

УДК 581.4+581.522.4:582.715(477.63)

[https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.2\(55\).320486](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2024.2(55).320486)

О. М. Зубровська, к.б.н., науковий співробітник;

<https://orcid.org/0000-0002-4173-2457>

Т. Ф. Чипиляк, к.б.н., завідувачка відділом;

<https://orcid.org/0000-0003-2193-5350>

Криворізький ботанічний сад НАН України, відділ природної та культурної флори, вул. Ботанічна, 50, м. Кривий Ріг, 50089, Україна
e-mail: zubrovska@ukr.net

ФОРМУВАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ СФЕРИ ВИДІВ РОДІВ *HYLOTELEPHIUM* Н. ОНВА І *SEDUM* L. ЗА РІЗНОГО РІВНЯ ОСВІТЛЕНОСТІ

Вивчені особливості розвитку і росту вегетативної системи видів родів *Hylotelephium* Н. Онва і *Sedum* L. за різного рівня освітленості протягом сезонного розвитку в умовах степової зони України. Вплив тіньових умов зростання на досліджувані види виявлявся у зменшенні галуження пагонів, скороченні довжини однорічних пагонів, кількості листків на них та площі листової поверхні, що призводило до зменшення загального габітусу рослин і зниження рівня декоративності очитків. Зроблено висновки про можливість культивування в тіні *S. album* та *H. spectabile*.

Ключові слова: декоративні очитки, рівень освітленості, система пагонів, листки, сезонний розвиток, степова зона.

На сучасному етапі розвитку суспільства, у зв'язку з постійно зростаючим техногенним навантаженням на довкілля, особливої актуальності набуває вирішення питань його захисту і оздоровлення. На густозаселених, суттєво трансформованих територіях існує необхідність підвищення комфортності середовища існування, для чого створюють території зі значною кількістю рослин, переважна більшість яких представляє культурну урбанofлору і є одним із найефективніших методів оптимізації довкілля [7]. Поліпшити якість структури та декоративність таких насаджень можна шляхом розширення асортименту рослин за рахунок малопоширених в Україні, витривалих та невибагливих у догляді видів [13]. Відбір декоративних рослин необхідно здійснювати на основі наукового прогнозування їх адаптаційної здатності до дії екстремальних чинників [9, 26]. Результати таких досліджень є необхідною умовою раціонального природокористування в регіонах зі значним рівнем техногенного навантаження, до яких відноситься і Криворіжжя (степова зона України) [17]. Центром залізородного конгломерату є місто Кривий Ріг, в якому розміщена значна площа рекреаційних зон (парки, міські сади, бульвари, сквери тощо). Велика кількість у місті саме паркових насаджень – необхідний елемент цілих житлових районів. Парки були закладені багато років тому і з часом, завдяки розрос-

танню деревних насаджень, досить велика їх площа стала затіненою [15]. Для оптимізації та забезпечення стійкості насаджень на цих територіях виникає потреба використання принципу «багатоповерховості», який спостерігається в природних рослинних угрупованнях та забезпечує їм стабільність – верхній ярус для дерев, середній – кущів, нижній – трав'янистих рослин [14]. Значна частина декоративних рослин не витримує тіньових умов розвитку, адже світло відіграє важливу роль у житті рослин як джерело енергії для фотосинтезу і як фактор, регулюючий ростові та формотворчі процеси. Складні умови недостатньо зволжених затінених ділянок витримують небагато багаторічних рослин, тому необхідним є залучення найбільш стійких і достатньо декоративних з них [17]. За попередніми дослідженнями значна частина саме представників родини Crassulaceae J. St.-Nil. є декоративними рослинами, які невимогливі до умов вирощування [1, 4, 6, 11, 18].

Залежно від тривалості і сили впливу різноманітних абіотичних чинників відбуваються перебудови рослинного організму не лише на рівні фізіологічних реакцій, а й його морфологічних структур [22]. Так, на зміну рівня освітленості, найчастіше, рослини реагують збільшенням чи зменшенням індивідуального розміру та величини листкових пластинок, а дефіцит вологи призводить до скорочення кількості листків на рослині й тривалості їх життя [19, 24, 30]. Вивчення морфогенезу окремих органів багаторічних видів рослин, тобто особливостей формування їх вегетативної сфери, дозволить передбачити поведінку рослин та охарактеризувати їх розвиток у певних умовах зростання за стресової дії багатьох чинників [27]. Визначення таких змін, як прояву адаптації інтродуцентів до різних умов вирощування, є важливим питанням інтродукції багаторічних трав'янистих рослин [13].

Зважаючи на вищесказане **мета роботи** полягала у вивченні особливостей формування однорічної пагонової системи та морфологічних показників листків видів родів *Hylotelephium* Н. Ohba і *Sedum* L. за різного рівня освітленості протягом сезону в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України (далі КБС).

Матеріали і методи дослідження

Об'єктами дослідження були рослини *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) Н. Ohba (очиток Еверса), *Hylotelephium spectabile* (Boreau) Н. Ohba (очиток показний), *Sedum album* L. (очиток білий), *Sedum reflexum* L. (очиток скельний) та *Sedum spurium* М. Віб (очиток несправжній) [12]. Дослідження проводилися у КБС, для території якого характерні кліматичні умови степової зони, а саме нестача вологи в повітрі і ґрунті, високі літні температури повітря (посушлива агрокліматична зона). За останні 30 років середньорічна температура повітря на Криворіжжі підвищилася і складає +10,0–+11,5°C (у 1987 р.– +8,5°C). У літній період фіксуються високі добові температури повітря (+36,7–+38,1°C), часті суховії. Річна сума опадів складає 350–450 мм, при цьому протягом літніх мі-

сяців баланс зволоження відзначається дефіцитом – за вегетаційний період випадає лише 100–150 мм опадів [16].

Для досліджень були закладені ділянки у відкритому ґрунті (чорнозем звичайний) з різним рівнем освітлення: добре освітлене місце зростання (контрольна ділянка) – рівень освітленості в обідній час коливався в межах 39 000–56 500 люкс в ясну погоду і 14 500–23 500 люкс в похмурий день; тіньова ділянка – рівень освітленості в обідній час в ясну погоду сягав 2 500–3 500 люкс, а в похмурий день 1 200–2 000 люкс. На обох ділянках на початку вересня минулого року були висаджені по 10 особин кожного виду, типових у фенологічному відношенні і тотожних за морфологічною будовою, які успішно вкоренилися до середини жовтня. Протягом наступного року під час досліджень (квітень-жовтень) всі рослини зростали в умовах природного вологозабезпечення (без додаткового поливу). Вивчення особливостей формування асиміляційних органів очитків проводили у такі терміни: III декада травня, III декада липня, III декада вересня.

Морфологічні показники надземних пагонів описували за С. М. Зиман зі співавторами [5], а життєві форми – за С. Раункієром [25]. Для вивчення особливостей розвитку системи однорічних пагонів у кожен з термінів відбирали по 50 пагонів I порядку і підраховували кількість пагонів II та III порядку на них. Визначали довжину пагону I порядку, кількість вузлів на ньому та довжину міжвузлів із середньої частини пагона.

Для аналізу морфологічних показників на рослинах досліджуваних видів відбиралися листки з середньої частини однорічних вегетативних (*S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*) чи вегетативно-генеративних пагонів (*H. spectabile*, *H. ewersii*). Розмір вибірки (n) для кожного виду та в кожному з двох варіантів досліду становив 125 листків. Площу листка очитків визначали за методом відбитків [8] і обчислювали за формулою:

$$S = a \cdot C / b,$$

де S – площа листка; a – маса контуру листка, мг; C – площа квадрату паперу, cm^2 ; b – маса квадрату паперу, мг. Площу листової пластинки *S. album* та *S. reflexum* не вираховували через специфічність форми листків. Коефіцієнт видовженості листка визначали як відношення довжини листової пластинки до її ширини [2]. Статистичне опрацювання даних проводили методами параметричної варіаційної статистики на 95% рівні значущості ($P \leq 0,05$) [3, 10], використовуючи пакет програм Microsoft Office Excel.

