

ОСОБЛИВОСТІ СЕЗОННОГО РОЗВИТКУ ВИДІВ РОДІВ *SEDUM* L. ТА *HYLOTELEPHIUM* Н. ОНБА В УМОВАХ КРИВОРІЖЖЯ

Наведено результати дослідження сезонного розвитку видів родів *Sedum* L. та *Hylotelephium* Н. Онба в умовах Криворіжжя протягом 2003–2021 рр. У степовій зоні України глобальні кліматичні зміни пов'язані з підвищенням температур і тривалими посухами, особливо в період активної вегетації рослин, що призводить до стресових умов для їхньої життєдіяльності. Через це рослини, яких використовують в озелененні міських територій, змінюють ритми росту й розвитку, а лімітуючими чинниками стають переважно температура повітря та добовий фотоперіод. Мета роботи – визначити особливості фенології окремих видів родів *Sedum* L. та *Hylotelephium* Н. Онба за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України за впливу кліматичних змін. Об'єктами дослідження були *Sedum aizoon* L., *S. album* L., *S. floriferum* Praeg., *S. hybridum* L., *S. reflexum* L., *S. spurium* M. Bieb., *S. takesimense* Nakai, *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) Н. Онба, *H. spectabile* (Boreau) Н. Онба. Підвищення річної температури повітря спричинювало зміни термінів і тривалості окремих фаз розвитку вегетативної і генеративної сфер. Зокрема, у 2017–2021 рр. рослини починали розвиток на 8–13 дів раніше (початок березня), а завершували вегетацію значно пізніше (кінець листопада – початок грудня), ніж 19 років тому. Відповідно, вегетаційний період збільшився на 20–50 дів. За інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України *S. floriferum*, *S. takesimense*, *S. spurium* змінюють феноритмотип із зимо-во-зеленого на весняно-літньо-осінньо-зелений. З'ясовано, що *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *S. floriferum*, *S. hybridum* і *S. takesimense*, які в природних ареалах цвітуть у липні, в умовах Криворіжжя починають квітнути в червні, а у 2017–2021 рр. терміни пришивидиуються – це вже кінець травня – початок червня. Різниця в термінах досягала 12–18 дів. Середня тривалість цвітіння седумів становила 22–30 дів. Протягом 2003–2021 рр. період цвітіння достовірно збільшився у *S. aizoon*, *S. floriferum* та *S. reflexum*. В умовах Криворіжжя види *S. floriferum*, *S. takesimense* і *S. spurium* змінюють стратегію розвитку: не вегетують у зимовий період і цвітуть у червні, що не є характерним для них у природних ареалах. Також відбувається зміна термінів цвітіння на ранньо-літній період у *S. album*, *S. reflexum* і *S. hybridum*, які є літньо-квітучими. Визначені особливості сезонного ритму розвитку вказують на значний рівень пластичності досліджуваних видів.

Ключові слова: фенологія, рід *Sedum*, рід *Hylotelephium*, Криворіжжя, кліматичні зміни.

Вступ

Одним із комплексних еколого-біологічних досліджень є фенологічні спостереження, які особливо актуально використовувати у зв'язку зі змінами клімату, оскільки перебіг процесів метаболізму рослин тісно пов'язаний з температурним чинником. Рослини суттєво змінюють ритміку процесів росту й розвитку, пристосовуючись до кліматичних умов конкретної території, яка має свої, притаманні їй сезонні явища і свої календарні терміни їх настання [1–4]. Динаміка настання фенофаз у рослин – терміни початку і тривалості їхніх фенологічних циклів – перебувають під постійним впливом сезонних змін (чергування пір року, тривалість дня і ночі). В умовах степової зони України, особливо в південній її частині, більшість рослин, які культивуються або використовуються в озелененні населених

пунктів, постійно зазнають впливу несприятливих умов для їхньої життєдіяльності. Глобальні кліматичні зміни в цих районах пов'язані з підвищенням температур і тривалими посухами, здебільшого в період активної вегетації рослин. Це нерідко спричиняє стресові умови для розвитку багатьох видів і може призвести до збіднення природного фіторізноманіття як загалом, так і в окремих степових районах [5–7].

У зв'язку з такими постійними кліматичними аномаліями постає гостра потреба дослідження феноритмів та їхніх змін, які виникають упродовж вікової та сезонної динаміки розвитку багаторічників. Отримані результати спостережень допоможуть вирішити широкий діапазон наукових завдань, пов'язаних із пристосованістю видів до різних сценаріїв зміни клімату [8]. Своєю чергою це дає змогу прогнозування та запобігання в майбутньому негативному впливу

кліматичного чинника на природну й штучно створену рослинність Степу України. З іншого боку, можна визначити чутливі види та їхні реакції на кліматичні зміни з подальшим застосуванням їх як фітоіндикаторів стану навколишнього середовища. Дослідження процесів і ритму розвитку рослин у степових умовах України, де й розташований такий великий промисловий регіон, як Криворіжжя, є важливим з огляду на те, що буде виявлено пристосувальні реакції рослинних організмів, спрямовані на зменшення стресового впливу зовнішніх чинників [9].

Представники родини Crassulaceae J.St.-Nil. давно культивуються в культурі, є невибагливими до ґрунтових умов, досить посухостійкими багаторічниками [10,11]. Та, незважаючи на очевидну перспективність їх застосування, у різних типах ландшафтного будівництва на Криворіжжі широко використовують лише кілька видів.

