

МІНЛИВІСТЬ АНАТОМІЧНОЇ БУДОВИ ПАГОНІВ ВИДІВ РОДІВ *SEDUM* L. ТА *HYLOTELEPHIUM* H. ОНВА ЗА РІЗНОГО РІВНЯ ОСВІТЛЕННЯ

Т.Ф. Чипиляк, О.О. Лінкевич

Криворізький ботанічний сад НАН України (м. Кривий Ріг, Україна)

e-mail: chipiljak@i.ua; ORCID: 0000-0003-2193-5350

e-mail: alonalinkevich@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1180-7534

Проведені дослідження видів родів *Sedum* і *Hylotelephium*, які в умовах степової зони України виявляли широкі межі пластичності і є неможливими у вирощуванні. Визначали особливості анатомічної будови пагонів *Hylotelephium ewersii*, *H. spectabile*, *Sedum album*, *S. reflexum* та *S. spurium*, а також у відкритому ґрунті — в умовах різного рівня освітлення: контрольна ділянка — повне освітлення (в сонячний день 39 000–56 500 люкс), тіньова ділянка (в сонячний день 2 500–3 500 люкс). Дослідження рослинних тканин проводили наприкінці травня і наприкінці вересня на бінокулярному мікроскопі XSP-139TP (Китай). Досліджені види об'єднує наявність: корку (*H. ewersii*, *S. spurium*) або кутикули; перидерми; паренхіми; провідної системи; серцевини. Види характеризуються наявністю клітин з антоціанами. Будова провідної системи є видоспецифічною. У видів роду *Hylotelephium* вона представлена майже суцільним тонким кільцем ксилеми і широким кільцем флоеми. У видів роду *Sedum* ксилема формується в 2,4 рази, у *S. album* і *S. reflexum* — достовірно не відрізнялася від сонячних умов. За вирощування рослин в умовах тіні впродовж сезонного розвитку (з травня по вересень) зафіксовано збільшення розмірів покривних тканин у *H. ewersii* і *H. spectabile*, тоді як у *S. album* і *S. spurium* — їх розміри зменшувалися. Результати досліджень будуть сприяти визначенню рівня життєвості видів в урболандшафтах міст Степу України, що на регіональному рівні дасть можливість розробити шляхи підвищення стійкості рослин та збільшити фіторізноманіття за рахунок нових швидкорозростаючих, толерантних до антропогенних впливів видів.

Ключові слова: декоративні очитки, анатомія, вегетативна сфера, світло, тінь.

ВСТУП

Дослідження взаємозв'язків рослин із навколишнім середовищем та їх адаптації до умов існування є особливо актуальним за поєднання негативних наслідків урбанізації і кліматичних змін, що особливо гостро проявляються у великих промислових містах степової зони України. Глобальні зміни клімату, які в цих регіонах пов'язані з підвищенням температур і тривалими посухами, нерідко створюють стресові умови для розвитку багатьох видів рослин [1; 2]. Їх виживання, у відповідь на коливання природних та антропогенних чинників, зумовлено пластичністю рослинного організму, а зміни, які відбуваються

на різних рівнях будови особини носять пристосувальний характер, спрямовані на стабілізацію онтогенетичного розвитку і є переважно фенотипічними [3].

У такому великому місті, як Кривий Ріг, розташованого в одному з найбільших промислових регіонів країни, важливо оновлення асортименту трав'янистих декоративних рослин з урахуванням значного рівня техногенного напруження, що призводить до зниження життєвого рівня та погіршення декоративних характеристик використовуваних видів і культиварів. Особливі проблеми з вибором рослин виникають за реконструкції старих паркових насаджень міста, оскільки на їх територіях, окрім забруднення повітря, рослини за-

знають негативного впливу через затінення та недостатнє зволоження [4]. Натомисть відбір малопоширених у культурі трав'янистих декоративних багаторічних рослин необхідно здійснювати на основі наукового прогнозування їх адаптаційної спроможності та життєздатності в урболандшафтах степової зони України [2; 3]. Різномісність дослідження біології рослин на регіональному рівні дасть можливість розробити шляхи підвищення стійкості рослин та збільшити фіторізноманіття за рахунок нових швидкозростаючих, толерантних до антропогенних впливів видів. Окрім того, результати таких досліджень дають змогу окреслити практичні заходи, спрямовані на зменшення негативного впливу кліматичних змін на функціонування штучних рослинних угруповань.