Результати дослідження та їх обговорення

Досліджувані види за життєвою формою відносяться до хамефітів (*S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium*) та гемікриптофітів (*H. spectabile* і *H. ewersii*) [25]. В умовах степової зони України за інтродукції у КБС *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium* виявляють себе зимовозеленими наземно-повзучими кореневищними росли-

нами з безрозеточною симподіальною моделлю пагоноутворення, де чітко вирізняються вегетативні і генеративні пагони. Вегетативні пагони багаторічні, зимуючі, найінтенсивніше розвиваються після цвітіння, генеративні пагони відмирають після плодоношення до базальної частини. На другий рік життя головний пагін набуває горизонтального положення, вкорінюється у міжвузлях, дерев'яніє, втрачає листки і виконує функцію епігеогенного кореневища. Натомість *H. spectabile* і *H. ewersii* в інтродукційних умовах – весняно-літньо-осінньозелені рослини з напіврозеточною моноподіальною моделлю пагоноутворення. У цих очитків надземні пагони вегетативно-генеративні, зимує лише їх базальна частина, тоді як вся надземна частина повністю відмирає з настанням осінніх заморозків [21, 30].

Аналіз отриманих результатів показав, що залежно від рівня освітленості видоспецифічно змінювався розвиток (ріст і галуження) пагонів досліджуваних видів. При достатньому освітленні у *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium* протягом вегетаційного сезону відбувалося активне пагоноутворення на вегетативних і генеративних пагонах, а завдяки вкоріненню плагіотропних пагонів формувалися компактні куртинки, які поступово рівномірно збільшувалися за розміром. Наприкінці вересня кількість пагонів II порядку на особині в середньому сягала 12 шт. (найбільше у *S. album* – 12–16 шт.), а пагони III порядку формувалися лише у *S. album* (2–4 шт.) та *S. reflexum* (1–2 шт.) (рис. 1). Види *Hylotelephium* в умовах повного освітлення формували компактні кущики, майже кулястої форми. Зазначимо, що у рослин *H. ewersii* пагони галузилися тільки до II порядку: у кінці травня їх було 1–2 шт., у вересні – 2–6 шт. У рослин *H. spectabile* розвивалися моноподіальні пагони, для яких не властиве галуження [30].

Тіньові умови зростання призводили до інгібування процесів пагоноутворення (рис. 1). Так, у *S. reflexum* і *S. spurium* на кінець вересня в базальній частині генеративних пагонів подекуди формувалися 1–2 пагони II порядку і за габітусом куртинки цих видів були зріджені і розлогі. Натомість у *S. album* в тіні, як і на світлі, розвивалися доволі компактні куртинки, чому сприяло формування на особині 3–7 шт. пагонів II порядку. У рослин *H. ewersii* в умовах тіні пагони I порядку не галузилися, базальна частина їх дерев'яніла і згодом приймала плагіотропне положення, кущики виглядали зрідженими.

Дослідження показників росту пагонів показало, що за умов вирощування рослин при достатній освітленості від травня до вересня довжина однорічного пагону очитків збільшувалася в 1,5 (*S. spurium*) – 2,2 (*S. album*) раза. Найдовший вегетативний пагін формувався у рослин *S. reflexum* і у 1,5–1,6 раза перевищував розміри однорічного пагону у *S. spurium* та *S. album* (рис. 2).

Відзначимо, що за умов інтродукції у КБС рослини *S. reflexum* і *S. album* мали на 10–15% більші розміри надземної частини, а у *S. spurium* довжина міжвузлів, як і всього однорічного пагону в 1,5 рази перевищувала таку в природних умовах [6, 21, 23], що, вочевидь, зумовлене ґрунтовим фактором місцезрос-

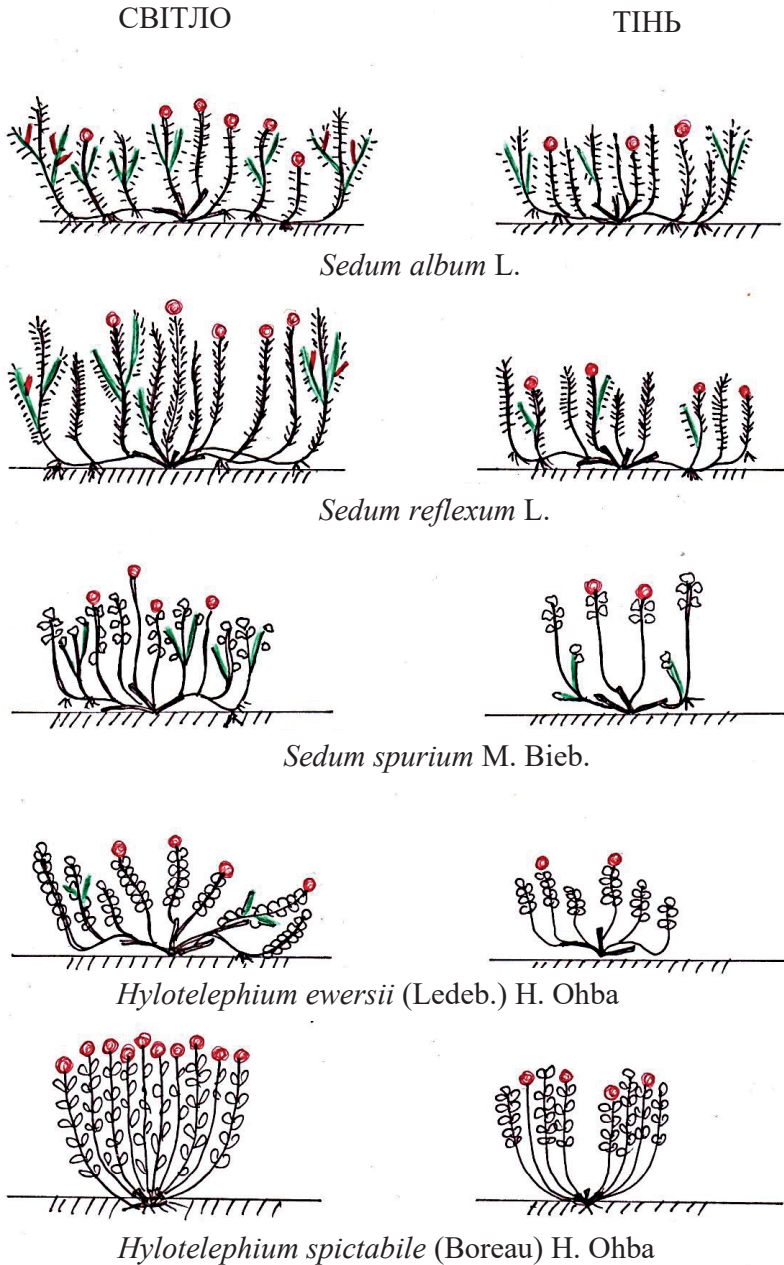


Рис. 1. Схема галузження пагонів видів родів *Hylotelephium* H. Ohba і *Sedum* L. наприкінці вересня за різного рівня освітленості в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України. Позначки: чорним кольором – однорічні пагони I порядку і листки, зеленим – пагони II порядку, червоним – пагони III порядку, червоні кульки – суцвіття.

тання видів (кам'янисті схили гір). У рослин *H. ewersii* і *H. spectabile* довжина пагонів на освітленій ділянці впродовж сезону також зростала у 1,5–2 рази, як і у видів *Sedum*, і досягала відповідно $12,16 \pm 2,51$ см та $56,37 \pm 3,40$ см. Такі ж завдовжки вегетативно-генеративні пагони *H. spectabile* формує і в природних місцезростаннях [30].