Саме тому метою нашої роботи було визначити особливості фенології окремих видів родів *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України та вплив кліматичних змін на ритми їхнього сезонного розвитку.

Об'єкти та методи досліджень

Дослідження було проведено протягом 2003–2021 рр. на колекційній ділянці «Малопоширені багаторічні рослини» Криворізького ботанічного саду НАН України (далі – КБС). Кліматичні умови в районі дослідження відповідають таким у регіоні (Криворіжжя) та в природній зоні України – Правобережний Степ [12].

Об'єктами дослідження були види родів *Sedum* (*S. aizoon* L., *S. album* L., *S. floriferum* Praeg., *S. hybridum* L., *S. reflexum* L., *S. spurium* M. Bieb., *S. takesimense* Nakai) та *Hylotelephium* (*H. ewersii* (Ledeb) H. Ohba, *H. spectabile* (Boreau) H. Ohba). Еколого-біологічні показники розвитку очитків визначали за загальноприйнятими біологічними методами дослідження. Сезонний розвиток рослин вивчали за загальноприйнятою методикою фенологічних спостережень у ботанічних садах [13], при цьому визначали такі фенологічні фази: B_1 – початок вегетації, C_1 – початок цвітіння, C_m – масове цвітіння, B_3 – кінець вегетації. Феноритмотипи описували за І. Борисовою [14], а життєві форми – за С. Раункієром [15].

Результати та їх обговорення

Кліматичні зміни в Правобережно-степовому Придніпров'ї, як і загалом на планеті, пов'язані з глобальним потеплінням. Унаслідок цього середньорічна температура на Криворіжжі за останні 20 років підвищилася більш ніж на 2 °C і становить +8,7–11,2 °C (у 2003–2021 рр.) [12,16]. Лінійна лінія тренду для середньорічної температури стабільно зростає вгору, а достовірність апроксимації $R^2 = 0,671$ (рис. 1).

Максимальне потепління відбувалося в січні – квітні та липні – серпні (середньомісячна температура в ці місяці підвищилася на 3–4,7 °C). Найістотніше температура повітря підвищувалася в лютому – березні – від -7,5 – +0,8 °C (2003 р.) до -2,8 – +5,5 °C (2021 р.). Схожі зимово-весняні температурні зміни в останні роки спостерігалися і на південному сході України, проте темпи зростання температури були у 1,5 раза нижчі [17].

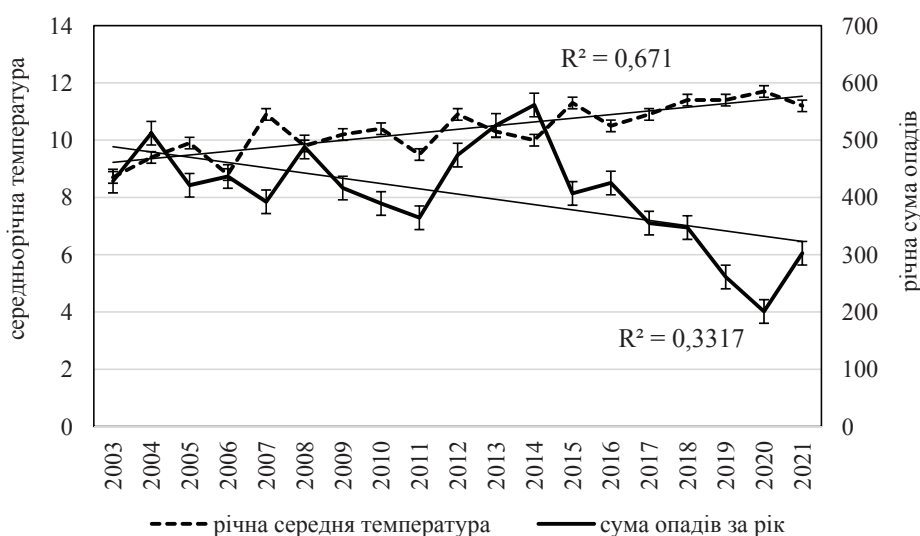


Рис. 1. Кліматичні умови (середньорічна температура повітря і сума річних опадів) на Криворіжжі у 2003–2021 рр.

Імовірно, що ефект зміщення максимуму потепління в останні десятиліття може бути чинником збільшення повторюваності низки несприятливих клімато-екологічних явищ [18].

Річна сума опадів протягом 2003–2021 рр. коливалася в межах 200–560 мм і з роками поступово зменшувалася (достовірність апроксимації $R^2 = 0,3317$), а в 2019–2021 рр. взагалі не перевищувала 300 мм на рік (див. рис. 1). Значимо, що впродовж літніх місяців баланс зволоження мав дефіцит: за вегетаційний період випадало лише 100–150 мм опадів. Літо характеризувалося високими аномальними температурами повітря (+36,7–38,1 °C) і частими суховіями. За останні 60 років посушливими є кожні 3–4 роки на одне десятиліття, а сильні посухи бувають 1 раз на 5–10 років [19]. Такі тривалі бездошові періоди та висока температура повітря значно ослаблюють рослини в період посух.

