

••• БОТАНІКА ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН •••
••• BOTANY AND PLANT ECOLOGY •••

УДК: 582.949.27+581.522.4:581.524.34(477.63)

Формування й самопідтримання популяції *Hyssopus officinalis* L. в умовах залізорудного відвалу Криворіжжя
М.О. Баранець, І.І. Коршиков

Установлено особливості формування самовідновлення й самопідтримання локальної популяції середземноморського інтродуцента *Hyssopus officinalis* L. у несприятливих еколого-едафічних умовах залізорудного відвалу Криворіжжя, де насіння було висіяне на площі 1 га понад 30 років тому. Досліджена його життєвість. Виявлено, що цей вид, після досягнення репродуктивної фази розвитку, щорічно розмножувався насіннєвим шляхом, зайняв площу відвалу понад 3 га й фактично сформував на ньому ізольовану популяцію. Розповсюджується вид на ті ділянки відвалу, де практично відсутній рослинний покрив, виконуючи, фактично, піонерну функцію. На ділянці, де було проведено первинний висів насіння *H. officinalis*, зараз відбувається процес формування фітоценозу, який за флористичним складом наближається до природних степових, але при цьому інтродукований вид поступово витісняється. В спонтанно зайнятих видом оселищах, сукцесійні процеси знаходяться на початковій стадії. У межах окремих популяційних локусів *H. officinalis* на 100 м² трапляється до 513 дорослих особин із кількістю генеративних пагонів від 20 до 70 шт. на рослину. На цих пагонах утворюється в середньому від 160,2 до 181,6 квіток. Середня насіннєва продуктивність становить 60 % від потенційної, а насіння від материнської особини розповсюджується на відстань 1–5 м. У компактних місцях зростання *H. officinalis* присутні рослини всіх вікових груп – від проростків до субсенільних. *H. officinalis* натуралізувався в умовах залізорудного відвалу, а його локальна популяція є стійкою, повночленною, поповнюється новими особинами щорічно й розповсюджується на території, де інші види взагалі не ростуть. Рослини генеративного віку (g2, g3) досить добре розвинені, заввишки більше 90 см і мають задовільний життєвий стан. Вид на відвалі проявляє піонерні риси, не є агресивним, може витіснитись зональною рослинністю, не становить інвазійної загрози. *H. officinalis* можна рекомендувати для озеленення залізорудних відвалів або їх великих ділянок, які виведені з експлуатації, без технічної попередньої підготовки прямим висівом насіння в породу, тобто штучно сприяти його розповсюдженню.

Ключові слова: *Hyssopus officinalis*, відновлення, насіннєва продуктивність, життєвий стан, популяційна структура, рекультивація, залізорудний відвал Криворіжжя.

Про авторів:

М.О. Баранець – Криворізький ботанічний сад НАН України, вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, Україна, 50089, kbsnanu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1720-4785>

І.І. Коршиков – Криворізький ботанічний сад НАН України, вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, Україна, 50089, ivivkor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1471-398X>

Вступ

Багаторічний видобуток залізної руди на Криворіжжі призводить до докорінного масштабного порушення земель (понад 8,5 тис. га) та формування техногенних новоутворень – відвалів розкритих порід, які фактично не мають природних аналогів у зоні Степу. Принципова різниця промислових відвалів від кам'янистих відслонень у степовій зоні полягає в тому, що породи, які залягали на значній (до 500 м) глибині, за короткий час були вилучені, різною мірою подрібнені, перемішані та складовані у великі за площею (до 800 га) відвали заввишки понад 150 м. Залізорудні відвали відсипаються переважно з суміші кварцитів і сланців та перемежовані суглинками, які мають певну кількість розчинних та слабкорозчинних мінералів, що під впливом опадів, контакту з повітрям та перепадів температур можуть вивільнятися тривалий період часу. Повільний перебіг гіпергенезу порід на поверхні відвалів призводить, з часом, до утворення в локальних місцях гетерогенних за фізико-механічним і хімічним складом субстратів, більш придатних для спонтанного заселення рослинами, а також для створення штучного рослинного покриву. Як показала п'ятдесятирічна практика озеленення залізорудних відвалів Криворіжжя, найскладнішим завданням є підбір стійких видів, які здатні рости на їх поверхні та відігравати важливу роль в активізації ґрунтотворних процесів. Існуючий досвід свідчить, що для рекультивації

відвалів без затратного технічного етапу (виположування схилів, нанесення шару ґрунту 30–50 см завтовшки) можуть застосовуватись два підходи: а) суцільна посадка стійких видів, які успішно ростуть на цих територіях; б) дифузна висадка таких видів, які самовідновлюються й розповсюджуються по поверхні відвалу (Коршиков, Красноштан, 2012).