Так як досліджувані види переважно відносяться до геліофітів, затінення призводило до зміни їх габітусу і морфометричних показників. В тінювих умовах розвитку у III декаді травня довжина пагонів тільки у *S. reflexum* достовірно була менше в 1,6 рази показників при достатньому освітленні. Тоді як до осені (кінець вересня) довжина однорічних вегетативних пагонів видів роду *Sedum*, хоч і була меншою, проте зростала у 1,6–2 рази, як і на світлі (рис. 2). Для рослин *H. ewersii* в умовах тіні були характерні найменші ростові показники – у травні довжина пагону була майже у 2 рази меншою від контролю, а у вересні досягала лише $8,86 \pm 0,94$ см. У рослин *H. spectabile* вегетативно-генеративні пагони наприкінці вересня були заввишки $43,42 \pm 2,57$ см, що було в 1,6 рази менше, ніж на світлі.

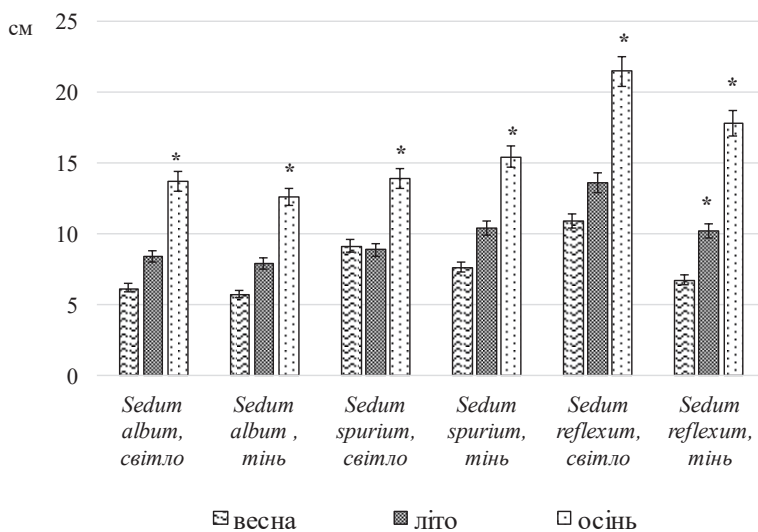


Рис. 2. Сезонний ріст однорічних вегетативних пагонів рослин видів роду *Sedum* L. за різного рівня освітленості в умовах Криворізького ботанічного саду Національно академії наук України (контроль – світло);

* – розбіжності достовірні відносно контролю за критерієм Ст'юдента при $p < 0,05$

Вивчення будови пагонів, а саме кількості вузлів та довжини міжвузлів дало можливість констатувати, що у наземноповзучих видів роду *Sedum* в умовах повного освітлення в період їх активного розвитку кількість вузлів з травня по вересень збільшувалася в 1,7 рази у *S. reflexum* і *S. spurium* та

Таблиця 1
Мінливість ознак будови однорічних пагонів видів родів *Hylotelephium* Н. Ohba і *Sedum* L. за різного рівня освітленості протягом сезонного розвитку в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України

Термін дослідження	Рівень освітленості			
	Світло в ясну погоду 39 000–56 500 люкс, в похмурий день 14 500–23 500 люкс		Тінь в ясну погоду 2 500–3 500 люкс, в похмурий день 1 200–2 000 люкс.	
	Кількість вузлів, шт.	Довжина міжвузлів, см	Кількість вузлів, шт.	Довжина міжвузлів, см
<i>Sedum album</i> L.				
травень	11,0 ± 0,5	0,61 ± 0,06	6,3 ± 0,5*	0,62 ± 0,62
липень	10,3 ± 0,6	0,93 ± 0,05	11,0 ± 0,7*	0,98 ± 0,05*
вересень	33,3 ± 1,5	0,78 ± 0,05	29,5 ± 0,7*	0,68 ± 0,35*
<i>Sedum spurium</i> M. Bieb.				
травень	13,4 ± 0,9	0,95 ± 0,10	8,9 ± 0,4*	0,88 ± 0,06*
липень	14,2 ± 0,7	0,83 ± 0,07	9,7 ± 0,6*	0,95 ± 0,09*
вересень	24,9 ± 1,2	0,83 ± 0,02*	23,0 ± 1,9	1,10 ± 0,57*
<i>Sedum reflexum</i> L.				
травень	21,5 ± 1,4	0,83 ± 0,07	15,1 ± 0,4*	1,03 ± 0,12*
липень	24,5 ± 0,9	0,73 ± 0,03	23,3 ± 1,5*	1,23 ± 0,09*
вересень	36,3 ± 0,9	0,72 ± 0,03	38,2 ± 0,8*	1,23 ± 0,10*
<i>Hylotelephium ewersii</i> (Ledeb.) Н. Ohba				
травень	10,0 ± 0,2	0,65 ± 0,03	5,6 ± 0,3*	0,48 ± 0,09*
липень	10,3 ± 0,4	0,90 ± 0,09	6,0 ± 0,3*	1,06 ± 0,12*
вересень	13,6 ± 0,5	1,40 ± 0,07	11,0 ± 0,4*	1,50 ± 0,29*
<i>Hylotelephium spictabile</i> (Boreau) Н. Ohba				
травень	13,0 ± 0,3	2,29 ± 0,09	13,1 ± 0,3	2,29 ± 0,03
липень	12,1 ± 0,4	5,53 ± 0,12	11,3 ± 0,6*	3,50 ± 0,29*
вересень	13,7 ± 0,6	5,07 ± 0,29	12,1 ± 0,1*	3,83 ± 0,17*

Примітка: контрольні показники – світло, * – розбіжності достовірні відносно контролю за критерієм Стьюдента при $p < 0,05$.

в 3 рази у *S. album*, тоді як довжина міжвузлів залишалася сталою (табл. 1). У рослин видів роду *Hylotelephium* відбувалося збільшення, як кількості вузлів (у *H. ewersii* в 1,8 рази), так і довжини міжвузлів (в 2,2 рази у *H. spectabile* і в 3 рази у *H. ewersii*).

Тіньові умови розвитку рослин *S. reflexum*, *S. spurium* та *S. album*, відносно освітленої ділянки, призводили у травні до зменшення кількості вузлів у 1,4–1,7 рази, натомість до вересня їх кількість збільшувалася в 1,8–2,7 рази. При цьому, тільки у *S. spurium* протягом сезону міжвузля подовжувалися і у вересні в тіні були більшими, ніж на сонці, що спричиняло «витягування» пагонів.

У *H. ewersii* у травні в даних умовах зростання формувалося у 1,8 рази менше вузлів, ніж на світлі, а міжвузля були коротшими у 1,4 рази, тоді як у кінці вересня довжина міжвузлів збільшувалася у понад 2 рази. Для рослин *H. spectabile* не зафіксовано достовірних змін кількості вузлів, тоді як довжина міжвузлів на вересень збільшувалася в 1,2 рази, проте була меншою ніж на світлі.

Аналіз отриманих морфометричних показників розвитку листків доводить, що в умовах достатнього освітлення у більшості досліджуваних видів очитків (*S. reflexum*, *S. album*, *H. ewersii*, *H. spectabile*) на однорічних пагонах у вересні нараховувалося в 1,2–1,4 рази менше листків, ніж у травні (рис. 3).