Використання рослин на затіненій території, значною кількістю яких відрізняються старі парки міста, варто здійснювати насамперед за умов попереднього вивчення їх розвитку за недостатнього освітлення. Такі дослідження у степовій зоні України до цього часу не проводилося. Тому в межах науково-дослідної теми «Життєздатність, декоративність малопоширених багаторічників та їх використання для оптимізації урболандшафтів степової зони України» (05540072.33) було розпочато комплексне дослідження малопоширених у культур-фітоценозах Кривого Рогу представників родів *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba, які за інтродукції в нашому регіоні виявляють широкі межі пластичності [5; 6].

Отже, **мета роботи** — з'ясувати особливості анатомічної будови пагонів окремих видів родів *Hylotelephium* H. Ohba та *Sedum* L. в умовах різного рівня освітленості впродовж сезонного розвитку за інтродукції в Криворізькому ботанічному саду НАН України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

За попередніми дослідженнями [7–9] значна частина представників родини *Crassulaceae* J.St.-Hil. є поліфункціональними багаторічними рослинами, які невимогливі

до умов вирощування. Завдяки роботі селекціонерів роду *Sedum* L., *Hylotelephium* H. Ohba та *Sempervivum* L. поповнилися значною кількістю сортів та форм [10], частина з яких інтродукована на території України, де їх вивченню приділяється значна увага — В.І. Березкіною досліджені біологічні особливості видів роду *Sedum* L. та перспективи їх використання в Україні, а П.М. Воробей з співавт. [11; 12] вивчали анатомічну структуру представників родини *Crassulaceae*. Проведені різнопланові дослідження представників родини дали змогу виявити загальні ознаки анатомічної будови листків, стеблової частини представників роду *Sedum* L. Так, Н.А. Кириленко [13] розкрив таксономічне та еволюційне значення особливостей анатомо-морфологічної будови, а саме будову провідної системи, наявність трихом на поверхні епідерми, вміст та локалізація антоціанових пігментів та крохмальних зерен. Л. Маргітай [14] наводив дані про вміст фотосинтезувальних пігментів у листках рослин родів *Sedum* L. і *Crassula* L. та визначав низький вміст хлорофілів, який свідчить про те, що нормальний ріст і морфогенез представників родини здебільшого потребують доволі високого рівня освітленості.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єктами дослідження були рослини *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Hylotelephium spectabile* (Boreau) H. Ohba, *Sedum album* L., *Sedum reflexum* L. та *Sedum spurium* M. Bieb. Дослідження здійснювалися на дослідних ділянках Криворізького ботанічного саду НАН України (далі — КБС), де кліматичні умови є характерними для степової зони, зокрема нестача вологи в повітрі і ґрунті, високі літні температури повітря. За останні 30 років середньорічна температура повітря на Криворіжжі підвищилася і сягає +10,0...+11,5°C (у 1987 р. — +8,5°C). Влітку фіксуються високі добові температури повітря (+36,7...+38,1°C), часті суховії. Річна сума опадів становить 350–450 мм, до того ж упродовж

літа баланс зволоження відзначається дефіцитом — за вегетаційний період випадає лише 100–150 мм опадів [15].

Оскільки досліджувані види відносяться до світлолюбних рослин, нами були закладені ділянки вирощування з різним рівнем освітлення: добре освітлене місце зростання (контрольна ділянка) — рівень освітленості в обідню пору коливався в межах 39 000–56 500 люкс в ясну погоду і 14 500–23 500 люкс у похмурий день; тіньова ділянка — рівень освітленості в обідню пору в ясну погоду сягав 2 500–3 500 люкс, а в похмурий день — 1 200–2 000 люкс. Дослідження проводили у два етапи: наприкінці травня (середньомісячна температура повітря 16,7°C, місячна сума опадів 33,8 мм) та наприкінці вересня (19,5°C та 2,4 мм) [16]. Було використано по 5 особин кожного виду, які вирощувалися у відкритому ґрунті (чорнозем звичайний) за природного рівня вологозабезпечення.