Багаторічні види, які здатні не лише рости на місці їх культивування на відвалах, але й за відсутності конкуренції стихійно розповсюджуватися й захоплювати нові ділянки, є більш корисні з практичної точки зору. Такі види створюють передумови для подальшого розвитку сукцесійних процесів на відвалах. Вони цікаві з позиції популяційної біології, а саме: як в екстремальних умовах докорінно техногенно змінених екоотопів, едафічні умови яких вкрай несприятливі для життєздатності рослин, окремі багаторічні види можуть формувати стійкі популяційні структури. Серед них можуть бути й інтродуценти. До вкрай обмеженої частки видів, які здатні рости і розповсюджуватись на поверхні виведених з експлуатації відвалів, належить *Hyssopus officinalis* L. У наш час на великому відвалі Першотравневого рудоуправління (ПРУ) цей вид росте на значно більшій площі, ніж рекультивована з його використанням початкова ділянка. *H. officinalis* – середземноморський вид, представник родини губоцвіті (Lamiaceae Lindl.), завдяки пряно-ароматичним, ефіроолійним і лікарським властивостям давно поширений у культурі в Західній Європі, а також в Україні (Котюк, Рахметов, 2012). У здичавілому стані трапляється в Криму, кам'янистих екоотопах басейну Дніпра, на виходах материкових порід Донеччини (Бойко и др., 2012). На залізорудних відвалах *H. officinalis* активно відновлюється й спонтанно розповсюджується за рахунок власного насіння на ділянках, утворених субстратами, малоприсадними для самозаростання іншими видами місцевої флори. У цьому полягає його перевага над іншими видами, що використовуються в практиці біологічної рекультивації відвалів, де його почали висаджувати більше 30 років тому (Плугіна та ін., 1981).

Популяційна біологія багаторічних рослин у природних умовах зростання – досить розвинена галузь ботаніки в Україні (Жиляєв, 2005; Злобин, 1989; Царик, 2007). Однак, питання формування популяцій рослин-інтродуцентів на техногенних новоутвореннях практично не досліджувалось. Очевидно, що за вкрай несприятливих умов техногенних екоотопів, придатних для існування лише обмеженої кількості видів, вони реалізують свої життєві стратегії, які не завжди виражені в оптимальних умовах природних екоотопів. У багаторічників вони можуть проявлятися у специфіці онтоморфогенезу, трансформації розповсюджених у природі життєвих форм, вікової та віталітетної структури популяції, пов'язані зі змінами або перерозподілом біомаси в різних за віком особинах, обмеженням енергетичних витрат на ріст і розвиток, змінами репродуктивних спроможностей рослин. Різка строкатість екологічних умов техногенних екоотопів відвалів дозволяє максимально реалізувати всю сукупність біологічних потенцій виду, які генетично закріплені в його індивідах.

Мета роботи – з'ясувати особливості формування й самопідтримання популяції середземноморського виду *Hyssopus officinalis* L. в умовах залізорудного відвалу Криворіжжя.

Об'єкти та методи дослідження

Дослідження проводились на ділянках зростання *H. officinalis* на Першотравневому залізорудному відвалі (ПРУ), де насіння було висіяне понад 30 років тому. Висів насіння на площі близько 1 га було здійснено на субстраті, складеному сумішшю сланців та кварцитів, фрагментарно з бурими засоленими суглинками (частина верхньої берми відвалу автомобільної відсипки). Більше 30 років вид зростав на ділянках висіву. Однак на 2016 рік, у зв'язку з сукцесійними змінами, від первинної площі висіву залишилось менше 0,3 га. Із півдня, заходу та північного заходу ділянка обмежена схилом, де була проведена рекультивація деревними рослинами. Спорадичні спостереження за насіннєвим відновленням *H. officinalis* на ділянці ПРУ проводились з 2002 року. В дослідженнях особливу увагу приділяли експансії виду за межі ділянки первинного висіву. Площа компактного масового спонтанного природного розповсюдження виду на території відвалу на 2016 р. становила понад 3 га. Тут ростуть рослини різних вікових груп, хоча спорадично окремі екземпляри *H. officinalis* трапляються на відстані 2–3 км від вихідної ділянки. Проведено облік чисельності рослин *H. officinalis* на типових ділянках розміром 100 м², які підібрані в трьох найбільших популяційних локусах. Вікові групи виділені на основі описів онтогенезу виду (Котюк, 2015) та за власними спостереженнями: *p* – преювенільна фаза (проросткова); *j* – ювенільна фаза; *v* – віргінійна фаза; *g1–g3* – 1–3 стадії генеративної фази; *s* – старі рослини. Кількість проростків врахована на момент дослідження. Оскільки дві вікові групи: іматурних особин та тих, що досягли

вегетативної фази, у польових умовах не мають чіткої диференціації, ми їх враховували як вегетативні. Дослідження популяційної структури проводили по трансекті пунктирно на 30 облікових ділянках розміром 1 м² у межах тих самих популяційних локусів (Полевая геоботаника, 1976). Життєздатність окремих локусів популяції *H. officinalis* визначали за площею розповсюдження виду, щільністю особин, віковою структурою, біометричними характеристиками рослин, їхнім життєвим станом, насінневою продуктивністю дорослих генеративних особин.

