

ОСОБЛИВОСТІ ВОДООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ НЕТРАДИЦІЙНИХ МАЛОПОШИРЕНИХ ПЛОДОВИХ РОСЛИН В УМОВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я ЯК КРИТЕРІЙ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ПРОДУКЦІЇ З ВИСОКОЮ БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ

Ю. В. Лихолат^{1*}, Н. О. Хромих¹, А. А. Алексеєва¹,
Т. Ю. Лихолат¹, О. А. Лихолат², О. В. Вишнікіна²,
В. Р. Давидов¹, Р. Є. Єфанов¹, І. П. Григорюк³

¹ — Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро, Україна

² — Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро, Україна

³ — Національний університет біоресурсів та природокористування
України, м. Київ, Україна

Анотація. У степовій зоні України використання у міських фітоценозах нетрадиційних малопоширених плодових рослин останнім часом набуло широких масштабів. Проте, на території степового Придніпров'я інтродукована недостатня для промислового садівництва кількість видів, включаючи природні та гібридні види родів *Chaenomeles* Lindl. і *Berberis* L. Метою роботи було порівняння показників водного обміну в листках п'яти видів барбарисів і шести видів хеномелесів, які зростають у Ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Континентальність клімату регіону може неоднаково сприятливо впливати на всі інтродуковані види рослин навіть у межах роду. Оскільки оптимальні умови росту і розвитку представників родів *Chaenomeles* і *Berberis* залежать від багатьох чинників, передусім від водного режиму, актуальним є вивчення особливостей процесів водообміну рослин, який може характеризувати пристосованість цих видів до складних кліматичних умов південного сходу України.

Визначено показники інтенсивності транспірації та водного дефіциту у листках п'яти видів барбарису і шести видів хеномелесу. Установлено загальну антиоксидантну здатність плодів. Для порівняння середніх

значень вибірок застосовували критерій достовірно значущої різниці групових середніх Тьюкі.

Реакція інтродукованих рослин родів *Chaenomeles* і *Berberis* на рівень вологи у степовому регіоні підтвердила універсальний механізм адаптації рослин до аридних умов. Оскільки для цих видів відмічений помірний водний дефіцит у посушливих умовах, що визначає їх високу стійкість до кліматичних умов степового Придніпров'я, вони можуть бути рекомендованими для інтродукції в сільськогосподарське та індивідуальне садівництво як з метою отримання біологічно цінної сировини для промислового виробництва функціональних продуктів, так і розширення асортименту плодової продукції для власників присадибних ділянок.

Ключові слова: водний обмін, водний дефіцит, загальна антиоксидантна здатність плодів, нетрадиційні плодови культури.

Вступ. Негативна дія абіотичних та біотичних чинників довкілля на фоні посушливого клімату степового Придніпров'я суттєво впливає на всі елементи екосистем: ґрунти, зокрема, девастовані [30–32], а також викликає зміни метаболізму рослинних та тваринних організмів [4, 6, 12, 16, 40], що в решті решт негативно відбивається на здоров'ї населення [3, 20, 21].

Для збереження біологічного різноманіття і розширення спектру цінних плодових рослин у степовій зоні України інтерес викликає їх інтродукція. Крім поширення декоративних видів [14, 15], значна увага приділяється введенню нетрадиційних плодових культур, які відрізняються швидким ростом, довговічністю, щорічним рясним плодоношенням, високими смаковими та лікувально-дієтичними якостями плодів. До того ж, вони є декоративними, фітомеліоративними, медоносними та лікарськими рослинами [23, 24, 38].

Інтродукція плодових культур збагачує різноманітність флористичного складу регіональної рослинності й одночасно створює можливість розширення сировинної бази для забезпечення потреб харчування і здоров'я людини. На сьогодні в різних регіонах України інтродуковані понад 400 видів плодово-ягідних рослин [14, 15, 19, 22], однак, кількість видів, що впроваджена у промислове садівництво степового Придніпров'я, є недостатньою. Плоди цих рослин мають високу поживну цінність [1, 8, 13] та є джерелом фізіологічно-активних сполук [2, 18, 27, 29], що обумовило їх багатівікове використання в традиційній медицині, а на сьогодні ставить у ряд важливих об'єктів чисельних досліджень з метою отримання сировини для створення функціональних продуктів та лікувальних засобів [35, 36]. Завдяки здатності до біосинтезу й накопичення компонентів з антиоксидантними властивостями, вживання плодових рослин може попереджувати розвиток багатьох хвороб, спричинених

оксидативним стресом [5, 7, 9, 11]. До прикладу, з антиоксидантною здатністю фенольних сполук, що містяться у рослинах, пов'язують антиканцерогенні, антимуtagenні та протизапальні ефекти, а також вплив на сигнальні шляхи метаболізму канцерогенів [17, 25, 28, 29].