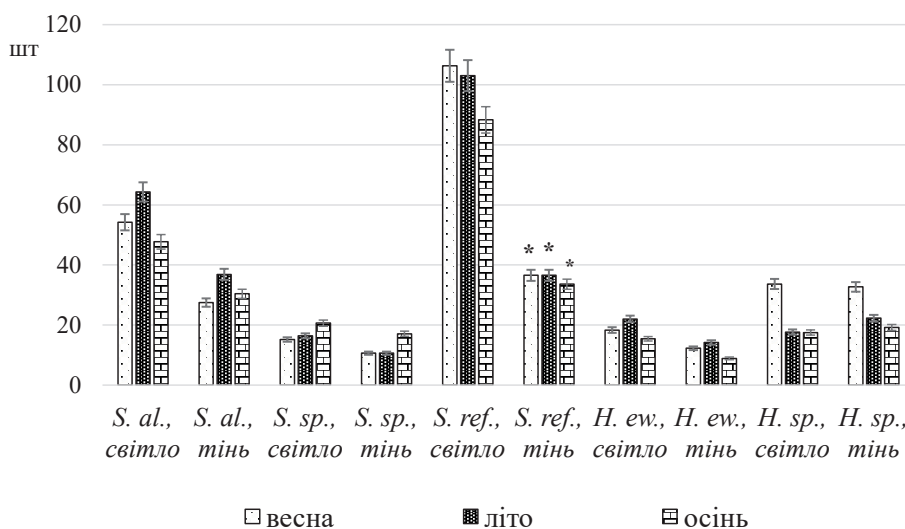


Рис. 3. Кількість листків на однорічному пагоні рослин видів *Hylotelephium H. Ohba* і *Sedum L.* за різного рівня освітленості протягом сезонного розвитку в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України: *S. al.* – *Sedum album* L., *S. sp.* – *Sedum spurium* M. Bieb., *S. ref.* – *Sedum reflexum* L., *H. ew.* – *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *H. sp.* – *Hylotelephium spectabile* (Boreau) H. Ohba (контроль – світло); * – розбіжності достовірні відносно контролю за критерієм Стьюдента при $p < 0,05$.

Така особливість розвитку асиміляційних органів у згаданих видів, пов'язана з поступовим відмиранням нижніх листків, через недостатнє освітлення нижньої частини пагонів [20]. Тоді як у *S. spurium* навпаки, кількість листків до осені зростала в 1,4 раза, що, вочевидь, залежало від збільшення кількості вузлів упродовж сезонного розвитку.

В умовах тіні (з травня по вересень), порівняно з достатньо освітленим місцезростанням, відбувалося скорочення кількості листків у 1,3–3 рази (рис. 3), що призводило до зменшення улисненості пагонів. Найменше органів асиміляції формувалося на пагонах *S. reflexum*, оскільки чергове листкорозміщення відбувалося не по 4–5-ти повздовжнім осям, як на світлі, а переважно по трьом осям. Тоді як у *H. spectabile* в тіні формувалося мутовчате листкорозміщення, на відміну від освітлених умов з переважним черговим або супротивним розміщенням листків на пагоні, завдяки чому кількість листків у виду до кінця вегетаційного сезону була практично однаковою порівняно з освітленою ділянкою.

Дослідження кількісних показників розвитку листків очитків показало, що вирощування видів роду *Hylotelephium* у тінювих умовах призводить до формування видовжених листків та достовірного зменшення площі листової поверхні (табл. 2). Причому, протягом сезонного розвитку розміри органів асиміляції *H. spectabile* на 35% були дрібнішими відносно показників з сонячних ділянок, тоді як у *H. ewersii* до вересня площа листової поверхні скорчувалася майже вдвічі. При повному затіненні місцезростання у *S. reflexum* та *S. album* коефіцієнт видовженості листків збільшувався як у травні (в 1,2–1,6 раза), так і у вересні (в 2,4–2,6 раза). Науковцями показано, що *S. album* адаптуючись до змін в середовищі зростання формує вужчі і довші за розміром листки, при цьому не втрачаючи їх нормальної функціональності [23, 28]. У *S. spurium* в тінювих умовах достовірних змін площі листка не виявлено, адже з травня по вересень незначне зменшення довжини листка компенсується таким же незначним збільшенням його ширини. Ця особливість виду, дає змогу озеленювачам успішно використовувати його в тінювих садах [20, 29].

Окрім показаних вище морфологічних особливостей формування листків видів *Sedum* і *Hylotelephium* в тінювих умовах, зазначимо, що під кінець вегетаційного сезону змінювалися не лише розміри, а і форма листових пластинок. Так, у *S. album*, *S. reflexum* листки з валькуватих ставали більш плоскими і на 50° змінювали кут розташування відносно площини пагону. Хвилястий край листової пластинки у *H. spectabile* згладжується, а у *S. spurium* замість городчастого краю листка формується хвилястий і дуже звужується основа. Крім того, у цих видів листки втрачали видоспецифічне декоративне забарвлення, на них з'являлася велика кількість хлоротичних і некротичних плям, що зумовлювало їх передчасне старіння. Загалом, всі зазначені зміни призводили до зниження декоративності рослин, але різною мірою і з видоспецифічними особливостями.

Таблиця 2
Кількісні показники росту листків видів родів *Hylotelephium* Н. Ohba і *Sedum* L. за різного рівня освітленості протягом сезонного розвитку в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України

Термін дослідження	Рівень освітленості							
	Світло			Тінь			Площа листка, см ²	
	Довжина листка, см	Ширина листка, см	К _b	Площа листка, см ²	Довжина листка, см	Ширина листка, см		К _b
	в ясну погоду 39 000–56 500 люкс в похмурий день 14 500–23 500 люкс			в ясну погоду 2 500–3 500 люкс, в похмурий день 1 200–2 000 люкс.				
	<i>Sedum album</i> L.							
травень	0,70±0,37	0,32±0,19	2,3	—	0,98±0,40*	0,18±0,07*	5,6	—
липень	1,03±0,31	0,34±0,17	3,1	—	1,03±0,18	0,26±0,14*	4,3	—
вересень	1,02±0,26	0,28±0,09	3,7	—	1,20±0,37*	0,20±0,05*	6,0	—
	<i>Sedum reflexum</i> L.							
травень	1,18±0,17	0,28±0,08	4,3	—	1,05±0,45*	0,15±0,07*	6,9	—
липень	1,25±0,19	0,22±0,08	5,9	—	1,30±0,01*	0,19±0,07*	7,3	—
вересень	1,29±0,34	0,24±0,06	5,5	—	1,13±0,38*	0,17±0,05*	6,5	—
	<i>Sedum spurium</i> M. Bieb.							
травень	2,14±0,50	1,43±0,43	1,5	2,03±0,06	1,84±0,81*	1,55±0,87	1,2	1,98±0,17
липень	1,81±0,78	1,34±0,70	1,5	1,18±0,03	2,05±0,42*	1,64±0,26*	1,3	1,93±0,07*
вересень	1,96±1,10	1,46±0,89	1,4	1,78±0,11	1,88±0,37*	1,43±0,45	1,3	1,71±0,07*
	<i>Hylotelephium ewersii</i> (Ledeb.) Н. Ohba							
травень	1,66±0,98	1,54±0,93	1,1	2,12±0,26	1,38±0,70*	1,22±0,25*	1,2	1,64±0,22*
липень	1,94±0,42	1,56±0,42	1,3	2,55±0,12	1,87±0,48	1,29±0,86*	1,4	1,86±0,21*
вересень	2,54±0,57	1,63±0,71	1,6	3,01±0,18	1,73±0,57*	1,22±0,40*	1,4	1,61±0,10*
	<i>Hylotelephium spictabile</i> (Boreau) Н. Ohba							
травень	7,09±0,57	3,56±0,90	2,0	15,84±0,61	6,19±1,36*	3,34±0,71*	1,9	13,82±0,50*
липень	7,90±0,96	4,07±1,90	2,0	21,17±1,64	6,76±1,41*	3,64±1,05	1,9	16,15±0,64
вересень	7,05±1,43	3,55±0,62	2,0	16,03±0,74	6,52±0,97*	3,30±0,45*	2,0	15,18±1,08

Примітка: К_b – коефіцієнт видовженості листка (співвідношення довжини до ширини листка – ред.); контрольні дані (світло), * – розбіжності достовірні відносно контролю за критерієм Стьюдента при $\rho < 0,05$; “—” – показник не вимірювався.