Доведено, що зростання температури повітря спричиняє зміни в термінах початку та тривалості вегетаційного періоду, призводить до більш раннього квітання, повторного розвитку вегетативної сфери рослин [20,21]. Своєю чергою зміни, які відбуваються в процесі фенологічного розвитку рослин, пов'язані з пристосованістю видів і є адаптивною рисою, чутливою до мінливих кліматичних умов [22–24]. Рослини адаптують свою фенологію до місця інтродукції,

а лімітуючими чинниками є переважно температура повітря та добовий фотоперіод [25–27].

Досліджувані види родів *Sedum* та *Hylotelephium* було інтродуковано в КБС на початку 2000-х років, тож рослини проходять розвиток на Криворіжжі вже понад 20 років. Це дає змогу за результатами фенологічних спостережень робити висновки про особливості їхнього розвитку під впливом кліматичних змін.

За життєвими формами *S. album*, *S. spurium*, *S. reflexum*, *S. floriferum*, *S. hybridum*, *S. takesimense* та *H. ewersii* належать до вегетативно рухливих наземно-повзучих хамефітів, які утворюють «зелені» килимки [28–30]. Натомість *S. aizoon* та *H. spectabile* – вегетативно малорухливі короткокореневищні гемікриптофіти [28]. За особливостями ритмів росту й розвитку *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *S. floriferum*, *S. hybridum* і *S. takesimense* характеризуються як зимово-зелені види з раннім відростанням і літнім квітанням [29]. *S. aizoon*, *H. ewersii* та *H. spectabile* – весняно-літньо-осінньо-зелені види з раннім відростанням [30,31], проте перший вид квітує на початку літа, а два останні – наприкінці.

Аналіз отриманих даних показав, що за змін температурного режиму вегетація рослин в останні роки починалася в I декаду березня (рис. 2), тоді як 19 років тому – в останні дні березня або

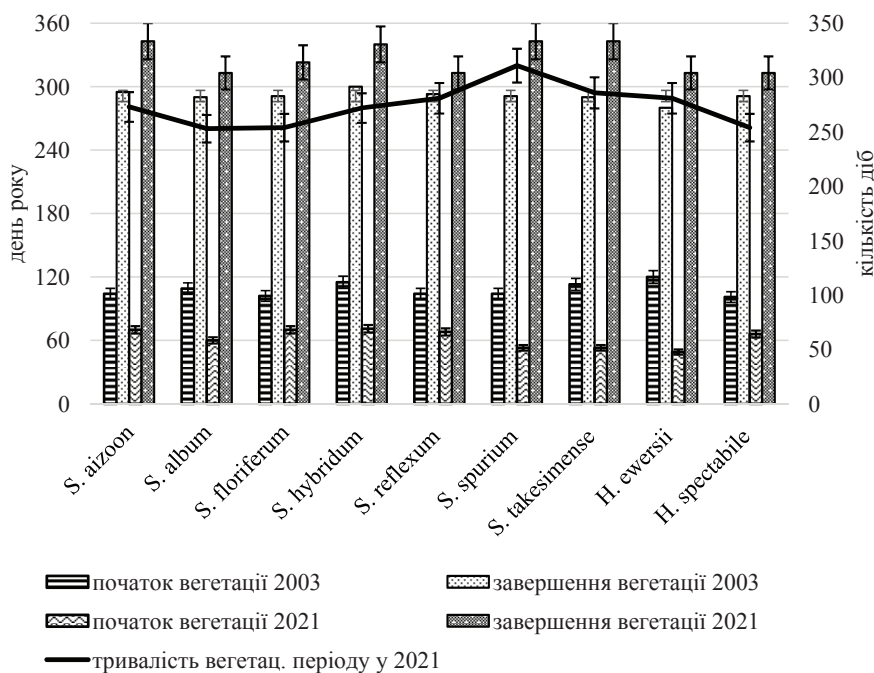


Рис. 2. Показники вегетаційного розвитку видів родів *Sedum* L. і *Hylotelephium* H. Ohba за інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України протягом 2003 та 2021 р. (початок і завершення вегетації подано у вигляді гістограми на лівій вертикальній осі, тривалість вегетаційного періоду – у вигляді графіка на правій вертикальній осі)

на початку квітня. Тобто за середніми показниками рослини починають розвиток на 8–13 дів раніше. Останнє п'ятиріччя (2017–2021 рр.) вегетація досліджуваних видів тривала до III декади листопада – початку грудня, що значно довше, ніж у 2003–2006 рр. – тільки до III декади жовтня. З урахуванням отриманих даних можна стверджувати, що під впливом кліматичних змін відбулося збільшення вегетаційного періоду в рослин окремих видів родів *Sedum* і *Hylotelephium*. Майже 20 років тому (2003–2006 рр.) у всіх досліджуваних видів вегетація тривала в середньому 206–216 дів, а межі коливання цього показника сягали ± 9 –16 дів.

У 2017–2021 рр. вегетація рослин *S. floriferum*, *H. spectabile* та *H. ewersii* тривала 240–244 доби; у *S. album*, *S. aizoon* і *S. hybridum* – 253–256 дів; у *S. takesimense*, *S. spurium* і *S. reflexum* – 262–269 дів. Також збільшуються межі коливання цього фенологічного показника – ± 15 –26 дів. У 2021 р. серед досліджуваних видів рослини *S. floriferum* мали найменший вегетаційний період (240 дів), тоді як рослини *S. reflexum* вегетували найдовше – 269 дів (див. далі таблицю).