У степовій зоні України інтродукція рослин з віддалених географічних територій здійснюється в Ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара упродовж багатьох років, включаючи з природними та гібридними видами родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. Проте, вміст фізіолого-активних речовин у плодах та інших частинах рослинного організму детермінований генетично й одночасно має високу залежність від мікрокліматичних та едафічних умов, за яких відбувався онтогенетичний розвиток плодів рослин. Під час дослідження рослинних фізіологічно-активних сполук виявлено залежність рівня їх накопичення як від властивостей рослин, так і від умов середовища. Наприклад, загальний вміст алкалоїдів у стеблах і коренях різних видів роду *Berberis* залежить від районів походження рослин [4]. Показано, що у рослин *B. asiatica* у західних Гімалаях вміст берберину був значно більшим у популяцій, що росли на невеликій висоті, і в усіх інших — вищим у коренях, ніж у стеблах. Крім того, вміст вологи та калію у ґрунті суттєво вплинув на вміст берберину. Це є особливо актуальним для степового Придніпров'я, де клімат має континентальні особливості і не однаково сприятливий для всіх інтродукованих видів рослин, навіть у межах роду. Оскільки оптимальні умови росту і розвитку представників родів *Chaenomeles* та *Berberis* залежать від багатьох чинників, передусім від водного режиму, нагальним є вивчення особливостей процесів водообміну рослин, який може характеризувати пристосованість цих видів до складних кліматичних умов південного сходу України.

Мета — порівняння показників водного обміну в листках п'яти видів барбарисів і шести видів хеномелесів, які зростають у Ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Матеріали та методи досліджень. Об'єкти дослідження — хеномелес катаянський (*Chaenomeles cathayensis* (Hemsl.) C. K. Schneid.), хеномелес японський (*Ch. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach.), хеномелес каліфорнійський (*Ch. x californica* W. Clarke ex C. Weber), хеномелес пишний (*C. x superba* (Frahm) Rehd.), хеномелес японський вар. Маулея (*Ch. japonica* var. *maulei* (Mast.) Lavallee), хеномелес прекрасний (*Ch. speciosa* (Sweet.) Nakai), барбарис амурський (*Berberis amurensis* Rupr.), барбарис корейський (*B. koreana* Palib.), барбарис звичайний

(*B. vulgaris* L.), барбарис канадський (*B. canadensis* Mill.), барбарис похилений (*B. x declinata* Schrad.).

Показники інтенсивності транспірації та водного дефіциту у листках інтродукованих плодових рослин здійснювали за класичними методиками [3] в 30-кратній повторності. Досліди проводили протягом вегетаційного періоду. Визначали загальну антиоксидантну здатність плодів, яку виражали в мг еквівалентах аскорбінової кислоти /г d.w. [36]. Для порівняння середніх значень вибірок застосовували критерій достовірно значущої різниці групових середніх Тьюкі (Honestly Significant Difference test, або Tukey's HSD test). Критерій Тьюкі дозволяє коректно здійснювати множинні парні порівняння середніх значень. Різниця середніх визнана статистично значущою за довірчою ймовірністю $P \geq 95\%$. Розрахунок апостеріорного множинного парного критерію Тьюкі здійснено у комп'ютерному пакеті прикладних статистичних програм Statgraphics Centurion XV Version 15.1.02.

Результати та їх обговорення. Адаптація рослин до впливу сукупності екологічних чинників навколишнього середовища значною мірою визначається здатністю рослинного організму протистояти витратам води [26, 33, 34, 40].