Висновки

Підсумовуючи викладений вище матеріал можна виділити загальні та видоспецифічні особливості формування вегетативної сфери видів родів *Hylotelephium* Н. Ohba і *Sedum* L. за різного рівня освітленості в умовах Криворізького ботанічного саду, який знаходиться в степовій зоні України.

1. Однорічні вегетативні пагони на рослинах при достатній освітленості галузилися до II і III порядку у *S. album* і *S. reflexum* та до II порядку у *S. spurium* і *H. ewersii*. Натомість в тінювих умовах галуження пагонів відбувалося тільки до II порядку у *S. reflexum*, *S. spurium* і *S. album*, а у *H. ewersii* галуження не зафіксовано.

2. Довжина однорічних пагонів з травня по вересень збільшувалася як на світлі, так і в тіні, але в тінювих умовах вона була меншою на 9% (*S. album*) – 31% (*H. ewersii*). Кількість вузлів на однорічних пагонах в тіні протягом сезону зменшувалася на 10–20% у всіх видів, окрім *S. reflexum*. При цьому довжина міжвузлів достовірно не змінювалася (*S. album* і *H. ewersi*) чи ставала більшою у 1,3–1,7 раза (*S. reflexum* і *S. spurium*).

3. Зменшення кількості листків в тінювих умовах розвитку у 2,0–2,5 раза було характерним для *S. album* і *S. reflexum*, а зменшення площі листової поверхні відносно показників з сонячних ділянок – для *H. spectabile* та *H. ewersii* на 35% та 50% відповідно.

4. Найбільш декоративними в умовах затінення виглядали рослини *S. album*, у яких зберігалася властиве виду забарвлення листків, пагони галузилися і не витягувалися, тобто формувалися достатньо щільні декоративні куртинки. Рівень декоративності *S. spurium* і *S. reflexum* знижувався внаслідок «витягування» пагонів (через збільшення розмірів міжвузлів) та зменшення їх улисненості, куртинки виглядали зрідженими і розлогими. Найбільш негативно затінення вплинуло на рослини *H. ewersii*, адже ріст пагонів та листків пригнічувався майже вдвічі і зовсім не відбувалося додаткового галуження пагонів. Для використання в умовах тіні можна рекомендувати *S. album* та *H. spectabile*, адже рослини хоч і зменшували розміри особин, проте виглядали досить декоративно. Тоді як *S. spurium* і *S. reflexum* можна вирощувати в напівтінювих умовах.

Отримані дані є складовою комплексного вивчення ступеня життєздатності рослин декоративних очитків в умовах степової зони України в рамках НДТ «Життєздатність, декоративність малопоширених багаторічників та їх використання для оптимізації урболандшафтів степової зони України (на прикладі Криворіжжя)».

Стаття надійшла до редакції 03.07.2024

Список використаної літератури

1. Березкіна В. І. Біологічні особливості інтродукованих видів роду *Sedum* L. (Crassulaceae DC.) та перспективи їх використання в Україні: автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.05 «Ботаніка». Київ, 2003. 26 с.
2. Ганжа Д. Морфологічна реакція листків тополі в різних умовах урботехногенного навантаження. *Вісник Львівського у-ту. Серія біологічна*. 2012. Вип. 60. С. 163–170. <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/8393/8335>.
3. Сторшин О. О., Лісовий М. В. Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних. Харків: Вид-во Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського, 2005. 193 с.
4. Зубровська О. М. Особливості інтродукції видів роду *Sedum* L. в умовах степової зони України. *Екологічні науки*. 2022. № 5(44). С. 191–196. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.28>.
5. Глострований довідник з морфології квіткових рослин. Навчально-методичний посібник / С. М. Зиман, С. Л. Мосякін, О. В. Булах, О. М. Царенко, Л. М. Фельбаба-Клушина. Ужгород: Медіум, 2004. 156 с.
6. Кириленко Н. А. Особливості анатомо-морфологічної будови Crassulaceae, їх таксономічне та еволюційне значення. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2016. Т. 20. № 1(36). С. 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).
7. Левон Ф. М. Зелені насадження в антропогенно трансформованому середовищі: Монографія. Київ: ННЦ ІАЕ, 2008. 364 с.
8. Малюченко І. О., Непейна Г. В. Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт із біології з основами біоекології для студентів спеціальності «101» Екологія» галузь знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія»: методичні вказівки. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 112 с.
9. Недуха О. М. Клітинна оболонка і фактори середовища. Київ: Алтєрпрес, 2015. 291 с.
10. Прилуцький Ю. І., Ільченко О. В., Цимбалюк О. В., Костерін С. О. Статистичні методи в біології. Київ: Наукова думка, 2017. 216 с.
11. Пушка І. М., Величко Ю. А., Осіпов М. Ю., Козаченко І. В. Еколого-біологічні особливості інтродукованих видів роду *Sedum* L. в умовах Правобережного Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 109. Ч. 1. С. 212–218. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.31>.
12. Словник українських наукових і народних назв судинних рослин / Ю. Кобів. Київ: Наукова думка, 2004. 800 с.
13. Слюсар С. І. Формування генетико-екосистемної концепції в інтродукційних дослідженнях. *Інтродукція рослин*. 2017. № 3 С. 3–16. <http://www.nbg.kiev.ua/upload/introd/Intr-N3-17.pdf>.
14. Структура та розвиток культурфітоценозів Криворіжжя: монографія / за ред. Е. О. Євтушенка, В. М. Савоська. Кривий Ріг: Діонат, 2017. 168 с.
15. Терлига Н. С., Данильчук О. В., Юхименко Ю. С., Федоровський В. Д., Данильчук Н. М. Культивована дендрофлора парків і скверів Кривого Рогу: історичні аспекти формування та сучасний стан. *Вісник ХНАУ ім. Докучаєва. Серія біологія*. 2015. Вип. 2. С. 93–101. https://vbio.knau.kharkov.ua/uploads/visn_biology/2015/2_35/2015.02.093-101.Terlyga_et_al.pdf.
16. Фізична географія Криворіжжя: монографічна навчальна книга / І. С. Паранько, В. Л. Казаков, О. О. Калініченко, В. В. Кошоруба, І. О. Остапчук, В. М. Савосько, В. О. Шипунова, С. В. Ярков. Кривий Ріг: Вид. Р. А. Козлов, 2015. 272 с.
17. Чипиляк Т. Ф., Зубровська О. М., Шоль Г. Н. Рослини в урботехногенному середовищі степової зони України. Київ: Талком, 2022. 390 с. https://www.researchgate.net/publication/376488819_ROSLINI_V_URBOTENNOGENNOMU_SEREDOVISI_STEPOVOI_ZONI_UKRAINI.
18. Яковлева-Носарь С. О., Тотька Т. В. Оцінка успішності інтродукції видів роду *Sedum* L. за умов м. Енергодар. *Актуальні питання біології, екології та хімії. Електронне наукове видання*. 2018. № 2. https://sites.znu.edu.ua/bio-eco-chem-sci/issues/index.php?action=url/view&url_id=6786.
19. Balfagón D., Zandalinas S. I., Mittler R., Gómez-Cadenas A. High temperatures modify plant responses to abiotic stress conditions *Physiol Plant*. 2020. Vol. 170(3). P. 335–344. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.13151>.
20. Cotoz A. – P., Dan V. – S., Gocan T. – M., Andreica I., Rózsa S., Cantor M. *Sedum* Growth Patterns under Different Pedoclimatic Conditions. *Plants*. 2023. Vol. 12. 2739. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12142739>.
21. Genera of *Crassulaceae* subfam. *Sedoideae*. United States Department of Agriculture. Germplasm Resources Information Network (GRIN). 2024. [updated 2024 May 17]. Available from: <https://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1764>.
22. Koźmińska A., Al Hassan M., Wiszniewska A., Hanus-Fajerska E., Boscaiu M., Vicente O. Responses of succulents to drought: Comparative analysis of four *Sedum* (Crassulaceae) species. *Scientia Horticulturae*. 2019. Vol. 243. P. 235–242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.028>.