Зауважимо, що такі види, як *S. floriferum*, *S. takesimense*, *S. spurium*, які в природних місцезростаннях за феноритмотипом є зимово-зеленими, в наших кліматичних умовах виявляють себе весняно-літньо-осінньо-зеленими і в холодний період року скидають від 50 до 100 % листя. Схожу тенденцію розвитку рослин *S. spurium* зафіксували й інші дослідники [32]. На нашу думку, такі зміни феноритмотипу у видів можна пояснити географічним розташуванням їхніх ареалів (Південний Китай і Монголія, Пакистан, Афганістан, Корея, Японія), що характеризуються значно вищими річними температурами повітря [29,33].

З огляду на те, що для використання квітничково-декоративних рослин у ландшафтному дизайні потрібні знання про їхні декоративні ознаки, зокрема терміни і тривалість квітнення, в наших дослідженнях особливу увагу приділено розвитку генеративної сфери видів. За особливостями ритмів росту й розвитку *S. aizoon* є ранньо-літньо-квітучим (цвітіння починається в червні); *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *S. floriferum*, *S. hybridum* і *S. takesimense* – літньо-квітучими (початок квітнення в липні); *H. ewersii* та *H. spectabile* – пізньо-літньо-квітучими (починають цвісти в серпні) [29]. Довготривалі спостереження доводять, що в умовах КБС досліджувані види змінюють ритми розвитку генеративної сфери, передовсім терміни початку цвітіння. Зокрема, рослини *S. album*,

S. reflexum, *S. spurium*, *S. floriferum*, *S. hybridum* і *S. takesimense* відрізнялися ранньо-літнім квітванням, початок якого у 2003–2006 рр. припадав на червень, що для них не є характерним. Упродовж інтродукції терміни квітвання в цих видів пришвидшувалися: рослини починали цвітіння раніше, ніж на початку їх впровадження в КБС – наприкінці травня – I декаді червня (див. далі таблицю). Наприклад, рослини *S. floriferum* та *S. takesimense* у період 2017–2021 рр. за середніми показниками квітвали раніше на 12–18 дів, ніж у 2003–2006 рр. Встановлене нами зміщення початку квітвання на більш ранній термін можна пояснити тим, що червень у наших умовах є більш сприятливим для квітвання рослин і подальшого визрівання насіння. Водночас рослини *H. ewersii*, які у 2003–2006 рр. зацвітали в другій половині серпня, що відповідало пізньо-літньому квітванню, у 2007–2021 рр. значно пришвидшили розвиток і зацвітали вже у III декаді липня (літній термін цвітіння). Тільки рослини *H. spectabile* в умовах Криворіжжя розвивалися за характерним для них ритмом і зацвітали наприкінці серпня (пізньо-літньо-квітучі).

Загалом можна констатувати, що в наших кліматичних умовах протягом 2017–2021 рр. першими в останні дні травня починали цвітіння рослини *S. hybridum* і *S. floriferum*, протягом I декади червня – *S. takesimense*, *S. aizoon*, *S. album*, *S. reflexum* і *S. spurium*. Тривало їх квітвання до I–II декади липня. Продовжували декоративний період рослини *H. ewersii*, які починали квітвати упродовж III декади липня і завершували його в середині вересня. Наприкінці серпня колекції прикрашали вже рослини *H. spectabile*, що в цей час починали цвітіння, яке тривало до кінця жовтня. Цей вид мав і найбільшу тривалість квітвання – 42 доби. Середня тривалість цвітіння седумів становила 22–30 дів; до того ж найменшою вона була у *S. reflexum*, а найбільшою – у *S. hybridum*. Аналіз отриманих даних доводить, що протягом 2003–2021 рр. період квітвання збільшився майже в усіх видів, але про достовірність результатів можемо говорити тільки щодо *S. aizoon*, *S. floriferum* та *S. reflexum*.

Висновки

Зростання річної температури повітря спричиняє зміни термінів і тривалості окремих фаз розвитку вегетативної і генеративної сфер видів родів *Sedum*, *Hylotelephium* в умовах Криворіжжя. У 2017–2021 рр. рослини починають розвиток на 8–13 дів раніше (протягом I декади березня), тоді як завершується

Таблиця. Фенорозвиток видів родів *Sedum* L. та *Hylotelephium* H. Ohba, інтродукованих у Криворізький ботанічний сад НАН України протягом 2003–2021 рр.

