРАРІЇ НАЦІОНАЛЬНОГО БОТАНІЧНОГО САДУ ІМЕНІ М. М. ГРИШКА НАН УКРАЇНИ

О. А. ПАРАЦУК, Ю. М. КРУГЛЯК

Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України,
вул. Садово-Ботанічна 1, Київ, 01014, Україна
E-mail: Parashchyc@gmail.com, ulija.kr@ukr.net

У роботі представлені результати досліджень по визначенню комплексної посухостійкості видів деревних рослин родини Rutaceae Juss. (*Tetradium daniellii* (Benn.) T. G. Hartley ♂, *Phellodendron amurense* Rupr. ♂, ♀ і *Ptelea trifoliata* L. ♂, ♀) за умов літнього періоду. Дослідження охоплювало вегетаційний період 2023–2024 рр. та проводилось у дендрарії Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ). Оцінку рівня посухостійкості здійснено шляхом порівняння даних польової посухостійкості та результатів лабораторного тестування. Результати показали виражені міжвидові та міжстатеві відмінності у показниках водного режиму листків рослин (вміст води, тургорисцентність, водний дефіцит, водоутримуюча здатність). Дані польових спостережень узгоджуються з даними лабораторних досліджень, окрім випадку з *P. trifoliata*, де ми не фіксували різниці між статями. Найвищу загальну посухостійкість продемонстрував *P. trifoliata*, особливо чоловічі рослини, що зберігали найменші втрати вологи та найвищу тургорисцентність упродовж двох місяців. *T. daniellii* мав стабільну реакцію на стрес із короткочасним зниженням показників у липні. Аналіз коливань водного дефіциту у *Ph. amurense* виявив різні стратегії реакції на стрес. Жіночі рослини характеризувалися гострою, але короткочасною реакцією на пікову посуху з подальшим швидким відновленням. Чоловічі ж особини продемонстрували більш хронічний тип стресу, з меншою здатністю до відновлення водного балансу після посушливого періоду. Для статистичного аналізу водного статусу рослин застосували тест Вельча з критерієм $p < 0,05$, що дозволило виявити значущі міжвидові та міжстатеві відмінності в межах вегетаційного періоду. Отримані дані дозволяють рекомендувати *P. trifoliata* та *T. daniellii* як стійкі таксони для використання в умовах з підвищеним ризиком літньої посухи.

Ключові слова: посухостійкість, водний режим, водний дефіцит, тургорисцентність.

Вступ. В умовах глобальних кліматичних змін посухостійкість стає однією з ключових адаптивних властивостей деревних рослин, що визначає їхню життєздатність у середовищах з обмеженим водозабезпеченням. Зокрема, в умовах Правобережного Лісостепу України екологічне навантаження на фітоценози зростає внаслідок підвищення температур, зменшення кількості опадів і ущільнення ґрунтів. У цьому контексті вивчення здатності деревних видів підтримувати водний баланс в умовах дефіциту вологи є важливим як з фундаментальної, так і з прикладної точки зору (Mamchur., 2019). За даними (Слюсар, Кузнецов, 2008) посухостійкість максимально різниться між видами в умовах недостатньої вологості (у другій половині літа) і майже відсутня у другій половині весни, коли в ґрунті є достатня кількість вологи, яка утримується після танення снігу.

Посухостійкість деревних рослин формується в результаті складної взаємодії морфоанатомічних, фізіолого-біохімічних та фенологічних механізмів. Рослини можуть адаптуватися до несприятливих гідротермічних

умов шляхом регуляції водного обміну, зміни площі листової поверхні, трансформації структури продихів, а також переорієнтації росту в бік розвитку глибших або розгалуженіших кореневих систем (Mamchur., 2019). У дослідженні (Juvany & Munné-Bosch, 2015; Chen et al., 2010; Han et al., 2013) наголошується, що толерантність до посухи зумовлюється не лише видовими особливостями, а й внутрішньовидовою варіабельністю – зокрема, статевими відмінностями. У світлі цього особливої уваги заслуговують інтродуценти родини *Rutaceae* Juss., які поєднують декоративну цінність з потенційно високим адаптаційним потенціалом. Однак рівень їхньої польової посухостійкості та характер морфологічної відповіді на дефіцит вологи залишаються недостатньо вивченими.

Матеріали та методи. Лабораторні дослідження проводилися з червня по серпень 2024 року у дендрарії Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка. Роботи здійснювалися на початку другої декади кожного місяця у другій половині дня за умов сонячної погоди. Об'єктами дослідження були представники

родини *Rutaceae* Juss.: однодомна рослина *Tetradium daniellii* (Benn.) Hartley, T. G. (1981), та рослини чоловічої й жіночої статей *Phellodendron amurense* Rupr. (1857) і *Ptelea trifoliata* L. (1753). Мінімальний вік рослини *T. daniellii*, станом на 2025р., становить від 45 років, 19 рослин *Ph. amurense* висаджених у 1975 р. на ботаніко-географічній ділянці «Далекий Схід», 8 кущів *P. trifoliata* в колекції Рутових, висаджені протягом 50–60-х років ХХ ст. Рослини зростали без додаткового поливу. Посухостійкість листкового апарату видів зі складними листками оцінювали за змінами їх водно-фізичних властивостей у лабораторії. Посухостійким деревам притаманні вищі показники оводненості тканин та відносного тургору і, відповідно, низький водний дефіцит (Кругляк., 2010; Слюсар & Кузнецов, 2008; Висоцька, 2023). Вплив стресу на досліджувані об'єкти, викликаного посухою, оцінювали шляхом розрахунку водно-фізичних показників згідно з методикою (Слюсар & Кузнецов, 1975). Оводненість визначали як відношення загальної води у наважці до маси наважки на початку досліду. Водний дефіцит визначали як відношення кількості води, поглиненої листком у процесі водонасичення, до загального вмісту води у тканинах листка в стані повного насичення. Водоутримуючу здатність листків визначали через обчислення втрати води за одиницю часу (через 2, 4, 6 і 24 години після початку в'янення) у процесі штучного в'янення в лабораторних умовах. Тургорисцентність визначали як відношення маси води в листковій тканині на початку досліду до її маси після водонасичення. Всі обраховані показники виражались у відсотках. Для досліду відбирали листки з середньої частини крон модельних дерев і кущів. Для кожного виду було відібрано по 10 складних листків у двох повторностях.

Зразки зважували на вагах ТВЕ–2 з точністю до 0,05 г. Після першого зважування листки доводили до повного водонасичення протягом 12 годин. Подальше зважування проводили через 2, 4, 6, 12 та 24 години, після чого знову доводили зразки до повного насичення вологою та встановлювали вагу. Наприкінці зразки висушували до абсолютно сухого стану при температурі 105 °С, після чого знову визначали вагу.

Польову посухостійкість визначали протягом 2023–2024 рр. за методикою (Меженського., 2007) з прив'язкою до феноритмів за шкалою ВВСН (Pokhylchenko et al., 2024). Кліматичні показники отримано з відкритих онлайн-ресурсів МЕТЕОPOST (n.d.) та Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського (2025). Статистичний аналіз здійснювали з використанням тесту Вельча для незалежних вибірок, застосовуючи інструменти надбудови Real Statistics в середовищі Microsoft Excel 365. Метод застосовували з урахуванням нерівності дисперсій між групами та обмеженого обсягу вибірки ($n = 2$), що не дозволяє використовувати класичний t-тест з об'єднаною дисперсією.

Тест Вельча забезпечує коректну оцінку статистичної значущості навіть при асиметрії вибірок, порушенні гомогенності варіацій.

Результати та обговорення. Клімат. При проведенні дослідження водного балансу рослин у 2024 році було враховано погодні умови для м. Києва упродовж усього періоду спостережень: з червня по серпень (Метеопост, 2025). Для більш детальної оцінки кліматичних чинників, дані подано за окремими міжетапними інтервалами дослідження (10.05–10.06, 10.06–11.07, 11.07–16.08), що дозволяє простежити вплив метеумов на водний режим у кожний відрізок часу (табл. 1).

Таблиця 1.

Погодні умови м. Київ за етапами дослідження (2024 р.)

Table 1.