23. Mifsud S., Stephenson R., Thiede J. *Sedum album* subsp. *rubi-melitense* (Crassulaceae), a new vegetative reproducing subspecies from Malta (Maltese Islands, Central Mediterranean). *Phytotaxa*. 2015. Vol. 227(2). P. 135–146. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.227.2.3>.
24. Rai G. K., Kumar R. R., Bagati S. *Abiotic Stress Tolerance Mechanisms in Plants*. London: CRC Press, 2021. 370 p. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003163831>.
25. Raunkiaer C. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Oxford: Clarendon Press, 1934. 632 p.
26. Raza A., Ashraf F., Xiling Zou, Zhang X., Tosif H. *Plant Adaptation and Tolerance to Environmental Stresses: Mechanisms and Perspectives*. In book: *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives* I. Hasanuzzaman M. (ed.) Springer Nature, Singapore Pte Ltd. 2020. P. 117–145. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-2156-0_5.
27. Rezaei S., Etemadi N., Nikbakht A., Yousefi M., Majidi M. M. Effect of Light Intensity on Leaf Morphology, Photosynthetic Capacity, and Chlorophyll Content in Sage (*Salvia officinalis* L.). *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*. 2018. Vol. 36(1). P. 46–57. DOI: <https://doi.org/10.12972/kjst.20180006>.
28. Takanori Kuronuma, Hitoshi Watanabe. Physiological and Morphological Traits and Competence for Carbon Sequestration of Several Green Roof Plants under a Controlled Environmental System. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 2016. Vol. 141(6). P. 583–590. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS03909-16>.
29. Van der Kolk H. – J., Van den Berg P., Korthals G. & Bezemer T. M. Shading enhances plant species richness and diversity on an extensive green roof. *Urban Ecosystems*. 2020. Vol. 23. P. 935–943. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00980-w>.
30. Yang C., Wang X., Qin Y., Sun X., Wang Q., Lin H., Xi D. Morphological and Physiological Changes in *Sedum spectabile* during Flower Formation Induced by Photoperiod. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2015. Vol. 43(2). P. 426–431. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha4329824>.

О. М. Зубровська, Т. Ф. Чипиляк

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України,
вул. Ботанічна, 50, м. Кривий Ріг, 50089, Україна, e-mail: zubrovskaa@ukr.net

ФОРМУВАННЯ ВЕГЕТАТИВНОЇ СФЕРИ ВИДІВ РОДІВ *HYLOTELEPHIUM* Н. ОНБА І *SEDUM* L. ЗА РІЗНОГО РІВНЯ ОСВІТЛЕНOSTI

Резюме

Вступ. Для оптимізації та забезпечення стійкості насаджень на паркових територіях, які представляють значну частину рекреаційних насаджень м. Кривий Ріг, необхідно залучення трав'янистих декоративних рослин, що здатні функціонувати в умовах часткового і повного затінення. Для визначення витривалих видів необхідним є дослідження особливостей формування вегетативної сфери багаторічних рослин.

Мета роботи полягала у вивченні особливостей формування вегетативної сфери малопоширених у культурі видів родів *Hylotelephium* Н. Ohba і *Sedum* L. за різного рівня освітленості протягом сезонного розвитку в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України.

Методика. Об'єктами дослідження були рослини *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) Н. Ohba, *Hylotelephium spectabile* (Boreau) Н. Ohba, *Sedum album* L., *Sedum reflexum* L. та *Sedum spurium* M. Vieb.. Були закладені ділянки у відкритому ґрунті з різним рівнем освітлення: добре освітлене місце (контрольна ділянка) – рівень освітленості в обідній час сягав 39 000–56 500 люкс; тіньова ділянка – рівень освітленості в обідній час складав 2 500–3 500 люкс. Вивчення проводили у три етапи: III декада травня, липня і вересня. Визначали коефіцієнт видовженості листка як співвідношення довжини до ширини, площу листка за методом відбитків та морфологію однорічних пагонів.

Основні результати. Визначено, що при достатньому освітленні відбувалося активне пагоноутворення – в кінці вересня у рослин *S. album* утворювалося 16 шт. пагонів II порядку, на яких по 2–4 шт. пагонів III порядку, а у *S. reflexum* – 12 шт. та 1–2 шт. відповідно. У *S. spurium* і *H. ewersii* відбувалося галуження пагонів тільки до II порядку – у вересні їх було 2–6 шт. За умов вирощування в тіні у *S. reflexum* і *S. spurium* зрідка формувалися 1–2 пагони II порядку в базальній частині генеративних пагонів, а у *S. album* – 3–7 шт. Рослини *H. ewersii* в умовах тіні не формували однорічних пагонів. Довжина пагонів за умов вирощування очитків при достатньому освітленні до вересня збільшувалася в 1,5 (*S. spurium*, *H. ewersii*) – 2,2 раза (*S. album*, *H. spectabile*). Натомість у тіні довжина однорічних вегетативних пагонів перевищувала контрольні показники у 1,6–2 раза тільки у видів роду *Sedum* (у *S. reflexum* досягала 17,8 см). В даних умовах найменші ростові показники були характерні для *H. ewersii* – у вересні 8,9 см.

Дослідження морфометричних показників розвитку листків доводить, що як на світлі, так і в умовах тіні у *S. reflexum*, *H. ewersii* *H. spectabile* на однорічному пагоні утворювалася менша кількість листків як у травні – в 1,2–1,4 раза, так і у вересні – в 1,3–3 рази. Тоді як у *S. spurium* їх було більше в 1,4 раза. Вирощування рослин у тінювих умовах призводить до достовірного зменшення площі листової поверхні, відносно показників з сонячних ділянок, у *H. spectabile* вже в травні на 35%, тоді як у *H. ewersii* майже вдвічі. У *S. reflexum* та *S. album* збільшувався коефіцієнт видовженості листків у травні в 1,2–1,6 раза, у вересні – в 2,4–2,6 раза.

Висновки. Таким чином, отримані дані свідчать, що відбуваються зміни показників росту та розвитку вегетативної сфери досліджуваних видів протягом сезонного розвитку рослин в умовах Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України. В умовах недостатньої освітленості найменші кількісні зміни розвитку вегетативної сфери були характерні для рослин *S. album*, у яких, відносно показників з добре освітлених ділянок, довжина однорічних пагонів зменшувалася лише на 9%, а довжина міжвузль достовірно не змінювалася. На відміну від цього, у *S. spurium* довжина вегетативних пагонів у тіні була більша на 11%, ніж на світлі, але це відбувалося за рахунок подовження міжвузль на 33%, що призвело до «витягування» пагонів. При повному затіненні знижувалася декоративність рослин *S. reflexum*, у яких не тільки збільшувалася у 1,7 рази довжина міжвузль, а також зменшувалася на 40% кількість листків на одному пагоні. В умовах повного затінення найгірше «почували» себе рослини *H. ewersii*, адже ростові процеси асиміляційних органів пригнічувалися майже вдвічі і не відбувалося додаткового галуження пагонів.