Виділення одиниць рослинності та виконання геоботанічних описів здійснювали за принципами еколого-фітоценотичної (домінантної) класифікації (Афанасьев та ін., 1956). Насінневу продуктивність вивчали в генеративних особин, вибір котрих носив випадковий характер, за трансектою, закладеною вздовж осі природного розповсюдження виду в межах обстежених раніше популяційних локусів. На кожній ділянці збір насіння проводили з нижніх, середніх та центральних пагонів 30 рослин. Здійснювали підрахунок квіткових чашечок та зрілого насіння. Проведено дисперсійний аналіз отриманих даних (Любищев, 1986) в програмі MO Excel 2007.

Результати

На 2016 рік площа первинної ділянки *H. officinalis* на залізорудному відвалі впродовж 30 років скоротилась приблизно втричі – з 1 га до 0,3 га. Тривалий час вид самовідновлювався та відіграв роль піонерного на цій території, однак, з часом був витіснений іншими видами, що розповсюдились спонтанно з навколишніх оселищ. На таких ділянках формуються фітоценози, де сукцесійні процеси розвиваються в напрямку степових, у яких досліджуваний вид зрідка трапляється, але ніде не домінує. Загальне проективне покриття в таких фітоценозах сягає 70 %. У їх формуванні бере участь понад 20 видів, серед яких значна частка степових видів, зокрема, з'являється чимало бобових, за частотою трапляння: *Securigera varia* (L.) Lassen., *Lotus ucrainicus* Klokov, *Melilotus officinalis* (L.) Pall. тощо, які в свою чергу теж позитивно впливають на трофність субстрату. Домінантами є: *Stipa ucrainica* P. Smirn., *Securigera varia*, *Elytrigia repens* (L.), *Lathyrus tuberosus* L., та ін. (Мазур та ін., 2015). На таких ділянках відбувається активне поселення деревно-чагарникових рослин. Локалітети з різкими змінами мікрорельєфу або покриті більш трофними субстратами, колонізовані деревними видами з переважанням *Pinus pallasiana* D. Don., *Populus nigra* L., *Cerasus mahaleb* (L.) Mill., *Armeniaca vulgaris* Lam.

Життєва активність *H. officinalis* на відвалі після появи на місці висіву перших генеративних особин постійно реалізувалась шляхом захоплення нових територій, у першу чергу тих, де немає конкуренції з боку інших видів рослин, за рахунок насінневого розповсюдження. Здебільшого це субстрати, на момент поселення *H. officinalis* мало придатні до заростання іншими видами рослин (щербенисті фракції, складені сумішшю кварцитів та гіпергенізованих сланців, суглинків засолені). Фактично, *H. officinalis* проявив себе як піонерний вид. На таких ділянках спонтанно формуються невеликі, площею до 1 га, монодомінантні популяційні локуси *H. officinalis*. Те, що вид недостатньо активно колонізує едафотопи відвалу, пов'язано з його біологічними особливостями. За способом розповсюдження насіння вид є анемобалістом – насіння в осінньо-зимовий період під впливом вітру розкидається на невелику відстань завдяки коливанням пагонів або ж висипається безпосередньо біля материнської особини, скочується по схилу. За репродуктивну фазу розвитку кожна рослина, за рахунок насінневого відновлення, в умовах відвалу може колонізувати територію в радіусі 1–5 м. Значно менше в стихійному розповсюдженні насіння беруть участь тварини, птахи, люди, техніка. Крім того, *H. officinalis* як напівчагарничок без спеціалізованих підземних пагонів є вегетативно малорухливим видом. Біологічні особливості виду обмежують його можливості щодо швидкої колонізації едафотопів на відвалах.

Популяція *H. officinalis* на відвалі складається з декількох, різних за площею локусів. Перший великий популяційний локус, де відбувалось найбільш раннє спонтанне розселення *H. officinalis*, знаходиться на верхній бермі відвалу, де переважають субстрати із суміші сланців і кварцитів із незначними домішками суглинку. У фітоценозах цього локусу спостерігається поява 15–25 трав'яних та деревних видів, а проективне покриття *H. officinalis* складає 15–35 %, сумарне проективне покриття інших видів рослин сягає 10–25 %. Серед них, за частотою трапляння: *Securigera varia*, *Seseli campestre* Besser, *Reseda lutea* L., відмічається поява (до 10–15 % проективного покриття) злаків: *Koeleria cristata* L., *Stipa lesingiana* Trin. et Rupr., *Stipa ucrainica* тощо. На характерній для цього локусу дослідній ділянці площею 100 м² налічується 364 генеративні особини *H. officinalis*, загальна кількість різновікових особин складає 16,3 на 1 м², вона є

найнижчою серед досліджуваних великих популяційних локусів. Так, зокрема, частка проростків складає всього $2,4 \pm 0,5$ на 1 м^2 , генеративних загалом – $4,3 \pm 0,3$, серед яких переважають середньо-зрілі – $1,9 \pm 0,2$ особини (табл. 1). Натомість, біометричні показники окремих рослин на цій ділянці сягають максимальних значень, що свідчить про кращі умови для їх росту

Найчисельніше *H. officinalis* представлений у другому популяційному локусі, де крім нього росте ще 16 видів рослин, з проективним покриттям кожного виду не більше 2 %. Найчастіше трапляються *Securigera varia*, *Seseli campestre*, *Chondrilla juncea* L., *Hieracium umbellatum* L., *Centaurea diffusa* Lam. На цій ділянці на 100 м^2 налічується 513 генеративних особин досліджуваного виду.