Weather Conditions in Kyiv during research stages (2024)

Показники за періоди 2024р	10.05.-10.06.	10.06.-11.07.	11.07.-16.08.
Темп. повітря, середня, °С	18,19	22,49	23,00
Опади, мм	29,10	115,20	76,60
T max, °С	28,90	34,20	36,00
T min, °С	2,90	13,40	13,40
Середня вологість повітря, %	54,34	64,00	61,56

Окрім цього, наведено агреговані кліматичні характеристики для кожного літнього місяця та весни 2024 року, відповідно до даних Центральної геофізичної обсерваторії імені

Б. Срезневського (Центральна геофізична обсерваторія ім. Б. Срезневського, 2025).

За календарну весну 2024р. середня температура повітря перевищила багаторічну

норму на +1,9 °С, та стала третьою найтеплішою з 1881 року спостережень у столиці. Сумарна кількість опадів за весняні місяці склала 148 мм, що відповідає 101 % кліматичної норми.

Середньомісячна температура повітря червня склала +21,5 °С, що вище кліматичної норми на +2,0 °С. Опадів випало 135 мм або майже дві місячні норми – 182 %. Тогорічний червень увійшов у десятку найвологіших з 1891 року у столиці. В день проведення досліду випало 0,8 мм опадів.

Середньомісячна температура повітря липня у Києві склала +24,3 °С, що вище кліматичної норми на 3,0 °С. Він став п'ятим найтеплішим у рейтингу спостережень з 1881 року у столиці. Загалом за місяць у Києві було зафіксовано 13 температурних рекордів. Опадів випало 52 мм або 77 % від кліматичної норми, причому перед

початком спостережень зафіксовано 18-денний бездошовий період.

Серпень у Києві характеризувався підвищеним тепловим фоном: середня температура досягала +23,1 °С, перевищуючи норму на +2,7 °С. Опадів випало небагато — 24 мм, що становить 43 % від звичайного рівня, і перед початком спостережень був чотириденний сухий період.

Також для об'єктивного аналізу посухостійкості у польових умовах були враховані кліматичні особливості обох років спостережень – 2023 та 2024 (табл. 2). Аналіз показує, що середньорічна температура у 2023 році перевищувала багаторічну норму (1991–2020 рр.) на +1,8 °С, а у 2024 році – вже на +2,4 °С.

Таблиця 2.

Порівняння середньомісячної температури повітря (°С) в м. Київ у 2023 і 2024рр. із середнім багаторічним значенням (1991–2020 рр.)

Table 2.

Comparison of average monthly air temperatures (°C) in Kyiv in 2023, 2024 with the average long-term value (1991–2020 years)

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
2023	-0,3	-0,2	4,8	9,6	16,0	19,6	21,5	23,8	18,8	11,4	4,1	0,7	10,8
2024	-2,6	2,9	4,8	12,8	16,3	21,5	24,3	23,1	20,6	10,9	2,7	0,0	11,4
Середня за 1991-2020 рр.	-3,2	-2,3	2,5	10,0	15,8	19,5	21,3	20,4	14,9	8,6	2,6	-1,8	9,0

Таким чином, кліматичні умови впродовж досліджуваного періоду були контрастними та характеризувалися різкими коливаннями температур і нерівномірним розподілом атмосферних опадів, що могло суттєво впливати на фізіологічні реакції досліджуваних рослин.

Визначення польової посухостійкості.

Фактичну посухостійкість визначали за 9-ти бальною уніфікованою шкалою В. М. Меженського (Меженський, 2007), де 1 бал відповідає виключно низькій посухостійкості: рослина гине від посухи, а 9 балів – виключно високій посухостійкості: ознаки впливу посухи відсутні. Річна посухостійкість прирівнювалась до найменшої оцінки за сезон (табл. 3).

Найвищу стійкість до посухи продемонструвала *P. trifoliata*. Ознаки впливу стресу у цього виду спостерігалися переважно з фази ВВСН 81 – початок забарвлення плодів. Це відбувалося у третій декаді серпня та протягом вересня 2023 року, за середньомісячних температур +23,7 °С та +18,8 °С відповідно. Аналогічну картину зафіксовано у 2024 році (середньомісячні температури: +23, °С та +20,5 °С).

Таблиця 3.

Польова посухостійкість рослин за шкалою В. М. Меженського (2007)

Table 3.

Field drought tolerance of plants assessed using the V. M. Mezhen'skyi scale (2007)

Вид	Рік	
	2023	2024
<i>T. daniellii</i>	7,0	6,0
<i>Ph. amurense</i> ♂	5,0	4,0
<i>Ph. amurense</i> ♀	5,0	4,0
<i>P. trifoliata</i> ♂	8,0	8,0
<i>P. trifoliata</i> ♀	8,0	8,0

Симптоматика обмежувалася частковим згортанням листової пластинки, що свідчить про локальне зниження тургору, без ознак системного порушення фізіологічних функцій, які можна було б візуально спостерігати. У представників виду не зафіксовано виражених статевих відмінностей у реакції на посушливий стрес.

Єдиними винятками стали локальні прояви на окремих чоловічих рослинах: поява пожовтіння листової пластинки у середній та верхній частині крони на одній рослині, а також

підсихання кінчиків листків на верхній гілці з сонячного боку на іншій рослині. Обидва випадки зафіксовано на початку другої декади вересня 2024 року. У жіночих екземплярів аналогічних змін не фіксувалось. Упродовж двох сезонів (2023 та 2024 рр.) посухостійкість *P. trifoliata* стабільно оцінювалася на рівні 8 балів.

За нашими спостереженнями, *T. daniellii* виявив дещо нижчу стійкість до посухи порівняно з *P. trifoliata*. У третій декаді липня 2023 року, у фазі ВВСН 63 (30 % чоловічих квіток відкриті), при середньомісячній температурі +21,5 °С, спостерігалось часткове згортання листкових пластинок у верхній частині крони. У серпні та вересні спостерігали лише незначне зниження тургору листків, яке повністю компенсувалось протягом нічного періоду. Ознаки впливу стресу фіксували при фазах 63–89 (89 – досягання плодів), та середньомісячних температурах +23,7 °С (серпень) та +18,8 °С (вересень).

У 2024 році, у другій декаді липня, при середньомісячній температурі +24,2 °С період квітання чоловічих квітів скоротився з приблизно 12 годин (у 2023 році) до менш ніж 8 годин. За середньомісячної температури +23,1 °С у серпні спостерігали часткове опадання зав'язі та плодів (рис.1), за що, з урахуванням внесеної корективи до шкали Меженського, дослідний зразок отримав мінус 1 бал. Окрім цього, також зафіксовано зниження тургору. Згідно з (Dietz et al., 2021) стрес, спричинений посухою у період репродуктивного росту, безпосередньо впливає на квітання, запилення та формування насіння, що призводить до зниження кількісних та якісних показників плодів і насіння.

В роботі (Kim et al., 2014) автор описує тісну кореляційну залежність між температурою повітря, відносною вологістю та характеристиками нектару, зокрема його обсягом і концентрацією цукрів, які відповідним чином впливають на приваблення запилювачів. Ці положення узгоджуються з нашими польовими спостереженнями: у 2023 р. основним запилювачем виступала медоносна бджола *Apis mellifera* Linnaeus, тоді як у 2024 р. перевагу за чисельністю мали джмелі – *Bombus pratorum* Linnaeus та *Bombus hypnorum* Linnaeus (Паращук, 2025). У свою чергу (Nuzhyna et al., 2022) у своєму дослідженні характеризує *T. daniellii* як рослину з високою стійкістю до стресу.

Найменш стійким виявився *Ph. amurense*, в деякій мірі з переважаючою уразливістю серед чоловічих особин.