Стресовий стан рослин, що виникає при надмірних витратах, призводить до зміни величин показників водного обміну рослинних організмів. Ступінь варіативності цих показників в несприятливих умовах водозабезпечення відображає стійкість рослинного організму. Реакція рослин на дію екстремальних умов середовища проявляється у першу чергу в змінах загального вмісту води та її форм у листках, що може характеризуватись такими показниками, як інтенсивність транспірації та рівень водного дефіциту. Відомо, що ці показники можуть збільшуватися або зменшуватися залежно від інтенсивності впливу екологічних чинників, насамперед, температури повітря та вмісту вологи в ґрунті [10, 37, 39]. Для досліджених об'єктів відмічені як міжродові, так і міжвидові особливості інтенсивності транспірації.

Інтенсивність транспірації суттєво коливалась у посушливий період, коли рослини недостатньо забезпечені ґрунтовою вологою. Спостерігалися зміни показників у межах від 46,59 мг/г (*B. amurensis*) до 110,31 мг/г (*B. vulgaris*) у представників роду *Berberis* L. та від 130,28 мг/г (*Ch. cathayensis*) до 187,56 мг/г (*Ch. x superba*) у рослин роду *Chaenomeles* Lindl. (Табл. 1).

У посушливий період відбувається, як правило, підвищення інтенсивності освітлення, добової температури повітря та ґрунту, що призводить до підвищення втрати води рослинами через транспірацію.

Данні таблиці 1 свідчать, що достовірні відмінності (99,9%) в інтенсивності транспірації виявлені між рослинами всіх досліджених видів роду *Berberis* L. та більшості видів роду *Chaenomeles* Lindl. Виключення становила порівнювана пара видів *Ch. cathayensis* та *Ch. japonica* (менше 95%). У вологий період вегетації для рослин роду *Berberis* L. характерна підвищена інтенсивність процесу транспірації. У листках рослин роду *Berberis* L. витрати води внаслідок транспірації змінювалися в межах від 65,48 мг/г (*B. canadensis*) до 177,6 мг/г (*B. vulgaris*).

Таблиця 1. Інтенсивність транспірації в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у посушливий період вегетації, мг/г за годину

Table 1. The intensity of transpiration in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the dry growing season, mg/g per hour

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	130,28	0,160104	0,121031	0,0924
<i>Ch. Japonica</i>	132,29	0,157162	0,118801	0,0907
<i>Ch. x californica</i>	151,39	0,155242	0,102544	0,0896
<i>Ch. x superba</i>	187,56	0,115902	0,061795	0,0669
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	168,42	0,164418	0,097626	0,0949
<i>Ch. Spesiosa</i>	142,38	0,298161	0,209412	0,1721
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	102,25	0,0971253	0,094991	0,0561
<i>B. amurensis</i>	46,59	0,331713	0,711932	0,1915
<i>B. koreana</i>	74,68	0,270555	0,362286	0,1562
<i>B. vulgaris</i>	110,31	0,120554	0,109290	0,0696
<i>B. canadensis</i>	74,37	0,240901	0,323908	0,1391

У рослин роду *Chaenomeles* Lindl. інтенсивність транспірації знижувалась, виключення становили рослини виду *Ch. x californica*. У листках рослин роду *Chaenomeles* Lindl. варіювали від 115,4 мг/г (*Ch. japonica*) до 218,12 мг/г (*Ch. x californica*) (Табл. 2).

Аналіз отриманих результатів показав, що достовірні відмінності (99,9%) в інтенсивності транспірації виявлені між більшістю видів у межах родів *Berberis* L. та *Chaenomeles* Lindl. (Табл. 2). Виключення з цієї закономірності становили порівнювані пари *B. canadensis* та *B. koreana* (менше 95%), а також *Ch. speciosa* та *Ch. japonica* (менше 95%).