Таблиця 1.

Вікова структура *H. officinalis* в популяційних локусах на відвалі Рудоуправління Першотравневе м. Кривий Ріг

Номер популяційного локусу	Кількість рослин у віковій групі на 1 м^2 , шт.							Всього на 1 м^2 , шт.
	<i>p</i>	<i>j</i>	<i>v</i>	<i>g1</i>	<i>g2</i>	<i>g3</i>	<i>s</i>	
1	$2,4 \pm 0,5$	$4,8 \pm 0,7$	$15,5 \pm 1,6$	$1,0 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,2$	$1,5 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,1$	$24 \pm 1,4$
2	$3,4 \pm 0,6$	$8,1 \pm 0,7$	$31 \pm 3,2$	$1,3 \pm 0,2$	$1,8 \pm 0,3$	$2,6 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,1$	$35,8 \pm 2$
3	$5,6 \pm 0,6$	$7,0 \pm 0,5$	$46,5 \pm 4,8$	$1,2 \pm 0,2$	$2,2 \pm 0,2$	$2,3 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,3$	$30 \pm 1,1$
$\text{HIP}_{0,05}$	2,0	2,1	12,0	0,7	0,7	0,9	0,7	5,3

У цьому локусі популяційна щільність досліджуваного виду найвища майже за всіма віковими групами, крім проростків та старих субсенільних рослин. Кількість ювенільних рослин складала $8,1 \pm 0,7$, віргінільних – $31 \pm 3,2$ та загалом генеративних – $5,7 \pm 0,3$ особини на 1 м^2 (див. табл. 1). Серед генеративних рослин здебільшого трапляються особини середнього генеративного віку (*g2*), які за габітусом та життєвим станом посідають друге місце (табл. 2).

Залежно від сукупності екологічних чинників у різних популяційних локусах рослини мають різний габітус, середню кількість пагонів на одній рослині, як загальну, так і генеративних зокрема, а також кількість квіток на них (табл. 2).

Таблиця 2.

Середні біометричні показники генеративних особин (*g1–g3*) в популяційних локусах *H. officinalis* на відвалі Першотравневого РУ

№ популяційного локусу	Біометричні показники рослин		Середня кількість пагонів на одній рослині, шт.		Кількість квіток на пагоні, шт.
	Висота куща, см	Діаметр куща, см	Загальна	Генеративних	
1	$60,2 \pm 1,7$	$61 \pm 2,6$	$71,2 \pm 2,3$	$46,5 \pm 2,8$	$181,6 \pm 9,1$
2	$54,1 \pm 2,3$	$54,2 \pm 1,8$	$85,6 \pm 4,5$	$45,2 \pm 3,6$	$160,2 \pm 9,8$
3	$49,7 \pm 1,8$	$36,8 \pm 1,3$	$41,3 \pm 2,7$	$29,8 \pm 2,5$	$181,3 \pm 9,5$
$\text{HIP}_{0,05}$	6,9	6,8	11,5	10,5	32,8

Третій локус формується на ділянці відвалу, де практично відсутній рослинний покрив. Фактично, це повночленна мініпопуляція, в якій наявні всі вікові групи рослин середньої життєвості, з сумарним проективним покриттям 20–35 %. Незважаючи на те, що за часом заселення цей локус є наймолодшим, кількість генеративних особин – $5,5 \pm 0,3$ близька до чисельності таких рослин в інших локусах. Більш екстремальні едафічні умови (про що свідчить кількість та стан найпоширеніших на відвалі інших видів, які ростуть і на цій ділянці) призводять до скорочення життєвого циклу рослин. Зокрема, старіючих особин найбільше саме в цьому локусі – $1,9 \pm 0,3$.

Серед виявлених тут 15 видів рослин поодинокі трапляються *Ambrosia artemisiifolia* L., *Crambe pontica* Steven ex Rupr., *Pisosella echoides* (Lumn.) F. Shultsz et Sch. Bip., інші види, здебільшого, представлені окремими особинами у вкрай пригніченому стані. У цьому локусі також відмічається спонтанна поява деревних видів – це молоді поодинокі особини *Pinus pallasiana*, які насіннєвим шляхом розселяються з навколишніх штучних насаджень, *Populus nigra* L., *Cerasus mahaleb*, *Ulmus pumila* L. – занесені з природи. Аналогічні ділянки на цьому ж відвалі без трансформуючого впливу *H. officinalis* залишаються не опанованими рослинами (сумарне проективне покриття не перевищує 1–3 %).

Три найбільші досліджені популяційні локуси *H. officinalis* на відвалі є повночленними з лівостороннім спектром. Такий розподіл особин за фазами онтогенезу свідчить про те, що на цій території вид досить активно розмножується насіннєвим шляхом. Однак, проростки і молоді рослини, які не сформували потужну кореневу систему, все ще залишаються недостатньо стійкими до різких кліматичних коливань. Рослини, які досягли генеративного віку, можуть перебувати в цьому стані тривалий час, іноді десятиліттями. У першому популяційному локусі, найстарішому за часом заселення, *H. officinalis* поступово починає витіснятися іншими видами, які формують угруповання, наближені за структурою до зональних.