Рис. 1. Опадання плодів у *Tetradium daniellii* у результаті дії посушливого стресу

Fig. 1. Fruit drop in *Tetradium daniellii* as a result of drought stress

Станом на кінець третьої декади серпня 2023 р. до 50 % листкової маси склали пожовклі, підсохлі, деформовані або опалі листки у обох статей *Ph. amurense*. Найбільш інтенсивні ушкодження листкової поверхні у кроні рослини зазнали з південної та західної сторін, від вершини до середньої частини (нижні яруси частково притінялися сусідніми деревами, тому були менш пошкоджені), а також на периферії. У аналогічний період 2024 р. загальна інтенсивність пошкоджень зростає (рис. 2–3). Прояв впливу посушливого стресу візуально реєструвався з фази 79 (майже всі плоди досягли фінального розміру) і до завершення вегетації. Реакцією рослин на водний дефіцит може бути зниження рівня хлорофілу та передчасне опадання листків, що розглядаються як морфологічні та фізіологічні адаптації до стресу, викликаним посухою (Yang et al., 2021; Nour et al., 2024). У першу чергу пошкодження з'являлись на чоловічих рослинах і були більш інтенсивними, що може свідчити про вищу фізіологічну вразливість до абіотичних факторів у конкретних умовах середовища. Це відповідає тенденції, зафіксованій у низці досліджень, де жіночі рослини демонструють кращу адаптивність до водного дефіциту, хоча загальної закономірності для всіх видів не існує (Juvany and Munné-Bosch, 2015; Chen et al., 2010; Han et al., 2013; He et al., 2022). Тільки одна рослина жіночої статі, що зростає на краю ботаніко-географічної ділянки «Далекий Схід» стабільно протягом періоду досліджень не отримувала ніяких візуальних пошкоджень. Ба більше, дана

рослина стабільно вступала у фазу 93 (початок опадання листків) у другій декаді жовтня 2023 року та третій декаді жовтня 2024 року. У праці

(Діденко та ін., 2022) автори наголошують, що *Ph. amurense* вибагливий до вологості ґрунту.



Рис. 2. Пошкодження листків у рослин *Phellodendron amurense* жіночої статі під дією посушливого стресу 2023 рік

Fig. 2. Leaf damage in female *Phellodendron amurense* under drought stress conditions in 2023



Рис. 3. Пошкодження листків у рослин *Phellodendron amurense* чоловічої статі під дією посушливого стресу 2024 рік

Fig. 3. Leaf damage in male *Phellodendron amurense* under drought stress conditions in 2024

Визначення водного режиму листків. У ході дослідження встановлено, що вміст загальної води у листках *T. daniellii* протягом сезону становив від 54,83 до 60,86 %, *Ph. amurense* ♂ – 49,61–66,44 %, *Ph. amurense* ♀ – 50–61,56 %, *P. trifoliata* ♂ – 61,68–73,13 %, *P. trifoliata* ♀ – 59,33–73,51 %.

Найвищу загальну воду зафіксовано у *P. trifoliata* ♀ у червні (73,51 ± 0,74 %), а найнижчу – у *Ph. amurense* ♂ у липні (49,61 ± 2,97 %) (табл. 4.).

Вміст загальної води у листках рослин родини Rutaceae

Таблиця 4.

Total water content in the leaves of Rutaceae species

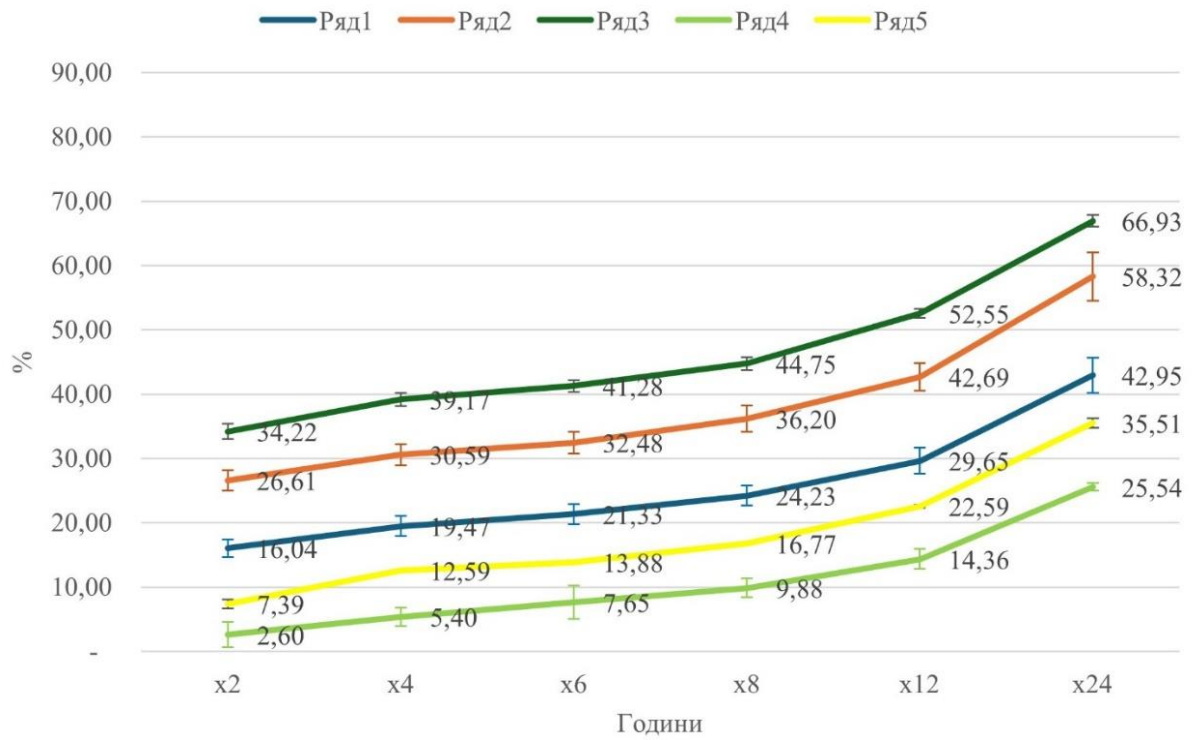
Table 4.

Вид	Загальна вода, % від загальної маси		
	10.06.2024 р.	11.07.2024 р.	16.08.2024 р.
<i>T. daniellii</i>	60,86 ± 0,35	54,83 ± 1,04	57,06 ± 0,64
<i>Ph. amurense</i> ♂	66,44 ± 0,23	49,61 ± 2,97	51,40 ± 0,47
<i>Ph. amurense</i> ♀	61,56 ± 1,60	50,00 ± 0,00	56,89 ± 0,62
<i>P. trifoliata</i> ♂	73,13 ± 0,42	70,00 ± 0,59	64,75 ± 0,34
<i>P. trifoliata</i> ♀	73,51 ± 0,74	61,68 ± 0,44	59,33 ± 2,47

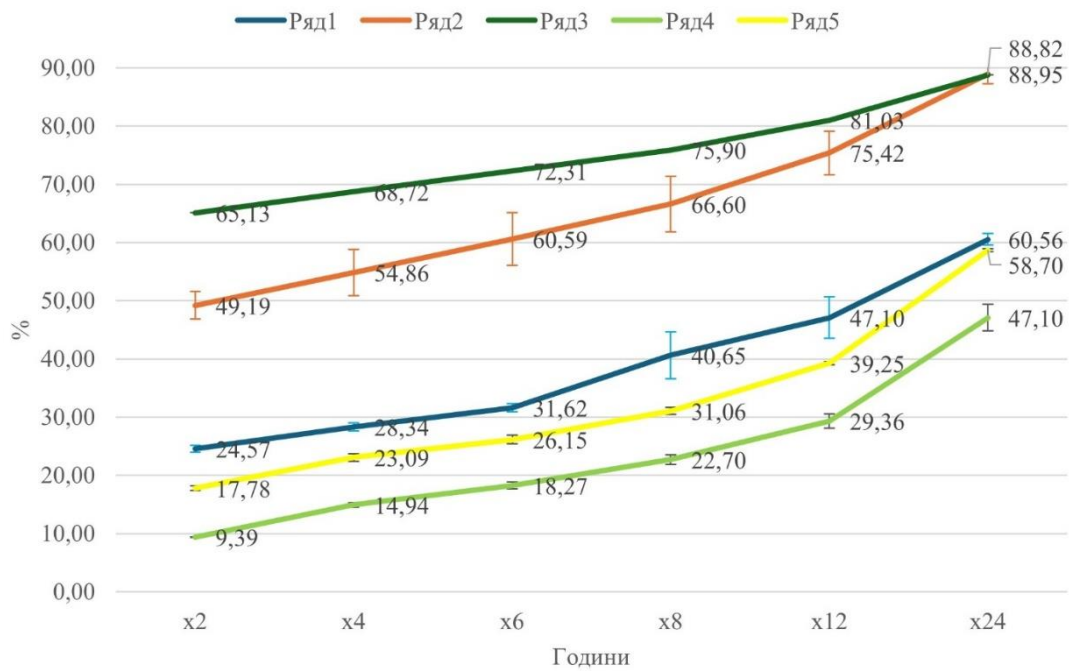
Найбільші втрати вологи під час в'янення листків спостерігалися у *Ph. amurense*, проте їх рівень варіював, залежно від статі рослин у різні періоди вегетації. Так, у червні більші втрати були зафіксовані у жіночих рослин – 66,93 %, тоді як у липні та серпні – у чоловічих рослин 88,95 % і 82,68 % відповідно. Найменші втрати води під час в'янення листків упродовж усього періоду досліджень спостерігалися у *P. trifoliata*, з чітко вираженими відмінностями між рослинами різної статі. Особливо низькі значення фіксувалися у чоловічих рослин – 25,54 % у червні, 47,10 % у липні та 31,37 % у серпні, що було найменше не лише серед усіх

досліджуваних таксонів, а й у порівнянні з жіночими рослинами цього ж виду. Найбільші втрати вологи у всіх варіантах спостерігались перед липневим етапом, найменші – перед червневим (рис. 4 А, Б, В.).