Матеріалом для досліджень слугували препарати однорічних пагонів відібраних із середнього ярусу особини. Тимчасові препарати виготовлялися небезпечною бритвою від руки [17]. Мікроскопічні дослідження робили на бінокулярному мікроскопі XSP-139TP (Китай). Фотографії виконували цифровим фотоапаратом Canon (EOS 350D) встановленому на мікроскопі. Виміри проводились із використанням програми AxioVision 8.0 (Carl Zeiss). Для розрахунку статистичних показників ознак об'єм вибірок становив 50 вимірів для кожної. Статистичну обробку даних здійснювали методами параметричної статистики [18]. Статистичну достовірність різниці між середніми значеннями у вибірках було встановлено на рівні $p < 0,05$, з обрахуванням дисперсії та критерію Стюдента.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

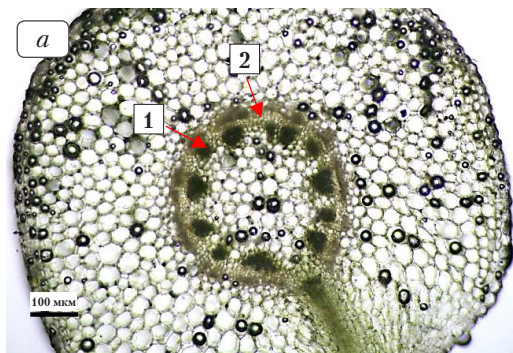
Дослідження анатомічної будови пагону видів родів *Hylotelephium* та *Sedum* за інтродукції в КБС показало, що пагін рослин складається з основних елементів — первинної кори, шару кутикули, перидерми, паренхіми, яка виконує фотосинтетич-

ну і водозапасну функцію, провідної системи та великокліткової серцевини. Однак аналіз отриманих результатів доводить, що очитки відрізнялися особливостями анатомічної будови пагона.

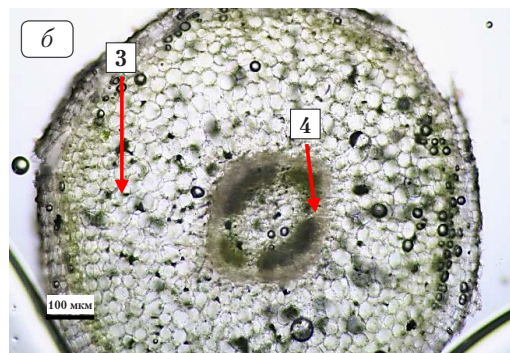
Визначено, що, у рослин *Hylotelephium ewersii* пагін, вкритий багат шаровим шаром корку, під яким формується дво-тришарова перидерма, тоді як поверхня пагона у *H. spectabile* вкрита шаром кутикули і двошаровою перидермою. Паренхімна частина пагона у цих видів слабо диференційована і складається з 5–6 шарів округлих хлорофілоносних клітин різного розміру. Значну частину пагона займає провідна система, яка містить 6–7 (*H. spectabile*) або 6–10 (*H. ewersii*) пучків (променів) ксилеми у вигляді тонкого майже суцільного кільця та зону флоєми, яка утворює суцільне широке кільце з тонких судин (рис.).

Для видів характерна наявність одношарового кільця клітин з антоціанами навколо провідного пучка. Серцевина заповнена хлорофілоносними клітинами різного розміру. За інтродукції в КБС наприкінці вегетаційного сезону в пагонах у серцевині утворюється повітряна пустота та збільшується кількість антоціанів, які зустрічаються не тільки навколо провідної системи, а і в паренхімі. За даними дослідників, їх наявність пов'язана з посиленням захисних функцій організму, завдяки чому забезпечується захист рослини від ушкоджень, викликаних УФ-променями та холодового стресу [19].

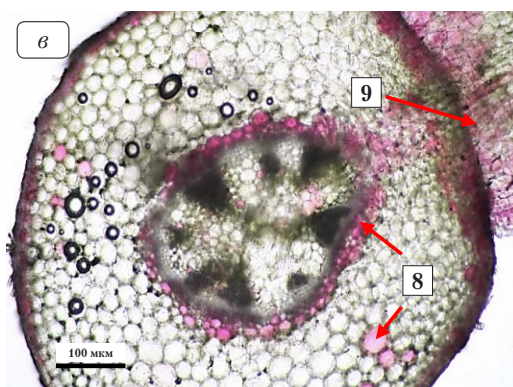
Аналіз кількісних показників анатомічної будови пагона *H. ewersii* впродовж сезонного розвитку показав, що на сонячній ділянці до кінця вересня, відносно травня, в рослинах виду збільшувалися розміри корку в 1,8 раза, перидерми у 2,4 раза та паренхіми у 1,5 раза (табл.). Хочемо відзначити, що перидерма наприкінці сезонного розвитку потовщувалася за рахунок зростання кількості клітинних шарів (до чотирьох), а у клітинах серцевини зменшувалася кількість хлоропластів і клітини переважно виконували водозапасні функції.