Таблиця 2. Інтенсивність транспірації в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у вологий період вегетації, мг/г за годину

Table 2. The intensity of transpiration in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the the wet growing season, mg/g per hour

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	119,40	0,196044	0,164187	0,1132
<i>Ch. Japonica</i>	115,41	0,169214	0,146624	0,0977
<i>Ch. x californica</i>	218,12	0,112398	0,051529	0,0649
<i>Ch. x superba</i>	166,56	0,265393	0,159341	0,1532
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	158,78	0,207926	0,130955	0,1200
<i>Ch. Speciosa</i>	116,09	0,085049	0,073263	0,0491
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	123,61	0,162583	0,131526	0,0939
<i>B. amurensis</i>	136,61	0,217792	0,159430	0,1257
<i>B. koreana</i>	132,55	0,379868	0,286585	0,2193
<i>B. vulgaris</i>	177,64	0,215174	0,121129	0,1242
<i>B. canadensis</i>	65,48	0,26	0,397068	0,1501

Реальна небезпека водного дисбалансу в рослинному організмі виникає за високої інтенсивності транспірації у період надходження обмеженої кількості води в рослини, що найбільш виразно проявляється в умовах континентального клімату степової зони України. Якщо надмірні втрати води рослинами не поновлюються своєчасно, відбувається поступове обезводнення рослинного організму, що призводить до прояву ознак водного дефіциту, які є причиною зменшення родючості рослин та зниження якості плодів.

У дослідженні встановлено, що за умов посухи рівень водного дефіциту варіював у межах від 11,57% (*Ch. spesiosa*) до 18,82% (*Ch. japonica* var. *maulei*) у представників роду *Chaenomeles* Lindl. та від 14,62% (*B. amurensis*) до 16,16% (*B. canadensis*) у представників роду *Berberis* L. (Табл. 3).

Таблиця 3. Показники водного дефіциту в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у посушливий період вегетації, %

Table 3. Indicators of water deficit in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the dry growing season, %

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	15,61	0,3360	2,1525	0,1940
<i>Ch. Japonica</i>	14,78	0,0513	0,347277	0,0296
<i>Ch. x californica</i>	13,84	0,0800	0,578035	0,0462
<i>Ch. x superba</i>	16,27	0,1652	1,015530	0,0954
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	18,82	0,1877	0,997196	0,1084
<i>Ch. Spesiosa</i>	11,57	0,1266	1,094720	0,0731
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	15,33	0,1429	0,932251	0,0825
<i>B. amurensis</i>	14,62	0,0900	0,615595	0,0520
<i>B. koreana</i>	16,14	0,1266	0,784690	0,0731
<i>B. vulgaris</i>	14,85	0,1277	0,859740	0,0737
<i>B. canadensis</i>	16,16	0,1365	0,844877	0,0788

Установлено, що достовірні відмінності (99,9%) показників водного дефіциту в листках спостерігались між усіма дослідженими видами роду *Chaenomeles* Lindl. (Табл. 3). Серед представників роду *Berberis* L. достовірні відмінності (99,9%) були виявлені для більшості досліджуваних видів. Виключення із загальної закономірності становили порівнювана пара *B. amurensis* та *B. vulgaris* (менше 95%), а також пара *B. x declinata* та *B. vulgaris*, для якої встановлені відмінності на рівні достовірної ймовірності 95%.

У вологий період вегетації значення водного дефіциту варіювали в межах від 6,3% (*Ch. cathayensis*) до 18,2% (*Ch. x superba*) у рослин роду

Chaenomeles Lindl. та від 8,1% (*B. x declinata*) до 15,2% (*B. vulgaris*) у листках роду *Berberis* L. (Табл. 4).

За результатами наших досліджень, достовірні відмінності (99,9%) водного дефіциту виявлені між усіма видами роду *Chaenomeles* Lindl., крім порівнюваної пари *Ch. japonica* та *Ch. x californica* (менше 95%), а між *Ch. japonica* var. *maulei* та *Ch. spesiosa* відмінності становили 95% (Табл. 4). У межах роду *Berberis* L. достовірні відмінності (99,9%) виявлені для всіх досліджуваних видів, крім порівнюваної пари видів *B. x declinata* та *B. koreana* (менше 95%).