Результати досліджень дозволять не лише розширити асортимент квітничково-декоративних рослин міських ландшафтів, але і визначити практичні засади їх раціонального використання. Будуть охарактеризовані перспективи їх застосування в озелененні для оптимізації витрат при виконанні робіт з реконструкції квітничково-декоративних насаджень в урболандшафтах степової зони України.

Ключові слова: декоративні очитки, рівень освітленості, система пагонів, листки, сезонний розвиток, степова зона.

O. M. Zubrovska, T. F. Chypyliak

Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine,
50 Botanichna St, Kryvyi Rih, 50089, Ukraine, e-mail: zubrovska@ukr.net

FORMATION OF THE VEGETATIVE SPHERE OF SPECIES OF THE GENERA *HYLOTELEPHIUM* H. OHBA AND *SEDUM* L. AT DIFFERENT LEVELS OF ILLUMINATION

Summary

Introduction. To optimize and ensure the stability of plantations in park territories, which represent a significant part of recreational plantations in city Kryvyi Rih, it is necessary to implement herbaceous ornamental plants that are able to function in conditions of partial and complete shading. To determine hardy species, it is necessary to study the features of the formation of the vegetative sphere of perennial plants.

Aim. The aim of the work was to study the peculiarities of the formation of the vegetative sphere of species of the genera *Hylotelephium* H. Ohba and *Sedum* L. which are not common in culture at different levels of illumination during seasonal development in conditions of the Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine.

Methods. The objects of the study were plants *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *Hylotelephium spectabile* (Boreau) H. Ohba, *Sedum album* L., *Sedum reflexum* L. and *Sedum spurium* M. Bieb.. Plots with different levels of illumination were organized outdoors: a well-lit area (control plot) – the level of illumination at lunchtime reached 39 000–56 500 lux; a shady area – the level of illumination at lunchtime was 2 500–3 500 lux. The study was conducted in three stages: the third decade of May, July and September. The elongation coefficient of the leaf was determined as the ratio of the length to the width, the area of the leaf using the method of impressions and morphology monocarpic shoots.

The main results. It was determined that with sufficient lighting, active shoot formation took place – at the end of September in *S. album* plants were formed 16 shoots of the II order and 2–4 pcs. III order shoots were formed; in *S. reflexum* – 12 pcs. and 1–2 pcs. In *S. spurium* and *H. ewersii*, the shoots branched only up to the II order – in September there were 2–6 pcs. Under the conditions of growing in the shade, *S. reflexum* and *S. spurium* occasionally formed 1–2 shoots of the II order in the basal part of generative shoots and *S. album* – 3–7 pcs. Plants of *H. ewersii* under shade conditions did not form monocarpic shoots. The length of the shoots under the conditions of growing stonecrops with sufficient lighting until September increased by 1.5 (*S. spurium*, *H. ewersii*) – 2.2 times (*S. album*, *H. spectabile*). On the other hand, in the shade, the length of monocarpic vegetative shoots exceeded the control indicators by 1.6–2 times only in species of the genus *Sedum* (in *S. reflexum* it reached 17.8 cm). Under these conditions, the smallest growth rates were characteristic of *H. ewersii* – 8.9 cm in September.

The study of morphometric parameters of leaf development proves that both in light and in shade conditions, *S. reflexum*, *H. ewersii* and *H. spectabile* formed fewer leaves on an annual shoot, both in May – 1.2–1.4 times and in September – 1.3–3 times. In contrast, *S. spurium* had 1.4 times more leaves. Growing plants in shade conditions leads to a significant decrease in leaf surface area, compared to the sunny areas in *H. spectabile* by 35% in May, while in *H. ewersii* it almost halved. In *S.*

reflexum and *S. album*, the coefficient of leaf elongation increased by 1.2–1.6 times in May and by 2.4–2.6 times in September.

Conclusions. Thus, the data obtained indicate that there are changes in the growth and development of the vegetative sphere of the studied species during the seasonal development of plants in the conditions of the Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. Under conditions of insufficient illumination, the smallest quantitative changes in the development of the vegetative sphere were characteristic of *S. album* plants, in which, relative to the indicators from well-lit areas, the length of monocarpic shoots decreased by only 9%, and the length of internodes did not change significantly. In contrast, in *S. spurium*, the length of vegetative shoots in the shade was 11% longer than in the light, but this was due to the lengthening of internodes by 33%, which led to “stretching” of shoots. With full shading, the decorativeness of *S. reflexum* plants decreased, in which not only the length of the internodes increased by 1.7 times, but also the number of leaves per shoot decreased by 40%. In conditions of complete shading, *H. ewersii* plants “felt” the worst, because the growth processes of assimilation organs were inhibited almost twice and there was no additional branching of shoots.

The results of the research will allow not only to expand the range of ornamental plants in urban landscapes, but also to determine the practical principles of their rational use. The prospects of their application in landscaping will be determined to optimize costs when performing work on the reconstruction of flower and ornamental plantations in the urban landscapes of the steppe zone of Ukraine.

Keywords: ornamental sedums, illumination level, shoot system, leaves, seasonal development, steppe zone.

References

1. Berezkina, V. I. (2003). Biologichni osoblyvosti introdukovanykh vydiv rodu *Sedum* L. (Crassulaceae DC.) ta perspektyvy yikh vykorystannya v Ukraini [Biological features of introduced species of the genus *Sedum* L. (Crassulaceae DC.) and prospects for their use in Ukraine] (Avtoref dis... kand. biol. nauk [Candidate's thesis in biological sciences], 26 p.), Kyiv [in Ukrainian].
2. Hanzha, D. (2012). Morfolohichna reaktsiya lystkiv topoli v riznykh umovakh urbotekhnogenoho navantazhennya [Morphological reaction of poplar leaves under different conditions of urban-technogenic loading]. Visnyk L'vivs'koho u-tu. Seriya biologichna, 60, 163–170 [in Ukrainian]. <http://publications.lnu.edu.ua/bulletins/index.php/biology/article/view/8393/8335>.
3. Yehorshyn, O. O. & Lisoviy, M. V. (2005). Matematychno planuvannya pol'ovykh doslidiv ta statystychna obrobka eksperymental'nykh danykh [Mathematical prediction of field experiments and statistical processing of experimental data]. Research and Educational Center, Institute of Soil Sciences and Agrochemistry [in Ukrainian].
4. Zubrovska, O. M. (2022). Osoblyvosti introduktsiyi vydiv rodu *Sedum* L. v umovakh stepovoyi zony Ukrainy. [Features of the introduction of species of the genus *Sedum* L. in the conditions of the Steppe of Ukraine]. Ekologichni nauky, 5(44), 191–196 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.28>.
5. Zyman, S. M., Mosyakin, S. L., Bulakh, O. V., Tsarenko, O. M. & Fel'baba-Klushyna, L. M. (2004). Illustrated Handbook on the Morphology of Flowering Plants. Educational and Methodological Manual [Ilyustrovanyy dovidnyk z morfolohiyi kvitkovykh roslyn. Navchal'no-metodychnyy posibnyk]. Medium [in Ukrainian].
6. Kyrylenko, N. A. (2016). Osoblyvosti anatomo-morfolohichnoyi budovy Crassulaceae, yikh taksonomichne ta evolyutsiynе znachennya [Characteristics of anatomic-morphological structure of Crassulaceae, their taxonomic and evolutionary significance]. Visnyk Odes'koho natsional'noho universytetu. Biologiya, 20, 1(36), 37–46 [in Ukrainian]. DOI: [https://doi.org/10.18524/2077-1746.2015.1\(36\).56663](https://doi.org/10.18524/2077-1746.2015.1(36).56663).