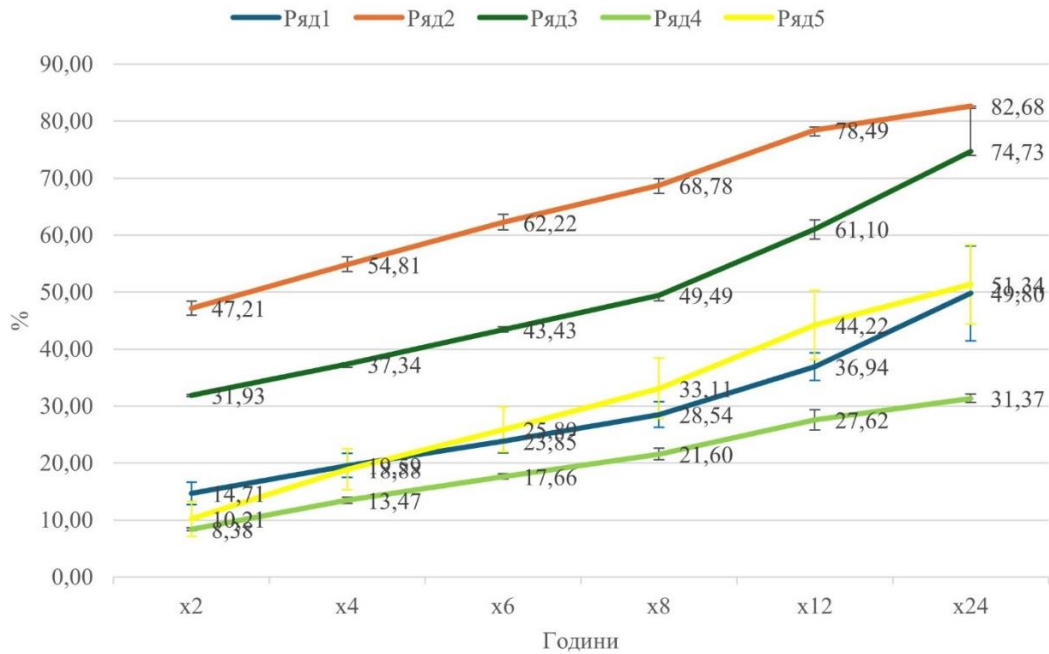
При порівнянні середньої втрати вологи у листках досліджуваних видів встановлено, що в липневому періоді експерименту втрати були найвищими у рослин всіх досліджуваних таксонів, дещо нижчими – у серпні, а найменшими – у червні. Така динаміка, ймовірно, зумовлена варіабельністю погодних умов упродовж зазначених періодів спостережень.



A



B



В

Рис. 4. Динаміка втрати маси листками рослин родини Rutaceae під час висушування протягом доби у червні (А), липні (Б) та серпні (В) 2024р (*Tetradium daniellii* (1), *Phellodendron amurense* ♂ (2), *Phellodendron amurense* ♀ (3), *Ptelea trifoliata* ♂ (4), *Ptelea trifoliata* ♀ (5))

Fig. 4. Dynamics of leaf mass loss in rutaceae species during 24-hour drying in June (A), July (Б) and August (В) 2024 (*Tetradium daniellii* (1), *Phellodendron amurense* ♂ (2), *Phellodendron amurense* ♀ (3), *Ptelea trifoliata* ♂ (4), *Ptelea trifoliata* ♀ (5))

Рослини *P. trifoliata* ♂ демонстрували найвищу водоутримуючу здатність у червні та липні, тоді як у серпні статеві відмінності за цим показником ставали менш вираженими. Далі за рівнем ішли рослини *T. daniellii*, а найнижчі значення фіксувалися у рослин *Ph. amurense* ♂ з дещо вищими показниками у жіночих рослин цього виду. Протягом трьох місяців спостережень найменші втрати води та найвищу тургорисцентність було зафіксовано у рослин *P. trifoliata*. Чоловічі особини демонстрували найстабільніші показники водного режиму в червні та липні, тоді як у серпні статеві відмінності частково згладжувалися. Варто зазначити, що хоча *P. trifoliata* є загалом стійким видом, статі реагують на стрес по-різному. Жіночі рослини демонструють динаміку відновлення водного балансу після липневого максимуму температур, тоді як у чоловічих особин спостерігається поступове, хоча й незначне, наростання водного дефіциту до кінця літа без періоду відновлення. Рослини *T. daniellii* виявили помірну стійкість до літнього дефіциту вологи, з короткочасним зниженням показників у липні. Найбільшу нестабільність водного режиму спостерігали у жіночих рослин *Ph. amurense*, які у двох із трьох випадків

демонстрували найвищий рівень водного дефіциту (до 60,51 %) та найнижчу тургорисцентність (до 39,49 %) порівняно з чоловічими особинами.

Середні значення основних показників водного режиму наведено у табл. 4–5. Тургорисцентність варіювала в межах від 39,49 % до 100 %, що свідчить про істотні міжвидові відмінності у здатності підтримувати водний баланс.

Зокрема, у червні чоловічі рослини *P. trifoliata* у першій повторності не змінили масу після первинного водонасичення, а у другій зафіксовано лише незначне зниження маси на 0,05 г. Це дає підстави вважати, що дефіцит вологи у цих зразках був відсутнім. Рослини жодного із таксонів не продемонстрували здатності відновити водний баланс після повторного водонасичення. Тому водопоглинаючу здатність ми визначити не змогли.

Під час контрольного зважування через 6 годин у липні та серпні на вибірках *Ph. amurense* ♂ нами зафіксовано бурі і темно-коричневі плями відмерлої тканини листової пластинки на значній кількості зразків, площа яких збільшувалась до завершення

експерименту. Подібні зміни були зафіксовані і у зразках *Ph. amurense* ♀, проте вони з'являлися пізніше – приблизно через 8 годин після початку

дослідження. У червні подібні зміни листків фіксувались по завершенню дослідження (рис. 5).

Таблиця 5.
Середні значення дефіциту води та загальної тургорисцентності у видів родини Rutaceae

Average water deficit and overall turgor maintenance of Rutaceae species

Table 5.