Вид досягає максимальних біометричних характеристик у найстарішому популяційному локусі (№1), де середня висота генеративних особин становить понад 60 см та 70–80 см в діаметрі (див. табл. 2). Екземпляри, що ростуть у місцях із більш різномірним субстратом, або в пристінках схилів, де краще зберігається волога, сягають висоти 73 см, проте, трапляються тут зрідка. *H. officinalis* доводиться конкурувати за оселище з іншими видами рослин. Досить низька кількість генеративних пагонів у дорослих особин, що ростуть на третій ділянці, може бути пов'язана як з їх віком (пізнішим часом заселення), так і критичними едафічними умовами, що призводять до скорочення життєвого циклу.

Загалом, біометричні показники рослин популяції *H. officinalis* на залізородному відвалі, хоч і поступаються аналогічним у культурі цього виду при вирощуванні, наприклад, в умовах ботанічного саду Житомирського національного агроекологічного університету із застосуванням усіх необхідних агротехнічних заходів (Котюк, 2015), проте, ця різниця є незначною з огляду на відмінні умови зростання. Так, середня висота рослин у культурі коливалась в межах 60–90 см, а діаметр кущів становив 100–150 см.

Важливим показником життєздатності популяції *H. officinalis* в умовах залізородного відвалу є її репродуктивна здатність. Період квітання виду тут досить тривалий – із середини червня до середини вересня. Кількість генеративних пагонів на одній рослині з першого локусу коливається в межах від 20 до 70 шт. Середня кількість квіток на пагоні в рослин різних локусів не особливо відрізнялась: №1 – $181,6 \pm 9,1$; №2 – $160,2 \pm 9,8$; №3 – $181,3 \pm 9,5$.

У рослин на відвалі формується частіше по одній, рідше по дві насінини в чашечках нижньої та середньої частини суцвіття. У верхній частині суцвіття, якщо насіння й зав'язується, проте до закінчення вегетаційного періоду повністю сформуватись і визріти не встигає. Мінімальна середня кількість виповнених насінин на одному пагоні – 51 шт. (локус 2), максимальна – 128 (локус 1), середнє значення на всіх ділянках становило $93,1 \pm 16,6$. Кількість насінин, що зав'язується на одному пагоні *H. officinalis* в умовах залізородних відвалів, є величиною, малозалежною від комплексу едафічних умов. Це дозволяє рослині, що зазнає екстремального впливу середовища, економити життєві ресурси, максимально вкладаючись у насіннєве самовідновлення.

Середня кількість квіток на один пагін – 163,2 шт., тобто майже 60 % квіток зав'язує по одній насінині. Розрахункова врожайність *H. officinalis* в умовах відвалу – до 4000 насінин на 1 м². У досліджуваній популяції маса 1000 насінин становить 0,8 г, яка дещо менша, порівняно з літературними даними. Так, зокрема для культиварів з Передгір'я Криму, цей показник становить 0,93 г, або 0,89–0,90 г в умовах північно-західної Росії (Воронина і др., 2001; Шибко, 2011).

Масове квітання рослин, досить висока насіннєва продуктивність, незначний розмір насіння – є ключовими елементами життєздатності виду, що дозволяють йому опановувати ці вкрай екстремальні техногенні екотопи. Виражена топоспорія *H. officinalis*, тобто розподіл і акумуляція насіння в безпосередній близькості від материнських особин (Малиновский і др., 1988), зменшує інтенсивність розповсюдження виду на відвалі. Існуюча щільність популяції *H. officinalis* на відвалі достатня для перешкоджання видуванню пилу та водній ерозії і є джерелом гумусонакопичення, а, отже, створює передумови для підселення більш вибагливих до едафічних

умов видів. Життєвість рослин кожного популяційного локусу за 11 показниками, які досліджувались, свідчить, що вона висока і не має суттєвих відмінностей.

Таким чином, на залізорудному відвалі впродовж більше 30 років відбувається формування популяції *H. officinalis* на територіях, недоступних для масового поселення інших видів. Завдяки довготривалим процесам фізико-хімічного вивітрювання поверхневого шару породи відвалів, за участю піонерного виду *H. officinalis* формуються більш сприятливі едафічні умови для проникнення видів місцевої флори. У наступні періоди розвитку фітоценозу цей інтродуцент вже не витримує конкуренції з місцевими видами і поступово витісняється з нього. На таких ділянках із часом наступають сукцесійні стадії формування стабільних степових фітоценозів. Факт щорічного насінневого відновлення *H. officinalis* на відвалі та довготривале життя генеративних особин свідчать, що, незважаючи на ізоляцію, локальна популяція зберігає свою життєздатність і саморозвивається.

Обговорення

У світовій науковій літературі багато публікацій стосовно впливу різних чинників антропогенного походження на популяції рослин і, навпаки, мало робіт, пов'язаних з формуванням і самопідтриманням популяцій на техногенно порушених ландшафтах. На непорушених природних територіях процеси відновлення популяцій дещо відрізняються від порушених, які підпадають під різний за походженням і інтенсивністю вплив антропогенних чинників.