Таблиця 4. Показники водного дефіциту в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у вологий період вегетації, %

Table 4. Indicators of water deficit in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the wet growing season, %

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	6,33	0,0603	0,951744	0,0348
<i>Ch. Japonica</i>	10,44	0,2875	2,754330	0,1660
<i>Ch. x californica</i>	10,36	0,1680	1,622410	0,0970
<i>Ch. x superba</i>	18,24	0,1234	0,676540	0,0713
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	8,81	0,1904	2,161440	0,1099
<i>Ch. Spesiosa</i>	9,25	0,0757	0,818287	0,0437
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	8,14	0,0854	1,04963	0,0493
<i>B. amurensis</i>	8,81	0,0954	1,08279	0,0551
<i>B. koreana</i>	8,78	0,0917	1,04387	0,0529
<i>B. vulgaris</i>	15,15	0,1735	1,14517	0,1002
<i>B. canadensis</i>	10,16	0,0551	0,542262	0,0318

Для оцінки біологічної цінності плодів різних видів родів *Berberis* L. та *Chaenomeles* Lindl. з'ясували їх загальну антиоксидантну здатність за вмістом еквівалентів аскорбінової кислоти (Табл. 5). Установлено, що серед плодів рослин роду *Berberis* L. найвищі антиоксидантні властивості притаманні видам *B. koreana* та *B. x declinata*, серед роду *Chaenomeles* Lindl. виділяються види *C. cathayensis* та *C. x californica*.

Таблиця 5. Загальна антиоксидантна здатність у плодів рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L., мг еквівалентів аскорбінової кислоти /г сухої ваги

Table 5. Total antioxidant capacity in the plants' fruits of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L., mg equivalents of ascorbic acid /g dry weight

Вид	Загальна антиоксидантна здатність, мг еквівалентів аскорбінової кислоти /г сухої ваги
Рід <i>Berberis</i> L.	
<i>B. vulgaris</i>	7.6 ± 0.39
<i>B. amurensis</i>	7.1 ± 0.54
<i>B. canadensis</i>	5.0 ± 0.41
<i>B. koreana</i>	9.6 ± 0.56
<i>B. x declinata</i>	8.6 ± 0.50
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.	
<i>C. speciosa</i>	565.8 ± 15.7
<i>C. cathayensis</i>	1121.7 ± 27.5
<i>C. japonica</i>	885.6 ± 19.5
<i>C. japonica</i> var. <i>maulei</i>	872.3 ± 21.9
<i>C. x superba</i>	784.8 ± 16.8
<i>C. x californica</i>	937.7 ± 22.3

Висновки. Реакція інтродукованих видів рослин родів *Chaenomeles* Lindl. і *Berberis* L. на рівень вологи у степовому регіоні підтвердила універсальний механізм адаптації рослин до аридних умов. Оскільки для цих видів відмічений помірний водний дефіцит у посушливих умовах, що визначає їх високу стійкість до кліматичних умов степового Придніпров'я, вони можуть бути рекомендованими для інтродукції в сільськогосподарське та індивідуальне садівництво з метою отримання біологічно цінної сировини.

Reference

1. Aliakbarlu, J., Ghiasi, S., & Bazargani-Gilani, B. (2018). Effect of extraction conditions on antioxidant activity of barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruit extracts. *Veterinary Research Forum*, 9 (4), 361–365. <https://doi.org/10.30466/vrf.2018.33090>

2. Andola, H. C., Gaira, K. S., Rawal, R. S., Rawat, M. S., & Bhatt, I. D. (2010). Habitat-dependent variations in berberine content of *Berberis asiatica* Roxb. ex. DC. in Kumaon, Western Himalaya. *Chemistry & Biodiversity*, 7 (2), 415–420. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200900041>
3. Andrusevich, K. V., Nazarenko, M. M., Lykholat, T. Yu., & Grigoryuk, I. P. (2018). Effect of traditional agriculture technology on communities of soil invertebrates. *Ukrainian journal of Ecology*, 8 (1), 33–40. https://doi.org/10.15421/2017_184
4. Balfagón, D., Zandalinas, S. I., Baliño, P., Muriach, M., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Involvement of ascorbate peroxidase and heat shock proteins on citrus tolerance to combined conditions of drought and high temperatures. *Plant Physiology and Biochemistry*, 127, 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.03.029>
5. Beecher, G. R. (2003). Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *The Journal of Nutrition*, 133 (10), 3248–3254. <https://doi.org/10.1093/jn/133.10.3248S>
6. Blum, A. (2017). Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant Cell and Environment*, 40, 4–10. <https://doi.org/10.1111/pce.12800>
7. Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90 (5), 856–867. <https://doi.org/10.1111/tbj.13299>
8. Di, D. L., Liu, Y. W., Ma, Z. G., & Jiang, S. X. (2003). Determination of four alkaloids in *Berberis* plants by HPLC. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi [China Journal of Chinese Materia]*, 28 (12), 1132–1134.
9. Dimitrijević, M. V., Mitić, V. D., Ranković, G. Ž., & Miladinović, D. L. (2019). Survey of antioxidant properties of barberry: a chemical and chemometric approach. *Analytical Letters*, 53 (5), 671–682. <https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1663862>
10. Gowayed, S. M. H., Al-Zahrani, H. S. M., & Metwali, E. M. R. (2017). Improving the salinity tolerance in potato (*Solanum tuberosum*) by exogenous application of silicon dioxide nanoparticles. *International journal of agriculture & biology*, 19 (1), 183–192 <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.02>
11. Guo, Y. Y., Tian, S. S., Liu, S. S., Wang, W. Q., & Sui, N. (2018). Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of