Вид	Дефіцит води, %	Тургорисцентність, %
10.06.2024		
<i>T. daniellii</i>	12,48 ± 0,86	87,52 ± 0,86
<i>Ph. amurense</i> ♂	22,90 ± 1,55	77,10 ± 1,55
<i>Ph. amurense</i> ♀	29,69 ± 1,82	70,31 ± 1,82
<i>P. trifoliata</i> ♂	-0,56 ± 0,57*	100,00 ± 0,00
<i>P. trifoliata</i> ♀	2,53 ± 1,19	97,47 ± 1,19
11.07.2024		
<i>T. daniellii</i>	20,42 ± 0,19	79,58 ± 0,19
<i>Ph. amurense</i> ♂	45,26 ± 4,22	54,74 ± 4,22
<i>Ph. amurense</i> ♀	60,51 ± 0,00	39,49 ± 0,00
<i>P. trifoliata</i> ♂	2,15 ± 0,97	97,85 ± 0,97
<i>P. trifoliata</i> ♀	13,48 ± 0,35	86,52 ± 0,35
16.08.2024		
<i>T. daniellii</i>	11,18 ± 1,94	88,82 ± 1,94
<i>Ph. amurense</i> ♂	38,71 ± 0,40	61,29 ± 0,40
<i>Ph. amurense</i> ♀	26,19 ± 0,29	73,81 ± 0,29
<i>P. trifoliata</i> ♂	16,23 ± 1,87	83,77 ± 1,87
<i>P. trifoliata</i> ♀	8,69 ± 2,07	91,31 ± 2,07

*оскільки після передбачуваного водонасичення листки не збільшились у масі, а навпаки зменшились, то отримали число з від'ємним значенням

*since the leaves did not increase in mass after the expected rehydration, but instead decreased, a negative value was obtained



Рис.5. Ушкодження листкової пластинки *Phellodendron amurense* ♂ під час втрати води на проміжку часу 6 годин

Fig. 5. Damage to the leaf blade of *Phellodendron amurense* ♂ during water loss over a 6-hour period

Статистичний аналіз. Статистичний аналіз проводили з використанням програми Microsoft Excel 365 із застосуванням надбудови Real Statistics. Метою дослідження було порівняти фізіологічні показники деревних рослин, зокрема: вміст загальної води, водного дефіциту та тургорисцентності у контексті міжвидових відмінностей та сезонної динаміки. У дослідженні розглядалися три види: *T. daniellii*, *Ph. amurense* ♂,♀, *P. trifoliata* ♂,♀, що

утворювали 10 міжвидових пар для порівняння. Аналіз охоплював три літні місяці – червень, липень і серпень. Для кожної пари застосовували двовибірковий t-тест для незалежних вибірок з нерівними дисперсіями (тест Вельча) (Statology, 2020). Кількість повторів у кожній групі становила n = 2, що враховувалося при розрахунку ступенів свободи за формулою Вельча з використанням неокруглених стандартних похибок (SE) (табл. 6 А, Б, В.).

Таблиця 6А.
Статистичне порівняння тургорисцентності між видами та статями у трьох літніх місяцях за тестом Вельча, %

Table 6A.
Statistical comparison of turgor recovery between species and sexes across three summer months using Welch's test, %

Порівнювані види		Червень				Липень				Серпень			
1 (Вид)	2 (Вид)	df	t _{stat}	t _{krit}	M (± SE) для 1	df	t _{stat}	t _{krit}	M (± SE) для 1	df	t _{stat}	t _{krit}	M (± SE) для 1
<i>T. daniellii</i>	<i>Ph. amurensis</i> ♂	1,5 6	5,8 5	5,6 8	87,52 ± 0,86	1,0 0	5,88	12, 59	79,58 ± 0,19	1,0 9	13, 87	10, 57	88,82 ± 1,94
<i>T. daniellii</i>	<i>Ph. amurensis</i> ♀	1,4 3	8,5 5	6,4 4		1,0 0	212, 05	12, 71		1,0 4	7,6 4	11, 50	
<i>T. daniellii</i>	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,0 0	14, 44	12, 71		1,0 8	18,4 1	10, 79		2,0 0	1,8 7	4,3 1	
<i>T. daniellii</i>	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,8 2	6,7 6	4,7 3		1,5 4	17,4 7	5,8 0		1,9 9	0,8 8	4,3 2	
<i>Ph. amurensis</i> ♂	<i>Ph. amurensis</i> ♀	1,9 5	2,8 4	4,4 0	77,10 ± 1,55	1,0 0	3,62	12, 71	54,74 ± 4,22	1,8 2	25, 25	4,7 5	61,29 ± 0,40
<i>Ph. amurensis</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,0 0	14, 72	12, 71		1,1 1	9,96	10, 15		1,0 9	11, 74	10, 43	
<i>Ph. amurensis</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,8 7	10, 39	4,5 9		1,0 1	7,51	12, 31		1,0 8	14, 23	10, 78	
<i>Ph. amurensis</i> ♀	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,0 0	16, 34	12, 71	70,31 ± 1,82	1,0 0	59,9 0	12, 71	39,49 ± 0,00	1,0 5	5,2 6	11, 42	73,81 ± 0,29
<i>P. trifoliata</i> ♀	<i>Ph. amurensis</i> ♀	1,7 3	12, 49	5,0 3	97,47 ± 1,19	1,0 0	134, 67	12, 71	92,82 ± 0,35	1,0 4	8,3 7	11, 63	91,31 ± 2,07
<i>P. trifoliata</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,0 0	2,1 3	12, 70	100,00 ± 0,00	1,2 5	10,9 5	8,0 0	86,52 ± 0,97	1,9 8	2,7 0	4,3 4	83,77 ± 1,87

Жирним шрифтом позначено показник t_{stat}, що відповідає (H₁) для p < 0,05
The value of t_{stat}, highlighted in bold, corresponds to the alternative hypothesis (H₁) at p < 0.05

Таблиця 6Б.
Статистичне порівняння дефіциту води між видами та статями у трьох літніх місяцях за тестом Вельча, %

Table 6B.
Statistical comparison of water deficit between species and sexes across three summer months using Welch's test, %

Порівнювані види		Червень				Липень				Серпень			
1 (Вид)	2 (Вид)	df	t _{stat}	t _{krit}	M (± SE) для 1	df	t _{stat}	t _{krit}	M (± SE) для 1	df	t _{stat}	t _{krit}	M (± SE) для 1
<i>T. daniellii</i>	<i>Ph. amurensis</i> ♂	1,5 6	5,8 5	5,6 8	12,48 ± 0,86	1,0 0	5,88	12, 59	20,42 ± 0,19	1,0 9	13, 87	10, 57	11,18 ± 1,94
<i>T. daniellii</i>	<i>Ph. amurensis</i> ♀	1,4 3	8,5 5	6,4 4		1,0 0	212, 05	12, 71		1,0 4	7,6 4	11, 50	
<i>T. daniellii</i>	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,0 0	14, 44	12, 71		1,0 8	18,4 1	10, 79		2,0 0	1,8 7	4,3 1	
<i>T. daniellii</i>	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,8 2	6,7 6	4,7 3		1,5 4	17,4 7	5,8 0		1,9 9	0,8 8	4,3 2	

<i>Ph. amurense</i> ♂	<i>Ph. amurense</i> ♀	1,9 5	2,8 4	4,4 0	22,90 ± 1,55	1,0 0	3,62	12, 71	45,26 ± 4,22	1,8 2	25, 25	4,7 5	38,71 ± 0,40
<i>Ph. amurense</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,0 0	3,2 3	12, 71		1,1 1	9,96	10, 15		1,0 9	11, 74	10, 43	
<i>Ph. amurense</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,8 7	10, 39	4,5 9		1,0 1	7,51	12, 31		1,0 8	14, 23	10, 78	
<i>Ph. amurense</i> ♀	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,0 0	16, 34	12, 71	29,69 ± 1,82	1,0 0	59,9 0	12, 71	60,51 ± 0,00	1,0 5	5,2 6	11, 42	26,19 ± 0,29
<i>P. trifoliata</i> ♀	<i>Ph. amurense</i> ♀	1,7 3	12, 49	5,0 3	2,53 ± 1,19	1,0 0	134, 67	12, 71	13,48 ± 0,35	1,0 4	8,3 7	11, 63	8,69 ± 2,07
<i>P. trifoliata</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,0 0	2,1 3	12, 71	-0,56 ± 0,57	1,2 5	10,9 5	8,0 0	2,15 ± 0,97	1,9 8	2,7 0	4,3 4	16,23 ± 1,87

Жирним шрифтом позначено показник t_{stat} , що відповідає (H_1) для $p < 0,05$
The value of t_{stat} , highlighted in bold, corresponds to the alternative hypothesis (H_1) at $p < 0.05$

Таблиця 6В.
Статистичне порівняння вмісту загальної води між видами та статями у трьох літніх місяцях за тестом Вельча, %

Table 6B.
Statistical comparison of total water content between species and sexes across three summer months using Welch's test, %