Стабільність і стійкість популяцій забезпечується за рахунок самовідновлення та самопідтримання. Здатність до збереження функціональної цілісності в конкретних умовах існування – обов'язкова умова самовідновлення популяції. Оскільки еколого-едафічні умови зростання рослин на залізорудних відвалах екстремальні, то для багаторічних рослин, популяції яких тут формуються, важливою є здатність до самовідтворення або зберігання своїх демографічних властивостей. Популяція *H. officinalis* на залізорудному відвалі стабільно самовідновлюється близько 30 років. Однак, цей термін не зовсім адекватний для популяцій рослин на промислових відвалах, де природна флора від самого початку їх утворення була відсутня. Правильно буде розглядати формування і саморозвиток популяцій в цих нових екстремальних еколого-едафічних умовах, штучно створених людиною, де рослинний покрив був взагалі відсутній.

Колонізація *H. officinalis* ділянок відвалу з голою породою, де взагалі немає рослинності, свідчить, що цей вид має еволюційно вироблений механізм стійкості до екстремальних еколого-едафічних факторів, які не мають такого рівня у багатьох інших видів. Тобто умови існування на відвалі не є критичними для цього виду, а тому його популяція може існувати протягом тривалого часу зі зміною кількох поколінь. Процеси самовідновлення й самопідтримання популяції *H. officinalis* забезпечуються здатністю генеративних рослин утворювати життєздатне насіння з досить високою його врожайністю у конкретних особин. *H. officinalis* утворює більш-менш суцільне фітогенне поле у другому і третьому локусах, а в найстарішому відбувається активна експансія інших видів на ці території й витіснення первинного. Очевидно, що це вже дія внутрішніх факторів рослинного фітоценозу, а точніше сукцесійні процеси. Невисокі темпи колонізації нових відвальних територій пов'язані з біологічними особливостями виду – низькою спроможністю до поширення насіння на значну відстань. Розробка способів посіву насіння *H. officinalis* на залізорудних відвалах – реально можливий шлях для використання цього виду в біологічній рекультивативній без будь-якої попередньої технічної трансформації їх поверхні та покриття ґрунтом. Незважаючи на вкрай несприятливі умови зростання, популяція *H. officinalis* відзначається досить високою життєвістю навіть на тих ділянках відвалу, де крім цього виду інші квіткові рослини відсутні. Тому, цілком можна стверджувати, що цей вид середземноморського походження фактично натуралізувався в специфічних умовах промислового відвалу Криворіжжя.

Висновки

Штучний висів насіння *H. officinalis* на залізорудному відвалі призвів за 30 років до росту й розвитку рослин генеративного віку з наступним насінневим відновленням і з часом – до формування стійкої, повночленної популяції на площі, що утричі більша порівняно з вихідною.

Життєздатність популяції *H. officinalis* забезпечується високим щорічним стабільним насінневим поповненням, однак, через специфіку розповсюдження насіння – з помірною експансією

на нові території відвалу. Вид є піонерним, проникає на території, де відсутня рослинність, хоча з часом легко витісняється місцевими видами у випадках створення для їх розвитку сприятливих едафічних умов. Інтродуцент не є агресивним, не становить інвазійної загрози для природних екосистем, прилеглих до відвалу територій.

H. officinalis в умовах відвалів проявляє більшу толерантність, ніж багато інших видів зональної природної рослинності, зокрема до трюфності субстрату, його зволоження, сольового режиму. За габітусом та іншими біометричними показниками рослини *H. officinalis* навіть в найекстремальніших умовах відвалу лише помірно поступається культиварам, які вирощуються в сприятливіших для його розвитку кліматичних та едафічних умовах. Тривале зростання цього виду на території відвалу, де інші види практично відсутні, сприяє трансформації поверхневого шару породи та накопиченню поживних речовин, що створює умови для заселення їх типовими зональними видами.