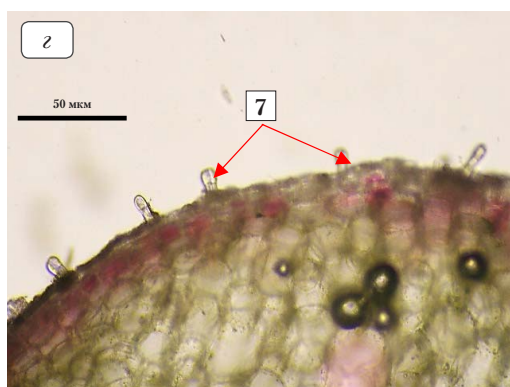
Sedum reflexum L.



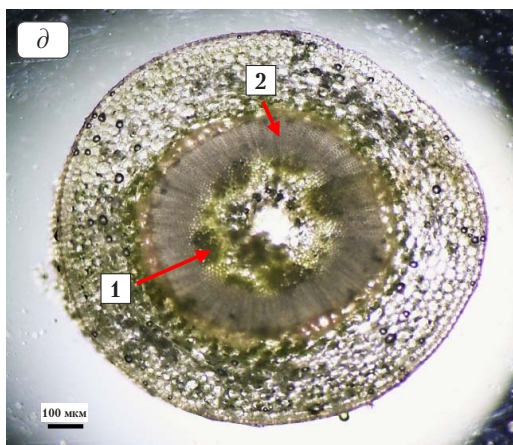
Sedum spurium M. Bieb.



Sedum album L.



Sedum album L.



Hylotelephium spectabile (Boreau) H. Ohba



Hylotelephium ewersii (Ledeb.) H. Ohba

Анатомічна будова пагона рослин видів родів *Hylotelephium* H. Ohba і *Sedum* L. в умовах повного освітлення за інтродукції в Криворізькому ботанічному саду НАН України

Примітки: 1 – ксилема (а, д); 2 – флоема (а, д); 3 – паренхіма (б); 4 – провідний пучок (б); 5 – перидерма (е); 6 – корок (е); 7 – трихоми (г); 8 – клітини з включенням антоціану (в); 9 – місце утворення листової бруньки (в).

Кількісні показники анатомічної будови пагонів рослин видів родів *Hylotelephium* H. Ohba і *Sedum* L. за різного рівня освітленості за інтродукції в Криворізькому ботанічному саду НАН України