7. Levon, F. M. (2008). Zeleni nasadzheniya v antropohenno transformovanomu seredovysshchi: Monohrafiya [Green areas in anthropogenically transformed medium: Monograph]. NNTS IAE [in Ukrainian].
8. Malyuchenko, I. O. & Nyepyeina, H. V. (2021). Metodichni vkazivky dlya provedennya laboratornykh robot iz biolohiyi z osnovamy bioekolohiyi dlya studentiv spetsial'nosti «101» Ekolohiya» haluz' znan' 10 «Pryrodnychi nauky» spetsial'nosti 101 «Ekolohiya» osvitynoi prohramy «Ekolohiya»: metodichni vkazivky [Methodological instructions for conducting laboratory work in biology with the basics of bioecology for students of the specialty «101» Ecology», branch of knowledge 10 «Natural Sciences», specialty 101 «Ecology» of the educational program «Ecology»: methodological instructions]. Vyd-vo CHNU im. Petra Mohyly [in Ukrainian].
9. Nedukha, O. M. (2015). Klitynna obolonka i faktory seredovysshcha [Plant cell wall and environment]. Al'terpres [in Ukrainian].
10. Pryluts'kyi, Yu. I., Il'chenko, O. V., Tsybalyuk, O. V. & Kosterin, S. O. (2017). Statystychni metody v biolohiyi [Statistical Methods in Biology]. Naukova dumka [in Ukrainian].
11. Pushka, I. M., Velychko, Yu. A., Osipov, M. Yu. & Kozachenko, I. V. (2019). Ekoloho-biolohichni osoblyvosti introdukovanykh vydiv rodu *Sedum* L. v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrayiny [Ecological and biological features of introduced species of the genus *Sedum* L. in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Tavriys'kyi naukovy visnyk, 109, 1, 212–218 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.31>.
12. Kobiv, Yu. (2004). Slovnyk ukrayins'kykh naukovykh i narodnykh nazv sudynnykh roslyn [Dictionary of Ukrainian scientific and folk names of vascular plants]. Naukova dumka [in Ukrainian].
13. Slyusar, S. I. (2017). Formuvannya henetyko-ekosystemnoi kontseptsiyi v introduktsiynykh doslidzhennyakh [Formation of genetic and ecosystemic conception in introduction researches]. Introduktsiya roslyn, 3, 3–16 [in Ukrainian]. <http://www.nbg.kiev.ua/upload/introd/Intr-N3-17.pdf>.
14. Yevtushenko, E.O. & Savos'ko, V. M. (2017). Struktura ta rozvytok kul'turfitosenoziv Kryvorizhzhya: monohrafiya [Structure and development of cultural phytocenoses of Kryvyi Rih: monograph]. Dionat [in Ukrainian].
15. Terlyha, N. S., Danyl'chuk, O. V., Yukhymenko, Yu. S., Fedorovs'kyi, V. D. & Danyl'chuk, N. M. (2015). Kul'tyrovana dendroflora parkiv i skveriv Kryvoho Rohu: istorychni aspekty formuvannya ta suchasnyy stan [Kryvyi Rih parks and squares cultivated dendroflora: historical aspects of formation and current state]. Visnyk KHNAU im. Dokuchayeva. Seriya biolohiya, 2, 93–101 [in Ukrainian]. https://vbio.knau.kharkov.ua/uploads/visn_biology/2015/2_35/2015.02.093-101.Terlyga_et_al.pdf.
16. Paran'ko, I. S., Kazakov, V. L., Kalinichenko, O. O., Kotsyuruba, V. V., Ostapchuk, I. O., Savos'ko, V. M., Shypunova, V. O. & Yarkov, S. V. (2015). Fizychna heohrafiya Kryvorizhzhya: monohrafichna navchal'na knyha [Physical geography of Kryvyi Rih: monographic textbook]. Vyd. R.A. Kozlov [in Ukrainian].
17. Chypylyak, T. F., Zubrovska, O. M., Shol, H. N. (2022). Roslyny v urbotekhnogenomu seredovysshchi stepovoyi zony Ukrayiny [Plants in the urbotekhnogenic environment of the steppe zone of Ukraine]. Talkom [in Ukrainian]. https://www.researchgate.net/publication/376488819_ROSLINI_V_URBOTEHNOGENOMU_SEREDOVISI_STEPOVOI_ZONI_UKRAINI.
18. Yakovlyeva-Nosar, S. O., Totska, T. V. (2018). Otsinka uspishnosti introduktsiyi vydiv rodu *Sedum* L. za umov m. Enerhodar [Assessment of the success of the introduction of species of the genus *Sedum* L. under the conditions of the city of Energodar]. Aktual'ni pytannya biolohiyi, ekolohiyi ta khimiyi. Elektronne naukove vydannya. 2 [in Ukrainian] https://sites.znu.edu.ua/bio-eco-chem-sci/issues/index.php?action=url/view&url_id=6786.
19. Balfagón, D., Zandalinas, S. I., Mittler, R. & Gómez-Cadenas, A. (2020). High temperatures modify plant responses to abiotic stress conditions. *Physiol. Plant*, 170(3), 335–344. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.13151>.
20. Cotoz, A. –P., Dan, V. –S., Gocan, T. –M., Andreica, I., Rózsa, S. & Cantor, M. (2023). *Sedum* Growth Patterns under Different Pedoclimatic Conditions. *Plants*, 12, 2739. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12142739>.
21. Genera of *Crassulaceae* subfam. *Sedoideae*. United States Department of Agriculture. Germplasm Resources Information Network (GRIN). (2024). [updated 2024 May 17]. Available from: <https://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1764>.
22. Koźmińska, A., Al Hassan, M., Wiszniewska, A., Hanus-Fajerska, E., Boscaiu, M. & Vicente, O. (2019). 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>.

23. Mifsud, S., Stephenson, R. & Thiede J. (2015). *Sedum album* subsp. *rupi-melitense* (Crassulaceae), a new vegetative reproducing subspecies from Malta (Maltese Islands, Central Mediterranean). *Phytotaxa*, 227(2), 135–146. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.227.2.3>.
24. Rai, G. K., Kumar, R. R. & Bagati, S. (2021). *Abiotic Stress Tolerance Mechanisms in Plants*. CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781003163831> 25.
25. Raunkiaer, C. (1934). *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press.
26. Raza, A., Ashraf, F., Xiling, Zou, Zhang, X. & Tosif, H. (2020). *Plant Adaptation and Tolerance to Environmental Stresses: Mechanisms and Perspectives*. In book: *Plant Ecophysiology and Adaptation under Climate Change: Mechanisms and Perspectives I*. Hasanuzzaman M. (ed.) Springer Nature, Singapore Pte Ltd. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-2156-0_5.
27. Rezai, S., Etemadi, N., Nikbakht, A., Yousefi, M. & Majidi M.M. (2018). Effect of Light Intensity on Leaf Morphology, Photosynthetic Capacity, and Chlorophyll Content in Sage (*Salvia officinalis* L.). *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 36(1), 46–57. DOI: <https://doi.org/10.12972/kjst.20180006>.
28. Takanori Kuronuma, Hitoshi Watanabe. (2016). *Physiological and Morphological Traits and Competence for Carbon Sequestration of Several Green Roof Plants under a Controlled Environmental System*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 141(6), 583–590. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS03909-16>.
29. Van der Kolk, H. – J., Van den Berg, P., Korthals, G. & Bezemer, T. M. (2020). Shading enhances plant species richness and diversity on an extensive green roof. *Urban Ecosystems*, 23, 935–943. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11252-020-00980-w>.
30. Yang, C., Wang, X., Qin, Y., Sun, X., Wang, Q., Lin, H. & Xi, D. (2015). Morphological and Physiological Changes in *Sedum spectabile* during Flower Formation Induced by Photoperiod. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43(2), 426–431. DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha4329824>.