- sweet sorghum under drought stress. *Photosynthetica*, 56 (3), 861–872. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0741-0>
12. He, F., Sheng, M., & Tang, M. (2017). Effects of *Rhizophagus irregularis* on photosynthesis and antioxidative enzymatic system in *Robinia pseudoacacia* L. under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 183. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00183>
 13. Huang, W. Y., Cai, Y. Z., & Zhang, Y. (2010). Natural phenolic compounds—from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 62 (1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/0163558090319158>
 14. Klymenko, S. V., Brindza, J., & Grygorieva, O. V. (2015). Pervaya mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya na temu “Netraditsionnyie, novyie i zabyityie vidyi rasteniy: nauchnyie i prakticheskie aspektyi kultivirovaniya” [First international scientific conference “Non-traditional, new and forgotten species: scientific and practical aspects of cultivation”]. *IntroduktsIya roslin [Plant Introduction]*, 1, 38–44. (in Russian).
 15. Kohno, N. A., & Kurdyuk, A. M. (2010). *Teoreticheskie osnovy i opyt introduktsii drevesnyih rasteniy v Ukraine. [Theoretical bases and experience of introduction of arboreal plants are in Ukraine]*. PP Format. (in Russian).
 16. Kosová, K., Vítámvás, P., Urban, M. O., Prášil, I. T., & Renaut, J. (2018). Plant abiotic stress proteomics: the major factors determining alterations in cellular proteome. *Frontiers in Plant Science*, 9, 122. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00122>
 17. Laxa, M., Liebthal, M., Telman, W., Chibani, K., & Dietz, K. J. (2019). The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. *Antioxidants*, 8 (94), 1–32. <https://doi.org/10.3390/antiox8040094>
 18. Lykholat, T. Yu., Lykholat, O. A., Marenkov, O. M., Kulbachko, Yu. L., Kovalenko, I. M., & Didur, O. O. (2019). Xeneostrogenes influence on cholinergic regulation in female rats of different age. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 240–243.
 19. Lykholat, Y. V., Khromykh, N. O., Lykholat, T. Y., Didur, O. O., Lykholat, O. A., Legostaeva, T. V., Kabar, A. M., Sklyar, T. V., Savosko, V. M., Kovalenko, I. M., Davydov, V. R., Bielyk, Yu. V., Volyanik, K. O., Onopa, A. V., Dudkina, K. A., & Grygoryuk, I. P. (2019). Industrial characteristics and consumer properties of *Chaenomeles* Lindl. Fruits. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3). 132–137.