Ділянка <i>Світло</i> — в ясну погоду 39 000—56 500 люкс. <i>Тінь</i> — в ясну погоду 2 500—3 500 люкс	Перша декада травня				Остання декада вересня			
	товщина кутикули корку, мкм	товщина перидерми, мкм кількість шарів, шт.	товщина паренхіми, мкм	кількість пучків ксилеми, шт.	товщина кутикули корку, мкм	товщина перидерми, мкм кількість шарів, шт.	товщина паренхіми, мкм	кількість пучків ксилеми, шт.
<i>Hylotelephium ewersii</i> (Ledeb.) H. Ohba								
Світло	$\frac{0}{14,63 \pm 0,21}$	$\frac{27,04 \pm 0,33}{3,0 \pm 1,0}$	$167,05 \pm 3,61$	$4,2 \pm 1,8$	$\frac{0}{25,75 \pm 2,05}$	$\frac{64,25 \pm 0,95}{4,4 \pm 0,6}$	$257,35 \pm 5,47$	$4,6 \pm 1,3$
Тінь	$\frac{0}{5,32 \pm 0,72^*}$	$\frac{20,22 \pm 0,15^*}{2,3 \pm 0,7}$	$134,97 \pm 1,08^*$	$10,2 \pm 0,9^*$	$\frac{0}{8,51 \pm 0,64^*}$	$\frac{25,11 \pm 3,01^*}{2,0 \pm 1,0}$	$190,45 \pm 3,58^*$	$10,5 \pm 1,5^*$
<i>Hylotelephium spectabile</i> (Boreau) H. Ohba								
Світло	$\frac{8,54 \pm 0,57}{0}$	$\frac{38,05 \pm 4,13}{2,1 \pm 0,8}$	$351,42 \pm 13,21$	$7,3 \pm 0,7$	$\frac{6,21 \pm 0,34}{0}$	$\frac{34,68 \pm 2,13}{2,0 \pm 1,0}$	$278,78 \pm 9,14$	$6,6 \pm 0,4$
Тінь	$\frac{4,9 \pm 1,05^*}{0}$	$\frac{12,56 \pm 0,67^*}{1,7 \pm 0,3}$	$324,98 \pm 9,57$	$4,7 \pm 1,2^*$	$\frac{7,28 \pm 2,31}{0}$	$\frac{40,02 \pm 4,36}{2,5 \pm 0,5}$	$249,9 \pm 6,52^*$	$8,1 \pm 0,8$
<i>Sedum album</i> L.								
Світло	$\frac{7,18 \pm 0,24}{0}$	$\frac{19,74 \pm 1,33}{2,3 \pm 0,7}$	$309,83 \pm 0,56$	$8,3 \pm 0,7$	$\frac{8,66 \pm 0,32}{0}$	$\frac{21,63 \pm 3,19}{2,2 \pm 0,8}$	$202,98 \pm 2,78$	$7,5 \pm 1,5$
Тінь	$\frac{6,52 \pm 0,59}{0}$	$\frac{15,2 \pm 0,84^*}{1,5 \pm 0,5}$	$181,98 \pm 3,28^*$	$9,5 \pm 2,5$	$\frac{6,53 \pm 0,45^*}{0}$	$\frac{11,67 \pm 0,81^*}{1,5 \pm 0,4}$	$187,29 \pm 2,79^*$	$8,6 \pm 1,4$
<i>Sedum spurium</i> M. Bieb.								
Світло	$\frac{0}{16,35 \pm 1,63}$	$\frac{39,31 \pm 2,44}{3,4 \pm 1,6}$	$265,21 \pm 7,16$	$8,0 \pm 0,0$	$\frac{0}{10,73 \pm 0,32}$	$\frac{19,01 \pm 4,05}{2,3 \pm 0,7}$	$312,58 \pm 11,47$	$7,5 \pm 1,5$
Тінь	$\frac{0}{7,13 \pm 2,11^*}$	$\frac{33,15 \pm 4,62}{3,4 \pm 1,3}$	$266,65 \pm 2,66$	$4,3 \pm 0,7^*$	$\frac{0}{9,39 \pm 0,95}$	$\frac{19,81 \pm 0,46}{2,1 \pm 1,0}$	$244,56 \pm 13,07^*$	$4,0 \pm 1,9^*$
<i>Sedum reflexum</i> L.								
Світло	$\frac{6,42 \pm 0,52}{0}$	$\frac{20,67 \pm 0,43}{2,5 \pm 0,5}$	$283,49 \pm 1,84$	$11,6 \pm 0,5$	$\frac{11,24 \pm 0,15}{0}$	$\frac{32,76 \pm 1,28}{3,1 \pm 0,6}$	$303,82 \pm 5,64$	$12,0 \pm 0,3$
Тінь	$\frac{6,15 \pm 0,31}{0}$	$\frac{19,67 \pm 2,86}{2,3 \pm 0,6}$	$293,13 \pm 4,89$	$10,3 \pm 0,7$	$\frac{3,52 \pm 0,47^*}{0}$	$\frac{30,15 \pm 3,54}{2,8 \pm 0,3}$	$284,03 \pm 6,11^*$	$10,5 \pm 0,5^*$

Примітка. * — показники достовірно відрізняються з контролем на рівні $p < 0,05$.