Рік дослідження	V ₁	Ц ₁	Ц _m	Квітування, діб	V ₃	Вегетація, діб
1	2	3	4	5	6	7
<i>Sedum aizoon</i> L.						
2003–2006	28.03±15	14.06±5	21.06±3	16,3±3,2	21.10±2	213,0±9,4
2007–2011	21.03±4	20.06±8	29.06±6	20,4±2,7	23.11±6	237,4±6,5
2012–2016	17.03±7	4.06±5	10.06±5	26,0±6,1	10.11±15	232,4±15,1
2017–2021	22.03±12	8.06±3	17.06±4	25,6±4,3	28.11±13	253,2±20,5
<i>Sedum album</i> L.						
2003–2006	28.03±17	20.06±7	26.06±6	26,5±7,1	18.10±5	211,5±11,3
2007–2011	18.03±9	23.06±8	28.06±10	28,4±6,3	5.11±20	228,2±29,7
2012–2016	14.03±13	7.06±5	12.06±7	22,4±4,5	13.11±7	233,8±28,4
2017–2021	20.03±19	9.06±6	18.06±5	27,6±6,8	27.11±18	252,8±26,4
<i>Sedum floriferum</i> Praeg.						
2003–2006	30.03±15	12.06±3	21.06±3	17,3±2,5	20.10±2	209,5±13,5
2007–2011	17.03±7	11.06±7	18.06±6	21,8±3,1	5.11±20	233,8±17,9
2012–2016	15.03±12	29.05±4	6.06±4	21,8±2,9	28.11±13	256,4±18,1
2017–2021	17.03±17	31.05±6	8.06±5	28,0±5,2	9.11±11	240,0±21,5
<i>Sedum hybridum</i> L.						
2003–2006	28.03±16	27.05±6	11.06±9	31,3±2,9	4.11±16	216,5±14,3
2007–2011	19.03±9	2.06±15	11.06±9	23,4±4,7	12.11±18	233,4±8,0
2012–2016	13.03±10	19.05±6	30.05±4	26,6±3,4	23.11±16	251,8±22,1
2017–2021	25.03±15	23.05±11	1.06±10	31,4±4,8	3.12±13	256,4±19,3
<i>Sedum reflexum</i> L.						
2003–2006	28.03±17	24.06±9	29.06±7	16,0±2,5	30.10±15	212,1±13,6
2007–2011	17.03±8	15.06±12	25.06±15	24,6±9,3	5.11±20	240,4±19,2
2012–2016	15.03±13	5.06±3	11.06±2	22,6±8,4	29.11±22	252,8±26,8
2017–2021	1.03±15	11.06±6	17.06±4	22,6±3,7	28.11±19	269,2±18,9
<i>Sedum spurium</i> M.Bieb.						
2003–2006	27.03±16	21.06±9	2.07±6	21,8±4,6	20.10±2	210,5±15,9
2007–2011	20.03±5	5.07±8	15.07±12	21,2±5,2	6.11±20	233,6±18,1
2012–2016	19.03±6	10.06±6	17.06±5	20,6±4,3	29.11±14	250,4±20,6
2017–2021	17.03±13	12.06±7	22.06±8	27,8±3,6	2.12±14	263,6±23,7
<i>Sedum takesimense</i> Nakai						
2003–2006	30.03±15	18.06±14	23.06±11	29,0±6,3	20.10±2	209,5±13,6
2007–2011	19.03±10	10.06±6	19.06±9	22,0±5,5	10.11±15	237,2±11,1
2012–2016	17.03±10	5.06±14	14.10±10	25,6±3,9	25.11±10	249,6±18,2
2017–2021	10.03±16	1.06±5	12.06±7	28,2±7,1	30.11±16	262,2±21,4
<i>Hylotelephium ewersii</i> (Ledeb) H. Ohba						
2003–2006	30.03±15	20.08±4	26.08±7	32,0±9,2	20.10±2	206,3±13,8
2007–2011	17.03±7	1.09±10	11.09±10	36,2±5,0	6.11±20	233,4±20,7
2012–2016	21.03±4	9.08±7	22.08±8	34,5±8,7	24.11±17	247,6±17,6
2017–2021	15.03±13	23.07±13	15.08±7	37,2±5,2	9.11±11	244,2±20,1
<i>Hylotelephium spectabile</i> (Boreau) H. Ohba						
2003–2006	30.03±15	30.08±12	12.09±8	32,8±10,4	20.10±2	206,3±13,9
2007–2011	17.03±7	29.08±4	18.09±8	40,2±9,8	5.11±20	233,2±16,1
2012–2016	14.03±11	4.09±5	12.09±7	28,2±8,1	13.11±28	254,0±15,3
2017–2021	11.03±9	28.08±20	10.09±18	42,0±8,7	9.11±11	241,6±25,0

вегетація значно пізніше, ніж 19 років тому – у III декаді листопада чи на початку грудня. Отже, вегетаційний період у рослин досліджуваних видів збільшився на 20–50 діб. За інтродукції в Криворізький ботанічний сад НАН України *S. floriferum*, *S. takesimense*, *S. spurium* змінюють феноритмотип із зимово-зеленого на весняно-літньо-осінньо-зелений.

З'ясовано, що *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *S. floriferum*, *S. hybridum* і *S. takesimense*, які в природних ареалах цвітуть у липні, в умовах Криворіжжя починають квітування в червні, а в 2017–2021 рр. ще раніше – наприкінці травня – I декаді червня. Різниця в строках сягала 12–18 діб. Значно пришвидшує цвітіння пізньо-літньо-квітучий *H. ewersii*: квітування переходить із серпня

на III декаду липня. Середня тривалість цвітіння седумів становила 22–30 діб. Найкоротше квітвання зафіксовано у *S. reflexum*, а найдовше – у *S. hybridum*. Протягом 2003–2021 рр. тривалість цвітіння достовірно збільшилася у *S. aizoon*, *S. floriferum* та *S. reflexum*. Узагальнюючи, можна констатувати, що види *S. floriferum*, *S. takesimense* та *S. spurium* в умовах Криворіжжя змінюють стратегію розвитку: не вегетують у зимовий

період і цвітуть у червні, що не є характерним для них у природних ареалах. Також відбувається зміна термінів цвітіння на ранньо-літній період у *S. album*, *S. reflexum* та *S. hybridum*, які є літньо-квітучими. Визначені особливості сезонного ритму розвитку вказують на значний рівень пластичності досліджуваних видів, що частково можна пояснити їхніми широкими природними ареалами розповсюдження.