Список літератури / References

- Афанасьев Д.Я., Білик Г.І., Брадїс Є.М., Гринь Ф.О. (1956). Класифікація рослинності Української РСР. *Український ботанічний журнал*, 13(4), 82–83. [Afanasyev D.Ya., Bilyk G.I., Bradis Ye.M., Gryn F.O. (1956). Classification of vegetation of the Ukrainian Soviet Socialist Republic. *Ukrainian Botanical Journal*, 13(4), 82–83.]
- Бойко А.В., Остапко В.М., Приходько С.А., Муленкова Е.Г. (2012). Флористические находки на Юго-Востоке Украины. *Промышленная ботаника*, 12, 107–110. [Boyko A.V., Ostapko V.M., Prikhodko S.A., Mulyenkova Ye.G. (2012). Floristic finds in South-East of Ukraine. *Industrial Botany*, 12, 107–110.]
- Воронина Е.П., Годунов Ю.Н., Годунова Е.О. (2001). Новые ароматические растения для Нечорноземья. М.: Наука. 173 с. [Voronina Ye.P., Godunov Yu.N., Godunova Ye.O. (2001). *New aromatic plants for Nechornozemya*. Moscow: Nauka. 173 p.]
- Жиляев Г.Г. (2005). Жизнеспособность популяций растений. Львов, Вид.: ЛДПМ НАНУ. 304 с. [Zhilyaev G.G. *Viability of plant populations*. Lviv, Publishing House of LDPM NASU, 2005. 304 p.]
- Злобин Ю.А. (1989). Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. Казань: Изд-во Казанского государственного университета. 146 с. [Zlobin Yu.A. (1989). *Principles and methods of studying coenotic plant populations*. Kazan: Publishing House of Kazan State University. 146 p.]
- Коршиков І.І., Красноштан О.В. (2012). Жизнеспособность древесных растений на железорудных отвалах Криворожья. Донецьк: Цифрова типографія. 280 с. [Korshikov I.I., Krasnoshtan O.V. (2012). *Viability of woody plants on the Krivoy Rog iron dumps*. Donetsk: Digital Printing House. 280 p.]
- Котюк Л.А., Рахметов Д.Б. (2012). Інтродукція *Hyssopus officinalis* L. у ботанічному саду Житомирського національного агроекологічного університету. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво*, 171(1), 101–105. [Kotyuk L.A., Rakhmetov D.B. (2012). Introduction of *Hyssopus officinalis* L. in the botanical garden of Zhytomyr National Agroecological University. *Scientific Bulletin of the National University of bioresources and nature management of Ukraine. Ser.: Forestry and Ornamental Horticulture*, 171(1), 101–105.]
- Котюк Л.А. (2015). Онтоморфогенез *Hyssopus officinalis* L. за умов інтродукції в ботанічному саду ЖНАЕУ. *Modern Phytomorphology*, 7, 135–146. <https://doi.org/10.5281/zenodo.160381> [Kotyuk L.A. (2015). Ontomorphogenesis of *Hyssopus officinalis* L. in conditions of introduction in the botanical garden of ZNIAU. *Modern Phytomorphology*, 7, 135–146. <https://doi.org/10.5281/zenodo.160381>]
- Любищев А.А. (1986). Дисперсионный анализ в биологии. Москва: Изд-во Моск. ун-та. 199 с. [Lyubishchev A.A. (1986). *Variance Analysis in Biology*. Moscow: MGU. 199 p.]
- Мазур А.Ю., Кучеревський В.В., Шоль Г.Н. та ін. (2015). Біотехнологія рекультивації залізорудних відвалів шляхом створення стійких трав'янистих рослинних угруповань. *Наука та інновації*, 11(4), 41–52. <https://doi.org/10.15407/scin11.04.041> [Mazur A.Yu., Kucherevsky V.V., Shol G.N. et al. (2015). Biotechnology of recultivation in the iron-ore waste by creation of stable herbaceous plant communities. *Science and Innovation*, 11(4), 41–52. <https://doi.org/10.15407/scin11.04.041>]
- Малиновский К.А., Царик И.В., Жиляев Г.Г. (1988). О границах природных популяций растений. *Журнал общей биологии*, 49(1), 5–12. [Malinovsky K.A., Tsarik I.V., Zhilyaev G.G. (1988). About the boundaries of natural plant populations. *Journal of General Biology*, 49(1), 5–12.]

- Плугіна Т.В., Чайка В.Є., Чуприна Т.Т. (1981). Природне та штучне заростання відвалів Кривбасу. *Український ботанічний журнал*, 38(4), 76–77. [Plugina T.V., Chayka V.Ye., Chuprina T.T. (1981). Natural and artificial overgrown dumps of Kryvbas. *Ukrainian Botanical Journal*, 38(4), 76–77.]
- Полевая геоботаника (1976). / Под ред. Е.М.Лавренко. М.; Л.: Наука, 1976. Т.5. 320 с. / *Field Geobotany* (1976). / Ed. E.M.Lavrenko. Moscow, Leningrad: Nauka. Vol.5. 320 p.]
- Царик Й.В. (2007). Проблема життєздатності популяцій. *Біол. студії*, 1(1), 65–72. [Tsaryk J.V. (2007). The problem of viability of populations. *Biological Studios*, 1(1), 65–72.]
- Шибко А.Н. (2011). Биоморфологические особенности семян *Hyssopus officinalis* L. при возделывании в условиях Предгорного Крыма. *Ученые записки ТНУ им. В.И.Вернадского. Сер. Биология, химия*, 24/63(4), 371–377. [Shibko A.N. (2011). Biomorphological features of *Hyssopus officinalis* L. seeds cultivated in the conditions of Piedmont Crimea. *Scientific Notes of TNU of V.I.Vernadsky. Ser. Biology, Chemistry*, 24/63(4), 371–377.]