Порівнювані види		Червень				Липень				Серпень			
1 (Вид)	2 (Вид)	df	t_{stat}	t_{krit}	M (± SE) для 1	df	t_{stat}	t_{krit}	M (± SE) для 1	df	t_{stat}	t_{krit}	M (± SE) для 1
<i>T. daniellii</i>	<i>Ph. amurense</i> ♂	1,7 1	13, 23	5,0 8	60,86 ± 0,35	1,2 4	1,6 6	8,1 5	54,83 ± 1,04	1,8 3	7,1 4	4,7 1	57,06 ± 0,64
<i>T. daniellii</i>	<i>Ph. amurense</i> ♀	1,1 0	0,4 3	10, 32		1,0 0	4,6 6	12, 71		2,0 0	0,2 0	4,3 1	
<i>T. daniellii</i>	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,9 4	22, 33	4,4 2		1,5 9	12, 72	5,5 5		1,5 2	10, 61	5,9 1	
<i>T. daniellii</i>	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,4 4	15, 48	6,3 9		1,3 5	6,0 9	7,0 2		1,1 3	0,8 9	9,6 6	
<i>Ph. amurense</i> ♂	<i>Ph. amurense</i> ♀	1,0 4	3,0 2	11, 58	66,44 ± 0,23	1,0 0	0,1 3	12, 71	49,61 ± 2,97	1,8 6	7,0 7	4,6 3	51,40 ± 0,47
<i>Ph. amurense</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,5 4	13, 98	5,7 8		1,0 8	6,7 3	10, 70		1,8 2	23, 12	4,7 3	
<i>Ph. amurense</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,1 9	9,1 7	8,7 6		1,0 4	29, 07	11, 50		1,0 7	27, 83	10, 87	
<i>Ph. amurense</i> ♀	<i>P. trifoliata</i> ♂	1,1 4	6,9 9	9,6 0	61,56 ± 1,6	1,0 0	68, 11	12, 71	50,00 ± 0,00	1,5 5	34, 76	5,7 6	56,89 ± 0,62
<i>P. trifoliata</i> ♀	<i>Ph. amurense</i> ♀	1,4 1	6,7 8	6,6 2	73,51 ± 0,74	1,0 0	0,9 7	12, 71	61,68 ± 0,44	1,1 3	0,9 6	9,8 1	59,33 ± 2,47
<i>P. trifoliata</i> ♂	<i>P. trifoliata</i> ♀	1,5 9	0,4 4	5,5 6	73,13 ± 0,42	1,8 5	11, 24	4,6 5	70,00 ± 0,59	1,0 4	2,1 7	11, 67	64,75 ± 0,34

Жирним шрифтом позначено показник t_{stat} , що відповідає (H_1) для $p < 0,05$
The value of t_{stat} , highlighted in bold, corresponds to the alternative hypothesis (H_1) at $p < 0.05$.

Статистичну значущість перевіряли за нульовою гіпотезою (H_0), згідно з якою середні значення фізіологічного показника не відрізняються між порівнюваними видами або статтями. Альтернативною гіпотезою (H_1) слугувала така, що передбачала, різницю між середніми значеннями, тобто спостережувана різниця є статистично значущою. Різницю вважали статистично значущою за умови: $t_{stat} > t_{krit}$, $p < 0,05$. Попри обмежений обсяг

вибірки, точність обчислень забезпечувала достовірність результатів, хоча їхня показовість залишалася обмеженою через малий розмір вибірки.

Окрім міжвидових порівнянь, для кожного виду окремо було проведено аналіз сезонної динаміки фізіологічних показників. У цьому випадку H_0 передбачала відсутність достовірної різниці між місяцями, а H_1 – наявність значущих змін у часі (табл. 7).

Таблиця 7.

Результати тесту Вельча для порівняння фізіологічних параметрів (загальна вода, дефіцит води, тургорисцентність) між місяцями, %

Table 7.

Welch's test results for the comparison of physiological parameters (total water content, water deficit, turgor recovery) across months, %

Вид	1 (місяць)	2 (місяць)	M (\pm SE) для 1	M (\pm SE) для 2	df	n	t_{stat}	t_{krit}
Загальна вода								
<i>Ph. amurense</i> ♂	Червень	Серпень	66,44 \pm 0,23	51,40 \pm 0,47	1,45	2	28,89	6,29
<i>P. trifoliata</i> ♂	Червень	Серпень	73,13 \pm 0,42	64,75 \pm 0,34	1,91	2	15,52	4,49
<i>P. trifoliata</i> ♂	Липень	Серпень	61,68 \pm 0,59	64,75 \pm 0,34	1,59	2	7,68	5,56
<i>P. trifoliata</i> ♀	Червень	Липень	73,51 \pm 0,74	67,99 \pm 0,44	1,64	2	13,77	5,35
Дефіцит води								
<i>Ph. amurense</i> ♂	Червень	Серпень	22,90 \pm 1,55	38,71 \pm 0,40	1,13	2	9,84	9,67
<i>Ph. amurense</i> ♀	Червень	Липень	29,69 \pm 1,82	60,51 \pm 0,00	1,00	2	16,96	12,71
	Липень	Серпень	60,51 \pm 0,00	26,19 \pm 0,29	1,00	2	118,51	12,71
<i>P. trifoliata</i> ♂	Липень	Серпень	2,15 \pm 0,97	16,23 \pm 1,87	1,50	2	6,67	5,99
Тургорисцентність								
<i>Ph. amurense</i> ♂	Червень	Серпень	77,10 \pm 1,55	61,29 \pm 0,40	1,13	2	9,84	9,67
<i>Ph. amurense</i> ♀	Червень	Липень	70,31 \pm 1,82	39,49 \pm 0,00	1,00	2	16,96	12,71
<i>Ph. amurense</i> ♀	Липень	Серпень	39,49 \pm 0,00	73,81 \pm 0,29	1,00	2	118,51	12,71
<i>P. trifoliata</i> ♂	Липень	Серпень	86,52 \pm 0,97	83,77 \pm 1,87	1,50	2	6,67	5,99

Жирним шрифтом позначено показник t_{stat} , що відповідає (H_1) для $p < 0,05$

The value of t_{stat} , highlighted in bold, corresponds to the alternative hypothesis (H_1) at $p < 0.05$

Наші дослідження показали, що серед десяти міжвидових пар, у межах трьох місяців вегетації, стабільну статистично значущу різницю (H_1) було зафіксовано лише за показником вмісту загальної води в парах *T. daniellii* – *P. trifoliata* ♂ та *Ph. amurense* ♂ – *P. trifoliata* ♀. Кількісний аналіз частоти достовірних міжвидових відмінностей засвідчив, що червень є найдинамічнішим місяцем у контексті водного обміну, з максимальним числом значущих порівнянь. Імовірно, під впливом стресу від посухи, відмінності в тургорисцентності та дефіциті води мали тенденцію до зменшення у липні й серпні. Водночас за показником загального вмісту води кількість статистично значущих порівнянь у серпні зросла.

Висновки. Лабораторні дослідження водного режиму виявили статеві відмінності у реакції на абіотичний стрес, зокрема посуху, тоді як польові спостереження не підтвердили суттєвих розбіжностей між статтями. Тому комбінований підхід є ефективним для оцінювання посухостійкості рослин.

Отримані нами результати свідчать про суттєві міжвидові та сезонні відмінності у водному режимі деревних рослин родини *Rutaceae*, що відображається у коливаннях загального вмісту води, водного дефіциту та тургорисцентності. Це підтверджує значний вплив екологічних умов і біологічних особливостей на фізіологічні реакції видів.

Рослини *T. daniellii* проявили середній рівень стійкості до дефіциту вологи, демонструючи

стабільні показники у червні та серпні, з короткочасним погіршенням у липні. Результати оціни за польовим і лабораторним методами збігаються. Рослини цього виду можна охарактеризувати як помірно посухостійкі і рекомендувати для використання на території Правобережного Лісостепу.

Найвищу лабораторну посухостійкість продемонстрували рослини *P. trifoliata*, особливо чоловічі, причому чоловічі особини зберігали більш стабільні показники водного режиму на початку та в середині літа, тоді як наприкінці сезону статеві відмінності частково згладжувалися. У польовій методиці ми не фіксували відмінностей між статями, а незначні локальні зміни у двох чоловічих рослин у вересні не є показовими. Важливо наголосити, що за умови господарського використання рослин цього виду варто враховувати його потенційні інвазивні властивості в умовах України.

Рослини *Ph. amurense* виявили найвищу варіабельність водного режиму серед досліджуваних таксонів. Найбільші втрати вологи зафіксовано у чоловічих рослин у липні та серпні, що свідчить про знижену стресостійкість (stress tolerance) до посушливих умов. Для забезпечення нормального росту рослин цього виду доцільним є забезпечення достатньої вологості ґрунту.