Список літератури

1. Чипиляк ТФ, Лещенко ЕН, Линкевич ЕА. Сезонное развитие многолетних цветочных растений в Правобережном степном Приднепровье под влиянием климатических изменений. Darnios Aplinkos Vystymas [Интернет]. 2020;1(17):68–75. Доступно на: <http://ojs.kvk.lt/index.php/DAV/article/view/147/107>
2. Кордюм ЕЛ, Сытник КМ, Бараненко ВВ, Белявская НА, Климчук ДА, Недуха ЕМ. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. Киев: Наукова думка; 2003. 279 с.
3. Anjum S, Xie X-y, Wang L-c, Saleem M, Man C, Lei W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 2011;6(9):2026–32. DOI: 10.5897/AJAR10.027
4. Недуха ОМ. Клітинна оболонка і фактори середовища. Київ: Альтерпрес; 2015. 291 с.
5. Гродзинский ДМ. Адаптивная стратегия физиологических процессов растений. Киев: Наукова думка; 2013. 302 с.
6. Буйдин ЮВ. Основные тенденции в современной интродукции ведущих цветочно-декоративных травянистых растений в Украине. В: Материалы VII Междунар. науч. конф. Цветоводство: история, теория, практика; 2016 май 24–26; Минск. Минск, Беларусь; 2016. с. 16–18.
7. Чипиляк ТФ, Зубровська ОМ, Шоль ГН. Рослини в урбо-техногенному середовищі степової зони України. Київ: Талком; 2022. 390 с.
8. Chuine I. Why does phenology drive species distribution? Phil. Trans. R. Soc. B. 2010;365:3149–60. DOI: 10.1098/rstb.2010.0142
9. Bramwell D. Plant adaptation and climate change. In: Programme Book of abstract. 2nd World Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change; 2008 29 June – 4 July; Netherlands. Netherlands: Delft; 2008. p. 3.
10. Stephenson R. Stonecrops of the Maltese Island group. Sedum Society Newsletter. 2014;111:4–7.
11. Пушка ІМ, Величко ЮА, Осіпов МЮ, Козаченко ІВ. Еколого-біологічні особливості інтродукованих видів роду *Sedum* L. в умовах Правобережного Лісостепу України. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2019;109(1):212–8. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.109-1.31
12. Паранько ІС, Шипунова ВО. Клімат Криворіжжя. У: Паранько ІС, Казаков ВЛ, Калініченко ОО, Коцюруба ВВ, Остапчук ІО, Савосько ВМ, Шипунова ВО, Ярков СВ. Фізична географія Криворіжжя. Кривий Ріг: Вид. Р.А. Козлов; 2015. с. 82–102.
13. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. Москва: ГБС АН СССР; 1975. 27 с.
14. Борисова ИВ. Сезонная динамика растительного сообщества. В: Полевая геоботаника. Т. 4. Ленинград: Наука; 1972. с. 5–94.
15. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press; 1934. 632 p.
16. Архів погоди: аеропорт м. Кривий Ріг [Интернет]. 2023 [цитовано 2023 берез. 27]. Доступно на: <https://meteopost.com/weather/archive/>
17. Меженський ВМ. Кліматичні зміни та їх вплив на деревні рослини на південному сході України. Промышленная ботаника. 2009;9:56–9.
18. Бойченко С. Сучасні глобальні зміни клімату та прояви їх на території України. Світогляд. 2008;1:15–25.
19. Казаков ВЛ, Паранько ІС, Сметана МГ, Шипунова ВО, Коцюруба ВВ, Калініченко ОО. Природнича географія Кривбасу. Кривий Ріг: КДПУ; 2005. 156 с.
20. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. Вісник НАН України. 2009;2:34–44.
21. Лаптев АА. Интродукция и акклиматизация растений с основами озеленения. Киев: Фитосоцицентр; 2001. 128 с.
22. Зайцев ГН. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. Москва: Наука; 1984. 424 с.
23. Bahuguna RN, Jagadish KS. Temperature regulation of plant phenological development. Environmental and Experimental Botany. 2015;111:83–90.
24. Pezzi G, Buldrini F, Mandolfo A, Puppi G, Velli A, Conte L. Phenological and genetic characterization of *Sedum hispanicum* (Crassulaceae) in the Italian peninsula at the western margin of its distribution. Plant Ecology and Evolution. 2017;150(3):293–303. DOI: 10.5091/plecevo.2017.1309
25. Chuine I, Beaubien E. Phenology is a major determinant of temperate tree range. Ecol. Lett. 2001;4:500–510. DOI: 10.1046/j.1461-0248.2001.00261.x
26. Badeck FW, Bondeau A, Bottcher K, Doktor D, Lucht W, Schaber J, Sitch S. Responses of spring phenology to climate change. New Phytol. 2004;162:295–309. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2004.01059.x
27. Morin X, Thuiller W. Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change. Ecology. 2009;90:1301–13. DOI: 10.1890/08-0134.1
28. Дьяченко АД, Клименко АВ. Перспективный ассортимент растений для использования на крышах подземных сооружений. Науковий вісник НЛТУ України. 2013; 23(5):219–25.
29. Genera of *Crassulaceae* subfam. *Sedoideae*. United States Department of Agriculture. Germplasm Resources Information Network (GRIN) [Internet]. 2022 [updated 2022 May 7; cited 2022 Nov 17]. Available from: <https://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1764>
30. Lee KB, Yoo YG, Park K-R. Morphological Relationships of Korean species of *Sedum* L. subgenus *aizoon* (Crassulaceae). Korean Journal of Plant Taxonomy. 2003;33(1):1–15. DOI: 10.11110/kjpt.2003.33.1.001
31. 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;43(2):426–31. DOI: 10.15835/nbha4329824
32. Perez G, Chocarro C, Juárez-Escario A, Coma J. Evaluation of the development of five *Sedum* species on extensive green roofs in a continental Mediterranean climate. Urban Forestry & Urban Greening. 2019;48(5):126566. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126566
33. Лунина НМ. Декоративные многолетники (ассортимент, агротехника, использование). Минск: Изд. ЭС Гальперин; 1997. 168 с.