В умовах тіньового розвитку впродовж вегетаційного періоду спостерігали аналогічні тенденції розвитку рослин *H. ewersii*, тобто збільшення розмірів корку, перидерми та паренхіми, але з меншою інтенсивністю — перидерми тільки в 1,2 раза. Порівняння абсолютних кількісних показників будови пагона засвідчило, що у рослин цього виду в умовах тіні вони були значно менше, ніж на сонячних ділянках. До того ж вони зменшувалися з травня до вересня, а найінтенсивніше товщина перидерми — у травні вона становила 74,8% на контролі, у вересні — лише 39,1%. Натомість кількість пучків ксилеми в тіні була більшою, ніж на сонячних ділянках, як у травні, так і вересні — в 2,4 раза і 2,3 раза відповідно. На нашу думку, це можна пояснити походженням виду [20], який є світлолюбним мезоксерофітом, росте у верхньому поясі гір, прибережних пісках, а значна кількість судин ксилеми сприяє ефективнішому перерозподілу і використанню води рослиною на затінених ділянках, де ґрунт, зазвичай, недостатньо зволожений.

Аналіз показників анатомічної будови пагона рослин *H. spectabile* за вирощування за різного рівня освітленості виявив, що відбувалися їх різноспрямовані зміни. Так, на сонячній ділянці з травня по вересень зафіксовано зменшення розмірів кутикули та паренхіми у 1,4 раза і 1,2 раза відповідно, до того ж товщина перидерми та кількість пучків ксилеми достовірно не змінювалися (див. *табл.*).

На тіньових ділянках встановлено значне збільшення товщини кутикули (у 1,5 раза) і перидерми (у 3,2 раза) та кількості пучків ксилеми (у 1,7 раза). З'ясовано також, що наприкінці вересня показники будови пагона *H. spectabile* за абсолютними розмірами в тіні перевищували таки на сонці — товщина кутикули в 1,2 раза, кількості пучків ксилеми в 1,3 раза, а товщина перидерми сягала 115,4% від контрольних показників. За літературними даними [21], в природних ареалах вид виявляє себе напівтіньовитривалим і може оселятися на лісових узліссях.

Вивчення видів роду *Sedum* за інтродукції в КБС доводить, що тоді як пагін рослин *S. album* та *S. reflexum* вкритий шаром кутикули, то у *S. spurium* — шаром корку. Крім того, у *S. album* поверхня пагона вкрита булавоподібними волосками — трихомами (див. *рис.*), що сприяє захисту рослин від сильного сонячного опромінення та різких коливань температури характерних для кліматичних умов Степу [22]. У досліджених видів під шаром кутикули/корку наявна дво-тришарова перидерма, а у *S. reflexum* та *S. spurium* значного розміру досягає паренхіма. Провідна система утворена з 10–12 ксилемних променів у *S. reflexum* або з чотирьох ксилемних зон у *S. spurium* (квадрирадіальний пучок), які охоплені тонким флоемним кільцем. Натомість у *S. album* центральна зона складається з 8–10 ксилемних зон променевого типу, розділених флоемними променями. Також вид відрізняється значною кількістю клітин з антоціанами, що особливо помітно в осінній період. Так, виявлені, як окремі включення в паренхімі та клітинах перидерми, так і в клітинах, що кільцем охоплюють провідний пучок. Серцевина пагонів представлена хлорофілоносними клітинами, які варіюють за розміром — від більших у центрі до дрібніших по периметру зони серцевини.

Дослідження кількісних показників анатомічної будови видів роду *Sedum* упродовж вегетаційного сезону за різного освітлення доводить, що відбувалися їх видоспецифічні зміни. На ділянках із достатнім освітленням з травня по вересень у *S. spurium* зафіксовано зменшення товщини корку та перидерми в 1,5 та у 2,1 раза відповідно. Тоді як у *S. album* товщина кутикули збільшувалася в 1,2 раза, а у *S. reflexum* потовщувалася не тільки кутикула у 1,8 раза, а також і перидерма у 1,6 раза (див. *табл.*).

На затінених ділянках у *S. spurium* упродовж сезону також відбувалося зменшення товщини перидерми (у 1,6 раза), тоді як товщина корку достовірно не змінювалася. У рослин *S. reflexum* в тіні, на відміну від сонячної ділянки, зафіксовано зниження

товщини кутикули (у 1,7 раза), але посилення товщини перидерми (у 1,5 раза). В тіньових умовах усі досліджені показники анатомічної будови пагонів, окрім кількості зон ксилеми, у рослин *S. album*, за абсолютною величиною були достовірно меншими. За недостатнього освітлення тільки наприкінці вересня у *S. reflexum* визначено достовірне зменшення, відносно контрольної ділянки, товщини кутикули у 3,2 раза і кількості зон ксилеми у 1,2 раза. Тому, аналіз отриманих результатів мікродослідження пагонів рослин *Hylotelephium ewersii*, *H. spectabile*, *Sedum album*, *S. spurium* і *S. reflexum* свідчить, що можна виділити, як загальні, так і специфічні особливості їх анатомічної будови за вирощування за різного рівня освітлення.