Список літератури:

1. Vysotska, N. Yu. (2023). Drought resistance of ten poplar clones in eastern Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, (142), 47–58. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.142.2023.47>.
2. Діденко, С. Я., Неграш, Ю. М., Рак, О. О., Кушнір, Н. В., Шиндлер, О. І. (2022). Збереження різноманітності рослин окремих регіонів Євразії // У: Заїменко Н. В., Рахметов Д. Б., Гапоненко М. Б., Шумик М. І. та ін. (ред.). *Фундаментальні та прикладні аспекти інтродукції і збереження рослин у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України: монографія*. – Київ: Ліра-К., – С. 73.
3. Кругляк, Ю. М. (2010). Водний режим і посухостійкість листків видів, форм та гібридів роду *Salix* L. *Інтродукція рослин*, 45, 85–89. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2553623>
4. Mamchur, V. V. (2019). Оцінка посухостійкості *Ailanthus Altissima* (Mill.) в умовах Правобережного Лісостепу і Степу України. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 29(7), 31–33. <https://doi.org/10.15421/40290706>
5. Меженський, В. М. 2007. Уніфікування шкал оцінок, що застосовуються при інтродукції деревних рослин // *Інтродукція рослин*. – № 4. – С. 26–37.
6. Метеопост. (2025). Архів погоди. Отримано 25 серпня 2025 з <https://meteopost.com/weather/archive/>
7. Парашук, О. (2025). *Tetradium* Lour. (*Rutaceae* Juss.) в дендрологічних колекціях та потенціал роду для культивування. *Біорізноманіття, екологія та експериментальна біологія*, 27(1), 6–21. doi:<https://doi.org/10.34142/2708-5848.2025.27.1.01>
8. Слюсар, С. І., Кузнецов, С. І. (2008). Інтродукція таксодієвих (*Taxodiaceae* F.W. Neger) в Лісостепу України / За ред. проф. М. А. Кохна. – Київ : Видавничий центр НАУ. – 154 с.
9. Центральна геофізична обсерваторія ім. Б. Срезневського. (2025). Погодні підсумки [Електронний ресурс]. Отримано 19 липня 2025 з <http://www.cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/diialnist/21213/9-pidsumki-shchedrogo-na-rekordi-cherwnya-u-stolitsi>.
10. Chen, L., Zhang, S., Zhao, H., Korpelainen, H. and Li, C. (2010), Sex-related adaptive responses to interaction of drought and salinity in *Populus yunnanensis*. *Plant, Cell & Environment*, 33: 1767–1778. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02182.x>
11. Dietz, K.-J., Zörb, C. and Geilfus, C.-M. (2021). Drought and crop yield. *Plant Biol J*, 23: 881–893. <https://doi.org/10.1111/plb.13304>

Вперше в межах родини *Rutaceae* виявлено статевий диморфізм у фізіологічних реакціях на водний стрес, де у *P. trifoliata* чоловічі рослини були більш стійкими до посухи, а у *Ph. amurense* рослини жіночої статі.

Статистичний аналіз підтвердив наявність статистично значущих міжвидових відмінностей у показниках водного режиму, а також суттєвих сезонних змін між червнем і серпнем. Водночас статеві відмінності в межах видів не досягли статистичної значущості, що може бути пов'язано з обмеженим обсягом вибірки ($n = 2$). Незважаючи на це, фізіологічні показники та візуальні спостереження свідчать про наявність статевого диморфізму у реакції на водний стрес. Таким чином, статистичний аналіз підтверджує, що видові та сезонні фактори мають сильніший вплив на водний режим, ніж статеві відмінності.

Фінансування та подяки: дослідження виконано в межах теми відділу дендрології Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України.

Автори висловлюють подяку к.б.н. Ользі Похильченко за цінні коментарі та сприяння у виконанні роботи.

Конфлікт інтересів: автори заявляють, що дослідження проводилося за відсутності будь-яких комерційних або фінансових відносин, які можна було б витлумачити як потенційний конфлікт інтересів.

12. Han, Y., Wang, L., Zhang, X., Korpelainen, H., & Li, C. (2013). Sexual differences in photosynthetic activity, ultrastructure and phytoremediation potential of *Populus cathayana* exposed to lead and drought. *Tree Physiology*, 33(10), 1043–1060. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt086>
13. He, F., Wu, Z., Zhao, Z., et al. (2022). Drought stress drives sex-specific differences in plant resistance. *Science of the Total Environment*, 845, Article 157171. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157171>
14. Juvany, M., & Munné-Bosch, S. (2015). Sex-related differences in stress tolerance in dioecious plants: A critical appraisal in a physiological context. *Journal of Experimental Botany*, 66(20), 6083–6092. <https://doi.org/10.1093/jxb/erv343>
15. Kim, M.-S., Kim, S.-H., Song, J.-H., Kim, H.-S. (2014). Analysis of secreted nectar volume, sugar and amino acid content in male and female flower of *Evodia daniellii* Hemsl. *Journal of Korean Forest Society*, 103(1), 43–50. <https://doi.org/10.14578/JKFS.2014.103.1.43>
16. Nour, M. M., Aljabi, H. R., Al-Huqail, A. A., Horneburg, B., Mohammed, A. E., & Alotaibi, M. O. (2024). Drought responses and adaptation in plants differing in life-form. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, 1452427. <https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1452427>
17. Nuzhyna, N., Ivanova, I., Hrytsak, L., & Drobyk, N. (2022). Drought-resistant species of trees and bushes as an important link for reducing the negative effects of “urban heat islands”. *Scientific Issue of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology*, 82(3), 37–43. <https://doi.org/10.25128/2078-2357.22.3.6>
18. Pokhylchenko, O., Gorelov, O., Dovhalyuk, N., Kozubenko, T., Kruglyak, Y., & Paraschuk, O. (2024). Phenological observations in dendrological collections: motivation for the use of the universal coding “BBCH scale”. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, (20), 176–197. <https://doi.org/10.37555/2707-3114.20.2024.318688>
19. Statology. (2020). Welch’s t-test: When to use it + examples. – <https://www.statology.org/welchs-t-test/>
20. Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. (2021). Response Mechanism of Plants to Drought Stress. *Horticulturae*, 7(3), 50. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>
- botanichnomu sadu im. M. M. Hryshka NAN Ukrainy: monohrafiia (p. 73). Kyiv: Lira-K. (in Ukrainian)
3. Krugliak, Yu. M. (2010). Water regime and drought resistance of leaves of species, forms, and hybrids of the genus *Salix* L. *Plant introduction*, (1), 85–89. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2553623>
4. Mamchur, V. V. (2019). Assessment of drought resistance of *Ailanthus altissima* (Mill.) in conditions of the Right-Bank Forest-Steppe and Steppe of Ukraine. [Otsinka posukhostiikosti *Ailanthus altissima* (Mill.) v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu i Stepu Ukrainy]. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 29(7), 31–33. <https://doi.org/10.15421/40290706>
5. Mezhenyskyi, V. M. (2007). Unification of rating scales used in the introduction of woody plants. [Unifikuvannia shkal otsinok, shcho zastosovuiutsia pry introduktsii derevnykh roslyn]. *Plant introduction*, (4), 26–37. (in Ukrainian)
6. Meteopost. (2025). Weather archive. Retrieved August 25, 2025, from <https://meteopost.com/weather/archive>
7. Parashchuk, O. A. (2025). *Tetradium* Lour. (*Rutaceae* Juss.) in dendrological collections and the potential of the genus for cultivation. *Bioriznomanittia, ekolohiia ta eksperymentalna biolohiia*, 27(1), 6–21. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2025.27.1.01>
8. Sliusar, S. I., & Kuznietsov, S. I. (2008). Introduction of taxodiaceous species (*Taxodiaceae* F. W. Neger) in the Forest-Steppe of Ukraine [Introduktsiia taksodiievnykh (*Taxodiaceae* F. W. Neger) v Lisostepu Ukrainy]. Kyiv: *Natsionalnyi aviatsiynyi universytet*, 83–87. (in Ukrainian).
9. Tsentralna Heofizychna Observatoriia im. B. Sreznjevskoho. (2025). Weather summary. Retrieved July 19, 2025, from <http://www.cgo-sreznjevskyyi.kyiv.ua/uk/diialnist/21213/9-pidsumki-shchedrogo-na-rekordi-cherვნya-u-stolitsi>.
10. Chen, L., Zhang, S., Zhao, H., Korpelainen, H., & Li, C. (2010). Sex-related adaptive responses to interaction of drought and salinity in *Populus yunnanensis*. *Plant, Cell & Environment*, 33(10), 1767–1778. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02182.x>
11. Dietz, K.-J., Zörb, C. and Geilfus, C.-M. (2021), Drought and crop yield. *Plant Biol J*, 23: 881–893. <https://doi.org/10.1111/plb.13304>.