Formation and self-maintenance of the population *Hyssopus officinalis* L. in conditions of the iron ore dump of Kryvyi Rih area M.O. Baranets, I.I. Korshykov

We ascertained the features of formation of self-renewing and self-sustaining of the local population of the Mediterranean introducent *Hyssopus officinalis* L. in the extremal ecologic and edaphic conditions of an iron ore dump in Kryvyi Rih Area, seeds of which have been sown on the area of 1 ha about 30 years ago. It was found that the species, during this period after reaching the reproductive phase of development, has taken the area of the dump of about 3 ha and, in fact, it formed the isolated population. This species annually multiplied by seed, and spread on the areas of ore dump, where almost no vegetation cover, in fact, performing a pioneer function. At the site, where the initial sowing of *H. officinalis* seeds was carried out, the phytocoenosis forms now; this phytocoenosis, according to its floristic composition, approaches the natural steppe, but the introduced species are gradually ousted. In habitats occupied by the species due to its spontaneous distribution, successional processes are at an initial stage. Within some of the population loci of *H. officinalis*, we have found up to 513 adult individuals with the number of generative sprouts from 20 to 70 per a plant. Flowers are formed on these sprouts in average from 160.2 to 181.6. Average seed productivity is 60 % of theoretically possible rate, and the seeds from the parent species extend to a distance of 1–5 m. In a compact areas where *H. officinalis* grows, there are plants of all the age groups – from the seedlings to the subsenile. *H. officinalis* has naturalized in the dump conditions, and its local population is a resistant, full-grouped; it develops under the conditions where other species are not competitive. Generatively developed plants are higher than 90 cm and have good vital state. The species on the dump shows pioneering features; it is not aggressive and can be displaced by zonal vegetation; thus, it does not pose invasion risk. *H. officinalis* can be recommended for the revegetation of iron ore dumps, or their large decommissioned areas, without technical preconditioning, only by direct sowing of the seeds into the dump rocks, to promote its spread artificially.

Key words: *Hyssopus officinalis*, restoration, seed productivity, vital state, population structure, recultivation, iron ore dump of Kryvyi Rih area.

About the authors:

M.O. Baranets – Kryvyi Rih Botanical Garden of NAS of Ukraine, Marshak str., 50, Kryvyi Rih, Ukraine, 50089, kbsnau@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1720-4785>

I.I. Korshykov – Kryvyi Rih Botanical Garden of NAS of Ukraine, Marshak str., 50, Kryvyi Rih, Ukraine, 50089, ivivkor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1471-398X>

Формирование и самоподдержание популяции *Hyssopus officinalis* L. в условиях железорудного отвала Криворожья Н.А. Баранец, И.И. Коршиков

Установлены особенности формирования самовосстановления и самоподдержания локальной популяции средиземноморского интродуцента *Hyssopus officinalis* L. в неблагоприятных эколого-эдафических условиях железорудного отвала Криворожья, семена которого были высеяны на площади 1 га более 30 лет назад. Исследована жизнеспособность *Hyssopus officinalis* L. Обнаружено, что вид, после достижения репродуктивной фазы развития, ежегодно размножался семенным путем, занял площадь отвала более 3 га и фактически сформировал на нем изолированную популяцию. Распространяется вид на тех участках отвала, где практически отсутствует растительный покров, выполняя, фактически, пионерную функцию. На участке, где был проведен первичный посев семян *H. officinalis*, сейчас происходит процесс формирования фитоценоза, который по флористическому составу приближается к естественным степным, но при этом

интродуцированный вид постепенно вытесняется. В спонтанно заселенных видов поселениях сукцессионные процессы находятся на начальной стадии. В пределах отдельных популяционных локусов *H. officinalis* на 100 м² встречается до 513 взрослых особей с количеством генеративных побегов от 20 до 70 шт. на растение. На этих побегах образуется в среднем от 160,2 до 181,6 цветков. Средняя семенная продуктивность составляет 60 % от потенциальной, а семена от материнской особи распространяются на расстояние 1–5 м. В компактных местах произрастания *H. officinalis* присутствуют растения всех возрастных групп – от проростков до субсенильных. *H. officinalis* натурализовался в условиях железорудного отвала, а его локальная популяция является устойчивой, полночленной, пополняется новыми особями ежегодно и распространяется на территории, где другие виды вообще не растут. Растения генеративного возраста (g2, g3) достаточно хорошо развиты, высотой более 90 см, а также имеют удовлетворительное жизненное состояние. Вид на отвале проявляет пионерные черты, не является агрессивным, может вытесняться зональной растительностью, не представляет инвазионной угрозы. *H. officinalis* можно рекомендовать для озеленения железорудных отвалов или их больших участков, которые выведены из эксплуатации, без технической предварительной подготовки прямым посевом семян в породу, то есть искусственно способствовать его распространению

Ключевые слова: *Hyssopus officinalis*, возобновление, семенная продуктивность, жизненное состояние, популяционная структура, рекультивация, железорудный отвал Криворожья.

Об авторах:

Н.А. Баранец – Криворожский ботанический сад НАН Украины, ул. Маршака, 50, Кривой Рог, Украина, 50089, kbsnanu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1720-4785>

И.И. Коршиков – Криворожский ботанический сад НАН Украины, ул. Маршака, 50, Кривой Рог, Украина, 50089, ivivkor@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1471-398X>

Представлено: I.S.Косенко / Presented by: I.S.Kosenko

Рецензент: В.В.Жмурко / Reviewer: V.V.Zhmurko

Подано до редакції / Received: 05.07.2019