20. Lykholat, Y., Khromykh, N., Didur, O., Alexeyeva, A., Lykholat, T., & Davydov, V. (2018). Modeling the invasiveness of *Ulmus pumila* in urban ecosystems under climate change. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (2), 161–166. <https://doi.org/10.15421/021824>
21. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., & Alexeyeva, A. A. (2019). Stan invaziinosti *Ulmus Pumila* L. v urboekosystemi za klimatychnykh zmin [Condition of invasiveness of *Ulmus pumila* L. in urboecosystem because of climatic changes]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 7–21. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2525> (in Ukrainian).
22. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., Ivan'ko, I. A., Matyukha, V. L., Kravets, S. S., Didur, O. O., Alexeyeva, A. A., & Shupranova, L. V. (2017). Assessment and prediction of the invasiveness of some alien plants in conditions of climate change in the steppe Dnieper region. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 52–59. <https://doi.org/10.15421/011708>
23. Mezhenyskyi, V. M. (2004). Sklad i vykorystannia kolektsii netradytsiinykh plodovykh kultur. 1. Khenomeles (*Shaenomeles* Lindl.) [Composition and use of a collection of unconventional fruit crops. 1. Cenomeles]. *Henetychni resursy rosllyn [Genetic resources of plants]*, 1, 123–127. (in Ukrainian).
24. Mezhenyskyi, V. M., Kostenko, N. P., Likar, S. P., & Dushar, M. B. (2019). Rozroblennia novoi metodyky provedennia ekspertyzy sortiv yaponskoi aivy (*Chaenomeles* Lindl.) na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist [Development of new guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Japanese quince (*Chaenomeles* Lindl.) cultivars]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15 (4), 337–353. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188507> (in Ukrainian).
25. Orhan, I. E. (2012). Current concepts on selected plant secondary metabolites with promising inhibitory effects against enzymes linked to Alzheimer's disease. *Current Medicinal Chemistry*, 19 (14), 2252–2261. <https://doi.org/10.2174/092986712800229032>
26. Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., & Giannakoula, A. (2012). Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.07.014>
27. Ros, J. M., Laencina, J., Hellin, P., Jordán, M. J., Vila, R., & Rumpunen, K. (2004). Characterization of juice in fruits of different

- Chaenomeles species. *Food Science and Technology*, 37 (3), 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.005>
28. Rosalie, R., Joasc, J., Deytieux-Belleau, C., Vulcain, E., Payet, B., Dufosse, L., & Lechaudel, M. (2015). Antioxidant and enzymatic responses to oxidative stress induced by pre-harvest water supply reduction and ripening on mango (*Mangifera indica* L. cv. ‘Cogshall’) in relation to carotenoid content. *Journal of Plant Physiology*, 184, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.05.019>
29. Sahan, Y., Cansev, A., Celik, A., & Cinar, A. (2012). Determination of various chemical properties, total phenolic content, antioxidant capacity and organic acids in *Laurocerasus officinalis* fruits. *Acta Horticulturae*, 939, 359–366. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.939.47>
30. Savosko, V. M. (2011). *Melioraciya ta fitorekultyvaciya zemel [Land melioration and phyreclamation]*. Dionis. (in Ukrainian).
31. Savosko, V. M., Lykholat, Y. V., Bielyk, Yu. V., & Lykholat, T. Y. (2019). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28 (4), 738–746. <https://doi.org/10.15421/111969>
32. Savosko, V., Lykholat, Yu., Domshyna, K., & Lykholat, T. (2018). Ekolohichna ta heolohichna zumovlenist poshyrennia derev i chaharnykv na devastovanykh zemliakh Kryvorizhzhia [Ecological and geological determination of trees and shrubs’ dispersal on the devastated lands at Kryvorizhzhia]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (1), 116–130. <https://doi.org/10.15421/111837> (in Ukrainian).
33. Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203, 32–43. <https://doi.org/10.1111/nph.12797>
34. Tschapinski, T. J., Abraham, P. E., Jawdy, S. S., Gunter, L. E., Martin, M. Z., Engle, N. L., Yang, X., & Tuskan, G. A. (2019). The nature of the progression of drought stress drives differential metabolomic responses in *Populus deltoids*. *Annals of Botany*, 124 (4), 617–626. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz002>
35. Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D., & Mattivi, F. (2004). Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (21), 6532–6538. <https://doi.org/10.1021/jf049317z>

36. Zaitseva, I. O., & Dolhova, L. H. (2010). *Fizioloho-biokhimichni osnovy introduktsii derevnykh roslyn u stepovomu Prydniprovi [Physiological and biochemical foundations of the introduction of woody plants in the Steppe Dnieper]*. Publishing House Dnipropetrovsk National University. (in Ukrainian).
37. Zandalinas, S. I., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2017). Modulation of antioxidant defense system is associated with combined drought and heat stress tolerance in Citrus. *Frontiers in Plant Science*, 8, 953. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00953>
38. Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 62 (1), 2–12. <https://doi.org/10.1111/ppl.12540>
39. Zhang, H., Ni, Z., Chen, Q., Guo, Z., Gao, W., Su, X., & Qu, Y. (2016). Proteomic responses of drought-tolerant and drought-sensitive cotton varieties to drought stress. *Molecular & General Genetics*, 291 (3), 1293–303. <https://doi.org/10.1007/s00438-016-1188-x>
40. Zhang, J. Y., Cruz de Carvalho, M. H., Torres-Jerez, I., Kang, Y., Allen, S. N., Huhman, D. V., Tang, Y., Murray, J., Sumner, L. W., & Udvardi, M. K. (2014). Global reprogramming of transcription and metabolism in *Medicago truncatula* during progressive drought and after rewatering. *Plant, Cell & Environment*, 37 (11), 2553–2576. <https://doi.org/10.1111/pce.12328>