References

- Chypyliak TF, Leshchenyuk YeN, Linkevich YeA. Seasonal Decoration of Flower Compositions in the Right-Bank Steppe Dnieper Region Under the Influence of Climatic Changes. Darnios Aplinkos Vystymas [Sustainable Environmental Development] [Internet]. 2020;1(17):68–75. Available from: <http://ojs.kvk.lt/index.php/DAV/article/view/147/107>. Russian.
- Kordyum YeL, Sytnik KM, Baranenko VV, Belyavskaya NA, Klimchuk DA, Nedukha YeM. Cellular mechanisms of plant adaptation to adverse effects of environmental factors in natural conditions. Kyiv: Naukova Dumka; 2003. 279 p. Russian.
- Anjum S, Xie X-y, Wang L-c, Saleem M, Man C, Lei W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research. 2011;6(9):2026–32. DOI: 10.5897/AJAR10.027
- Nedukha OM. Plant cell wall and environment. Kyiv: Alterpress; 2015. 291 p. Ukrainian.
- Grodzinskiy DM. Adaptive strategy of plant physiological processes. Kyiv: Naukova Dumka; 2013. 302 p. Russian.
- Buidin Yu. The main tendencies in modern introduction of leading ornamental herbaceous plants in Ukraine. In: Proceedings of the VII International scientific conference. Floriculture: history, theory, practice; 2016 May 24-26; Minsk. Minsk, Belarus; 2016. p. 16–8. Russian.
- Chypyliak TF, Zubrovska OM, Shol HN. Plants in the urbotechnogenic environment of the steppe zone of Ukraine. Kyiv: Talkom; 2022. 390 p. Ukrainian.
- Chuine I. Why does phenology drive species distribution? Phil. Trans. R. Soc. B. 2010;365:3149–60. DOI: 10.1098/rstb.2010.0142
- Bramwell D. Plant adaption and climate change. In: Programme Book of abstract. 2nd World Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change; 2008 29 June – 4 July; Netherlands. Netherlands: Delft; 2008. p. 3.
- Stephenson R. Stonecrops of the Maltese Island group. Sedum Society Newsletter. 2014;111:4–7.
- Pushka IM, Velychko YuA, Osipov MYu, Kozachenko IV. Ecological and biological features of introduced species of the genus *Sedum* L. in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Tauride Scientific Bulletin. Agricultural Sciences. 2019;109(1):212–8. DOI: 10.32851/2226-0099.2019.109-1.31. Ukrainian.
- Paranko IS, Shypunova VO. Climate of Kryvyi Rih. In: Paranko IS, Kazakov VL, Kalinichenko OO, Kotsyuruba VV, Ostapchuk IO, Savosko VM, Shypunova VO, Yarkov SV. Physical geography of Kryvyi Rih. Kryvyi Rih: Ed. RA Kozlov; 2015. p. 82–102. Ukrainian.
- Methods of phenological observations in the botanical gardens of the USSR. Moscow: MBG AS of the USSR; 1975. 27 p. Russian.
- Borisova IV. Seasonal dynamics of the plant community. In: Field geobotany. Vol. 4. Leningrad: Nauka; 1972. p. 5–94. Russian.
- Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical plant geography. Oxford: Clarendon Press; 1934. 632 p.
- Weather archive: Kryvyi Rih airport [Internet]. 2023 [cited 2023 Mar 27]. Available from: <https://meteoport.com/weather/archive/> Ukrainian.
- Mezhenskiy VM. Climate changes and their influence on arboreal plants in the south-east of Ukraine. Industrial Botany. 2009;9:56–9. Ukrainian.
- Boychenko S. Modern global climate changes and their manifestations on the territory of Ukraine. Worldview. 2008;1:15–25. Ukrainian.
- Kazakov VL, Paranko IS, Smetana MH, Shypunova VO, Kotsyuruba VV, Kalinichenko OO. The natural geography of Kryvas. Kryvyi Rih: KDPU; 2005. 156 p. Ukrainian.
- Didukh Ya. Ecological aspects of the global climate changes: reasons, consequences and actions. Bulletin of the NAS of Ukraine. 2009;2:34–44. Ukrainian.
- Lapteva AA. Introduction and acclimatization of plants with the basics of landscaping. Kyiv: Phytosociocenter; 2001. 128 p. Russian.
- Zaytsev GN. Mathematical statistics in experimental botany. Moscow: Nauka; 1984. 424 p. Russian.
- Bahuguna RN, Jagadish KS. Temperature regulation of plant phenological development. Environmental and Experimental Botany. 2015;111:83–90.
- Pezzi G, Buldrini F, Mandolfo A, Puppi G, Velli A, Conte L. Phenological and genetic characterization of *Sedum hispanicum* (Crassulaceae) in the Italian peninsula at the western margin of its distribution. Plant Ecology and Evolution. 2017;150(3): 293–303. DOI: 10.5091/plecevo.2017.1309
- Chuine I, Beaubien E. Phenology is a major determinant of temperate tree range. Ecol. Lett. 2001;4:500–510. DOI: 10.1046/j.1461-0248.2001.00261.x
- Badeck FW, Bondeau A, Bottcher K, Doktor D, Lucht W, Schaber J, Sitch S. Responses of spring phenology to climate change. New Phytol. 2004;162:295–309. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2004.01059.x
- Morin X, Thuiller W. Comparing niche- and process-based models to reduce prediction uncertainty in species range shifts under climate change. Ecology. 2009;90:1301–13. DOI: 10.1890/08-0134.1
- Dyachenko AD, Klimentko AV. Perspective plant assortment for using on the roofs of underground facilities. Scientific Bulletin NFTU of Ukraine. 2013;23(5):219–25. Russian.
- Genera of *Crassulaceae* subfam. *Sedoideae*. United States Department of Agriculture. Germplasm Resources Information Network (GRIN) [Internet]. 2022 [updated 2022 May 7; cited 2022 Nov 17]. Available from: <https://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1764>
- Lee KB, Yoo YG, Park K-R. Morphological Relationships of Korean species of *Sedum* L. subgenus *aizoon* (Crassulaceae). Korean Journal of Plant Taxonomy. 2003;33(1):1–15. DOI: 10.11110/kjpt.2003.33.1.001
- 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;43(2):426–31. DOI: 10.15835/nbha4329824
- Perez G, Chocarro C, Juárez-Escario A, Coma J. Evaluation of the development of five *Sedum* species on extensive green roofs in a continental Mediterranean climate. Urban Forestry & Urban Greening. 2020;48:126566. DOI: 10.1016/j.ufug.2019.126566
- Lunina NM. Ornamental perennials (assortment, agrotechnics, using). Minsk: Ed. ES Galperin; 1997. 168 p. Russian.