ВИСНОВКИ

Внаслідок вивчення анатомічної будови пагонів, аналізу й узагальненню одержаних результатів, було виявлено, що досліджені види об'єднує наявність основних елементів будови пагона: покривні тканини представлені корком (*H. ewersii*, *S. spurium*) або кутикулою та дво-тришаровою перидермою; паренхімна частина утворена однорідними округлими хлорофільними клітинами різного розміру; провідна система, яка складається з клітин флоєми незначного розміру і судин ксилеми розміщеної радіальними рядами; серцевини нещільно заповненої хлорофілоносними клітинами. Види характеризуються наявністю більшої чи меншої кількості клітин з антоціанами в перидермі, паренхімі і навкруг провідної системи, а рослини *Sedum album* і *S. spurium* відрізняються їх найбільшим вмістом, який зростає наприкінці вегетаційного сезону.

До особливостей можна віднести будову провідної системи. Так, у видів роду *Hylotelephium* вона займає 1/4–1/3 частину від діаметра пагона і представлена майже суцільним тонким кільцем ксилеми і широким кільцем флоєми. Натомість у видів

роду *Sedum* ксилема формується у вигляді окремих променів або зон, які охоплені тонким флоємним кільцем, а у пагоні *S. album* провідна система — це кільце з окремих ділянок ксилеми і флоєми.

Мінливість анатомічної будови пагона за вирощування рослин за різного рівня освітлення переважно виявлялася у зменшенні кількісних показників будови пагона в тіньових умовах розвитку. Так, кількість пучків ксилеми в пагонах *H. ewersii* у тіні в 2,4 раза перевищувала на сонячних ділянках, у *S. album* і *S. reflexum* достовірно не відрізнялася від сонячних умов і тільки у *S. spurium* була меншою майже вдвічі. За вирощування рослин досліджених видів в умовах тіні впродовж сезонного розвитку (з травня по вересень) зафіксовано збільшення розмірів покривних тканин у *H. ewersii* і *H. spectabile*, тоді як у *S. album* і *S. spurium* — їх розміри зменшувалися. З урахуванням того, що досліджені види є світлолюбними, на нашу думку, такі результати підтверджують їх досить високий рівень пластичності, що безумовно пов'язано з різноманіттям екологічних умов, в яких зустрічаються ці види. Особливості та мінливість анатомічної будови пагонів вказують на наявність особливих механізмів виживання рослин в умовах недостатнього освітлення.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень мінливості основних морфолого-анатомічних ознак пагонів *Hylotelephium ewersii*, *H. spectabile*, *Sedum album*, *S. reflexum* і *S. spurium* за вирощування рослин у різних умовах освітленості будуть сприяти визначенню рівня впливу зовнішніх умов на рослини та ступеня життєвості видів в урболандшафтах міста. Комплексне вивчення (фенологічні спостереження, морфологія, анатомія та фізіологія) очитків, які проходять інтродукційне випробування в умовах КБС допоможуть вирішити питання раціонального використання видів і культиварів в умовах культурфітоценозів Степу України.

ЛІТЕРАТУРА

І. Іванюта, С. П., Коломієць, О. О., Малиновська, О. А., & Якушенко, Л. М. (Ред.). (2020). *Зміна клімату:*

наслідки та заходи адаптації: аналітична доповідь. Київ: НІСД.