**PECULIARITIES OF WATER EXCHANGE PROCESSES OF
NON-TRADITIONAL LOW-WIDE FRUIT PLANTS IN
CONDITIONS STEP PRYDNIPROVYA AS THE CRITERIA
FOR PRODUCT WITH HIGH BIOLOGICAL VALUE
EXTENSION**

Yu. V. Lykholat¹, N. O. Khromykh¹, A. A. Alexeeva¹, T. Y. Lykholat¹,
O. A. Lykholat², O. V. Vishnikina², V. R. Davydov¹, R. Ye. Yefanov¹,
I. P. Grygoryuk³

¹ – Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

² – University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine

³ – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Abstract. In the steppe zone of Ukraine, the use of unconventional low-abundant fruit plants in urban phytocenoses has recently become widespread. However, a small number of species, including natural and hybrid species of the *Chaenomeles* Lindl and *Berberis* L. genera have been introduced in the steppe Prydniprovia region. The continental climate of the region may have an

unequally favorable effect on all introduced plant species, even within the genus. Since the optimal conditions for growth and development of *Chaenomeles* and *Berberis* species depend on many factors, first of all, the water regime, it is important to study the features of plant water exchange processes that can characterize the adaptation of these species to the difficult climatic conditions of southeastern Ukraine.

The rates of transpiration and water deficiency in leaves of five species of barberry and six species of hennemeles were determined. The total antioxidant capacity of the fruit was also determined. To compare sample averages, the criterion of a significantly significant difference in Tukey's group averages was used. The response of introduced plants of the *Chaenomeles* and *Berberis* genera to the moisture level in the steppe region confirmed the plant universal adaptive mechanism to arid conditions. As these species are characterized by moderate water deficit in arid conditions, which determines their high resistance to the climatic conditions of the Steppe Prydniprovyia, they may be recommended for introduction into agricultural and individual gardening for the purpose of obtaining biologically valuable raw materials for industrial production of functional products and expanding the range of fruit products for homeowners.

In general, the reaction of introduced plant species of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. on the level of moisture in the steppe region confirmed the universal mechanism of adaptation of plants to arid conditions. As these species have a moderate water deficit in arid conditions, which determines their high resistance to the climatic conditions of the Steppe Prydniprovyia, they can be recommended for introduction into agricultural and individual horticulture in order to obtain biologically valuable raw materials.

Keywords: water exchange, water deficiency, general antioxidant capacity of fruits, unconventional fruit crops.

Citation as:

Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., Alexeeva, A. A., Lykholat, T. Y., Lykholat, O. A., Vishnikina, O. V., Davydov, V. R., Yefanov, R. Ye., & Grygoryuk, I. P. (2020). Osoblyvosti vodoobminnykh protsesiv netradytsiinykh maloposhyrenykh plodovykh roslyn v umovakh Stepovoho Prydniprovia yak kryterii rozshyrennia asortymentu produktsii z vysokoju biolohichnoiu tsinnistiu [Peculiarities of water exchange processes of non-traditional low-wide fruit plants in conditions Step Prydniprovyia as the criteria for product with high biological value extension]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia* [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District], 5, 112–126. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4358>

АРА

Лихолат Ю. В., Хроміх Н. О., Алексеева А. А., Лихолат Т. Ю., Лихолат О. А., Вишнікіна О. В., Давидов В. Р., Єфанов Р. Є., Григорюк І. П. Особливості водообмінних процесів нетрадиційних малопоширених плодкових рослин в умовах Степового Придніпров'я як критерій розширення асортименту продукції з високою біологічною цінністю. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 112–126.

**ДСТУ
8302:2015**