O. Zubrovska, T. Chypyliak

PECULIARITIES OF SEASONAL DEVELOPMENT OF SPECIES OF THE GENERA *SEDUM* L. AND *HYLOTELEPHIUM* H. OHBA IN THE CONDITIONS OF KRYVORIZHZHIA

Resulted results of research of seasonal development of species of the genera *Sedum* L. and *Hylotelephium* H. Ohba in the conditions of Kryvorizhzhia during 2003–2021 years. In the conditions of the steppe zone of Ukraine, global climate changes are associated with rising temperatures and prolonged droughts, especially during the period of active vegetation of plants. This leads to the creation of stressful conditions for the vital activity of plants used in landscaping. In this regard, plants change the rhythms of growth and development, adapting to the climatic conditions of the area of growth. The limiting factors are mainly air temperature and daily photoperiod. The purpose of the work is to determine the phenology features of individual species of the genera *Sedum* and *Hylotelephium* at introduction into the Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine under the influence of climate change. The objects of the study were *Sedum aizoon* L., *S. album* L., *S. floriferum* Praeg., *S. hybridum* L., *S. reflexum* L., *S. spurium* M. Bieb., *S. takesimense* Nakai, *Hylotelephium ewersii* (Ledeb.) H. Ohba, *H. spectabile* (Boreau) H. Ohba. The increase in annual air temperature caused changes in the timing and duration of certain phases of development of the vegetative and generative spheres. Accordingly, there was an increase in the growing season by 20–50 days. When introduced to the Kryvyi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine, *S. floriferum*, *S. takesimense* and *S. spurium* change their phenotype from winter-green to spring-summer-autumn-green. It has been observed that *S. album*, *S. reflexum*, *S. spurium*, *S. floriferum*, *S. hybridum* and *S. takesimense*, which flower in July in their natural habitats, begin bloom in June in Kryvorizhzhia, and in 2017–2021 the timing is accelerated – it is already the end of May–beginning of June. The difference in time reached 12–18 days. The average duration of flowering sedums was 22–30 days. During 2003–2021, the duration of flowering increased reliably in *S. aizoon*, *S. floriferum* and *S. reflexum*. In the conditions of Kryvorizhzhia, the species *S. floriferum*, *S. takesimense* and *S. spurium* change their development strategy – they do not vegetate in the winter period and bloom in June, which is not typical for them in the conditions of natural habitats. There is also a change in the flowering period to the early-summer period in *S. album*, *S. reflexum* and *S. hybridum*, which are summer-flowering. The identified features of the seasonal rhythm of development indicate a significant level of plasticity of the studied species.

Keywords: phenology, genus *Sedum*, genus *Hylotelephium*, Kryvyi Rih, climate changes.

Матеріал надійшов 25.05.2023



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)