References:

1. Vysotska, N. Yu. (2023). Drought resistance of ten poplar clones in eastern Ukraine. *Forestry and Forest Melioration*, (142), 47–58. <https://doi.org/10.33220/1026-3365.142.2023.47>
2. Didenko, S. Ya., Nehrash, Yu. M., Rak, O. O., Kushnir, N. V., & Shindler, O. I. (2022). Conservation of plant diversity in selected regions of Eurasia [Zberezhennia riznomanitnosti roslyn okremykh rehioniv Yevrazii]. In N. V. Zaimenko, D. B. Rakhmetov, M. B. Haponenko, & M. I. Shumyk (Eds.), *Fundamentalni ta prykladni aspekty introduktsii i zberezhennia roslyn u Natsionalnomu*
3. Krugliak, Yu. M. (2010). Water regime and drought resistance of leaves of species, forms, and hybrids of the genus *Salix* L. *Plant introduction*, (1), 85–89. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2553623>
4. Mamchur, V. V. (2019). Assessment of drought resistance of *Ailanthus altissima* (Mill.) in conditions of the Right-Bank Forest-Steppe and Steppe of Ukraine. [Otsinka posukhostiikosti *Ailanthus altissima* (Mill.) v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu i Stepu Ukrainy]. *Scientific Bulletin of the Ukrainian National Forestry University*, 29(7), 31–33. <https://doi.org/10.15421/40290706>
5. Mezhenyskyi, V. M. (2007). Unification of rating scales used in the introduction of woody plants. [Unifikuvannia shkal otsinok, shcho zastosovuiutsia pry introduktsii derevnykh roslyn]. *Plant introduction*, (4), 26–37. (in Ukrainian)
6. Meteopost. (2025). Weather archive. Retrieved August 25, 2025, from <https://meteopost.com/weather/archive>
7. Parashchuk, O. A. (2025). *Tetradium* Lour. (*Rutaceae* Juss.) in dendrological collections and the potential of the genus for cultivation. *Bioriznomanittia, ekolohiia ta eksperymentalna biolohiia*, 27(1), 6–21. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2025.27.1.01>
8. Sliusar, S. I., & Kuznietsov, S. I. (2008). Introduction of taxodiaceous species (*Taxodiaceae* F. W. Neger) in the Forest-Steppe of Ukraine [Introduktsiia taksodiievnykh (*Taxodiaceae* F. W. Neger) v Lisostepu Ukrainy]. Kyiv: *Natsionalnyi aviatsiynyi universytet*, 83–87. (in Ukrainian).
9. Tsentralna Heofizychna Observatoriia im. B. Sreznjevskoho. (2025). Weather summary. Retrieved July 19, 2025, from <http://www.cgo-sreznjevskyyi.kyiv.ua/uk/diialnist/21213/9-pidsumki-shchedrogo-na-rekordi-cherვნya-u-stolitsi>.
10. Chen, L., Zhang, S., Zhao, H., Korpelainen, H., & Li, C. (2010). Sex-related adaptive responses to interaction of drought and salinity in *Populus yunnanensis*. *Plant, Cell & Environment*, 33(10), 1767–1778. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2010.02182.x>
11. Dietz, K.-J., Zörb, C. and Geilfus, C.-M. (2021), Drought and crop yield. *Plant Biol J*, 23: 881–893. <https://doi.org/10.1111/plb.13304>.
12. Han, Y., Wang, L., Zhang, X., Korpelainen, H., & Li, C. (2013). Sexual differences in photosynthetic activity, ultrastructure and phytoremediation potential of *Populus cathayana* exposed to lead and drought. *Tree Physiology*, 33(10), 1043–1060. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt086>
13. He, F., Wu, Z., Zhao, Z., et al. (2022). Drought stress drives sex-specific differences in plant resistance. *Science of the Total Environment*, 845, Article 157171. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157171>
14. Juvany, M., & Munné-Bosch, S. (2015). Sex-related differences in stress tolerance in dioecious plants: A critical appraisal in a physiological context. *Journal of*

- Experimental Botany*, 66(20), 6083–6092.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erv343>
15. Kim, M.-S., Kim, S.-H., Song, J.-H., & Kim, H.-S. (2014). Analysis of secreted nectar volume, sugar and amino acid content in male and female flower of *Evodia daniellii* Hemsl. *Journal of Korean Forest Society*, 103(1), 43–50.
<https://doi.org/10.14578/JKFS.2014.103.1.43>
16. Nour, M., Neigh, S., Akmalia, R., & López, S. (2024). Drought responses and adaptation in plants differing in life-form. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 12, Article 1452427.
<https://doi.org/10.3389/fevo.2024.1452427>
17. Nuzhyna, N., Ivanova, I., Hrytsak, L., & Drobyk, N. (2022). Drought-resistant species of trees and bushes are an important link for reducing the negative effects of "urban heat islands". *Scientific Issue of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University*.
Series: Biology, 82(3), 37–43.
<https://doi.org/10.25128/2078-2357.22.3.6>
18. Pokhylchenko, O., Gorelov, O., Dovhalyuk, N., Kozubenko, T., Kruglyak, Y., & Parashchuk, O. (2024). Phenological observations in dendrological collections: Motivation for the use of the universal coding "BBCH scale". *Journal of Native and Alien Plant Studies*, (20), 176–197.
<https://doi.org/10.37555/2707-3114.20.2024.318688>
19. Statology. (2020, December 20). Welch's t-test: When to use it + examples. Retrieved from <https://www.statology.org/welchs-t-test/>
20. Yang, X., Lu, M., Wang, Y., Wang, Y., Liu, Z., & Chen, S. (2021). Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*, 7(3), Article 50.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae7030050>

COMPREHENSIVE EVALUATION OF DROUGHT RESISTANCE IN WOODY PLANT SPECIES OF THE FAMILY RUTACEAE JUSS. IN THE ARBORETUM OF THE M. M. HRYSHKO NATIONAL BOTANICAL GARDEN OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

O. A. Parashchuk, Yu. M. Krugliak

*M. M. Gryshko National Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine,
 1 Sadovo-Botanichna St., Kyiv, 01014, Ukraine
 E-mail: Parashchyc@gmail.com; ulija.kr@ukr.net*

*An assessment of complex summer drought tolerance was conducted via field and laboratory comparison to identify interspecies and sex-related differences in woody species of the family Rutaceae Juss. (*Tetradium daniellii* (Benn.) T.G.Hartley ♀; *Phellodendron amurense* Rupr. ♂, ♀; and *Ptelea trifoliata* L. ♂, ♀). The research covered both 2023 and 2024 three-month vegetation periods; conducted in the dendrological collection at M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS of Ukraine (Kyiv). Findings revealed pronounced interspecies and sex-related differences via leaf water regime indicators: water content, turgor maintenance, water deficit, and water-holding capacity. Results indicate that the 2-year field data and 1-year laboratory data were consistent, except for *P. trifoliata*, where no field differences between sexes were recorded. However, male plants had the least water loss and highest turgor maintenance, especially during the first two months of summer. *T. daniellii* exhibited a stable stress response except short-term decreases in July. Analysis of water deficit fluctuations in *Ph. amurense* revealed distinct stress response strategies. Female plants were characterized by an acute but short-term reaction to peak drought, followed by rapid recovery. Male individuals, however, demonstrated a more chronic type of stress, with a lesser ability to restore water balance after the dry period. Statistical analysis of plant water status used Welch's test ($p < 0.05$), identifying interspecies and sex-related differences. Data revealed *P. trifoliata* and *T. daniellii* as strong summer drought-resistant taxa.*

Keywords: drought tolerance, water regime, water deficit, turgor maintenance capacity

Отримано редколегією 02.11.2025 р.

ORCID ID

Oleksandr Parashchuk: <https://orcid.org/0009-0006-1063-7402>

Yulia Krugliak: <https://orcid.org/0000-0001-8669-7424>