2. Приходько, М. М. (2013). *Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем: моногр.* Київ: Центр екологічної освіти та інформації.
3. Bano, Ch., Amist, N., Singh, N. B. (2019). Morphological and anatomical modifications of plants for environmental stresses. In: Roychoudhury, A. & Tripathi, D. (Eds.), *Molecular plant abiotic stress: Biology and biotechnology*. John Wiley & Sons (Vol. 2, pp. 29–45). DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119463665.ch2>.
4. Чипиляк, Т. Ф., Зубровська, О. М., & Шоль Г. Н. (2022). *Рослини в урботехногенному середовищі степової зони України*. Київ: Талком.
5. Зубровська, О. М. (2022). Особливості інтродукції видів роду *Sedum* L. в умовах степової зони України. *Екологічні науки*, 5(44), 191–196. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.28>.
6. Зубровська, О. М., & Чипиляк, Т. Ф. (2023). Особливості сезонного розвитку видів родів *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba в умовах Криворіжжя. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*, 6, 60–67. DOI: <https://doi.org/10.18523/2617-4529.2023.6.60-67>.
7. Perez, G., Chocarro, C., Juárez-Escario, A., & Coma, J. (2019). Evaluation of the development of five *Sedum* species on extensive green roofs in a continental Mediterranean climate. *Urban Forestry & Urban Greening*, 48(2), 126566. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126566>.
8. Ji, P., Sæbø, A., Stovin, V., & Hanslin, H. (2018). *Sedum* root foraging in layered green roof substrates. *Plant Soil*, 430, 263–276. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3729-z>.
9. Koźmińska, A., Al Hassan, M., & Wiszniewska, A. (2018). Responses of succulents to drought: Comparative analysis of four *Sedum* (Crassulaceae) species. *Scientia Horticulturae*, 243, 235–242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.028>.
10. Genera of *Crassulaceae* subfam. *Sedoideae*. (2024). United States Department of Agriculture. Germplasm Resources Information Network Available from: (GRIN). URL: <https://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1764>.
11. Березкіна, В. І. (2003). *Біологічні особливості інтродукованих видів роду Sedum L. (Crassulaceae dc.) та перспективи їх використання в Україні*. [Дис. канд. біол. наук.]. Київський національний університет Тараса Шевченка, Ботанічний сад ім. О.В. Фомина, Київ.
12. Воробей, П. М., Футорна, О. А., Ольшанський, І. Г., Жигалова, С. Л., & Безсмертна, О. О. (2020). Мікроморфологічні ознаки (анатомічна структура листків та стебел, ультраструктура насінин) *Sempervivum globiferum* L. *Екологічні науки*, 1(28), 316–323. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.51>.
13. Кириленко, Н. А. (2016). Особливості анатомо-морфологічної будови *Crassulaceae*, їх таксономічне та еволюційне значення. *Вісник Одеського національного університету. Сер.: Біологія*, 20, 1(36), 37–46. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2015.1\(36\).56663](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2015.1(36).56663).
14. Маргітай, Л. (2006). Особливості вмісту фотосинтезуючих пігментів у рослин інтродукованих видів родів *Sedum* L. і *Crassula* L. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Сер.: Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*, 10, 38–40.
15. Паранько, І. С., Казаков, В. Л., Калініченко, О. О., Коцюруба, В. В., & Остапчук, І. О. (2015). *Фізична географія Криворіжжя: монограф. навч. кн. Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов*.
16. Архів погоди: аеропорт м. Кривий Ріг. (2023). URL: <https://www.meteoblue.com/uk/weather/forecast/week>.
17. Панюта, О. О., & Ольхович, О. П. (2007). *Анатомія рослин*. Київ: Либідь.
18. Прилуцький, Ю. І., Ільченко, О. В., Цимбалюк, О. В., & Костерін, С. О. (2017). *Статистичні методи в біології: підруч. для студ. ВНЗ*. Київ: Наукова думка.
19. Tena, N., Martín, J., & Asuero, A.G. (2020). State of the art of anthocyanins: Antioxidant activity, sources, bioavailability, and therapeutic effect in human health. *Antioxidants (Basel)*, 9(5), 451. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox9050451>.
20. Gallo, L., & Zika, P. F. (2014). A taxonomic study of *Sedum* series *Rupestris* (Crassulaceae) naturalized in North America. *Phytotaxa*, 175(1), 19–28. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.175.1.2>.
21. Flora of China. (2024). URL: http://www.efloras.org/flora_page.aspx?flora_id=2.
22. Березкіна, В. (2013). Особливості анатомо-морфологічної будови вегетативних органів видів секції *Sedum* роду *Sedum* L. (Crassulaceae DC.). *Modern Phytomorphology*, 4, 299–301.

Стаття надійшла до редакції журналу 20.11.2024