

В. М. Гришко, Т. Ф. Чипиляк

Аутекологія видів і сортів *Hemerocallis* L. (розвиток генеративної сфери) в умовах техногенного забруднення*(Представлено членом-кореспондентом НАН України Л. І. Мусатенко)*

Досліджено вплив техногенного забруднення на розвиток представників роду *Hemerocallis* L. Встановлені особливості аутекології лілійнику за різного рівня забруднення полягають у тому, що вегетацію рослини розпочинають раніше, ніж у контролі, тоді як цвітіння настає пізніше і проходить у значно коротші строки (до 14 діб), що узгоджується зі зменшенням продуктивності квітування лілійнику. Проте культури істотно не втрачають декоративних якостей, а тому їх доцільно використовувати для озеленення різних функціональних зон підприємств гірничорудної промисловості. Вперше охарактеризовано ультраструктуру пилку *H. lilioasphodelus* і *H. middendorffii*. Дія забруднення на формування чоловічого гаметофіта лілійнику призводить до зменшення довжини пилкових зерен (до 13%) та збільшення кількості стерильного пилку (до 16%), що істотніше виявляється у *H. lilioasphodelus*. Показано можливість використання зазначених показників для біоіндикації рівня забруднення довкілля.

При створенні культур фітоценозів у зонах різного рівня забруднення промислових міст доцільно використовувати трав'янисті рослини, яким на анатомічному та фізіолого-біохімічному рівні властиві високі адаптаційні можливості [1, 2]. У зв'язку з цим актуальними є дослідження пластичності і стабільності онтогенезу рослин та пристосування рослинного організму до різних нових екологічних умов зростання, а саме забруднення довкілля [3, 4]. На нашу думку, в цьому контексті заслуговує на увагу встановлення особливостей індивідуального розвитку представників роду *Hemerocallis* L., які відповідають багатьом вимогам, що ставляться до високодекоративних квіткових культур [5]. З'ясування особливостей аутекології представників родового комплексу *Hemerocallis* (зокрема генеративної сфери) в умовах забруднення не тільки сприятиме ширшому використанню їх для збагачення біотичного різноманіття ландшафтів промислових міст, але й дасть змогу оцінити можливості їх застосування для біоіндикації довкілля [3, 6, 7].

Об'єктами дослідження були *Hemerocallis lilioasphodelus* L., *H. middendorffii* Trautv. et Mey, *H. × hybrida* hort., сорти American Revolution, Stagecoach і Winnie the Pooh на трьох моніторингових ділянках у межах одного територіального району м. Кривий Ріг, які розрізнялися за рівнем та якісним складом аерогенного забруднення. Перша (умовний контроль) ділянка розташована на території Криворізького ботанічного саду НАН України. Друга — в другій функціональній зоні рудозбагачувальної фабрики ВАТ "Північний гірничозбагачувальний комбінат", на території якого налічується 247 стаціонарних джерел викидів з надзвичайно сильним рівнем сумарного показника забруднення (від 64 до 128) [8]. За даними наших попередніх досліджень, середній рівень пилових опадів за добу на зазначеній ділянці майже в 7 разів перевищує значення для умовного контролю, у твердих опадах міститься в 5 разів більше заліза та в 2 рази нікелю, а вміст цинку і свинцю перевищує значення умовного контролю на 20% [9]. Третя моніторингова ділянка, яка знаходиться на відстані більш ніж 20 км від стаціонарних джерел емісій важких металів, розташована біля автома-

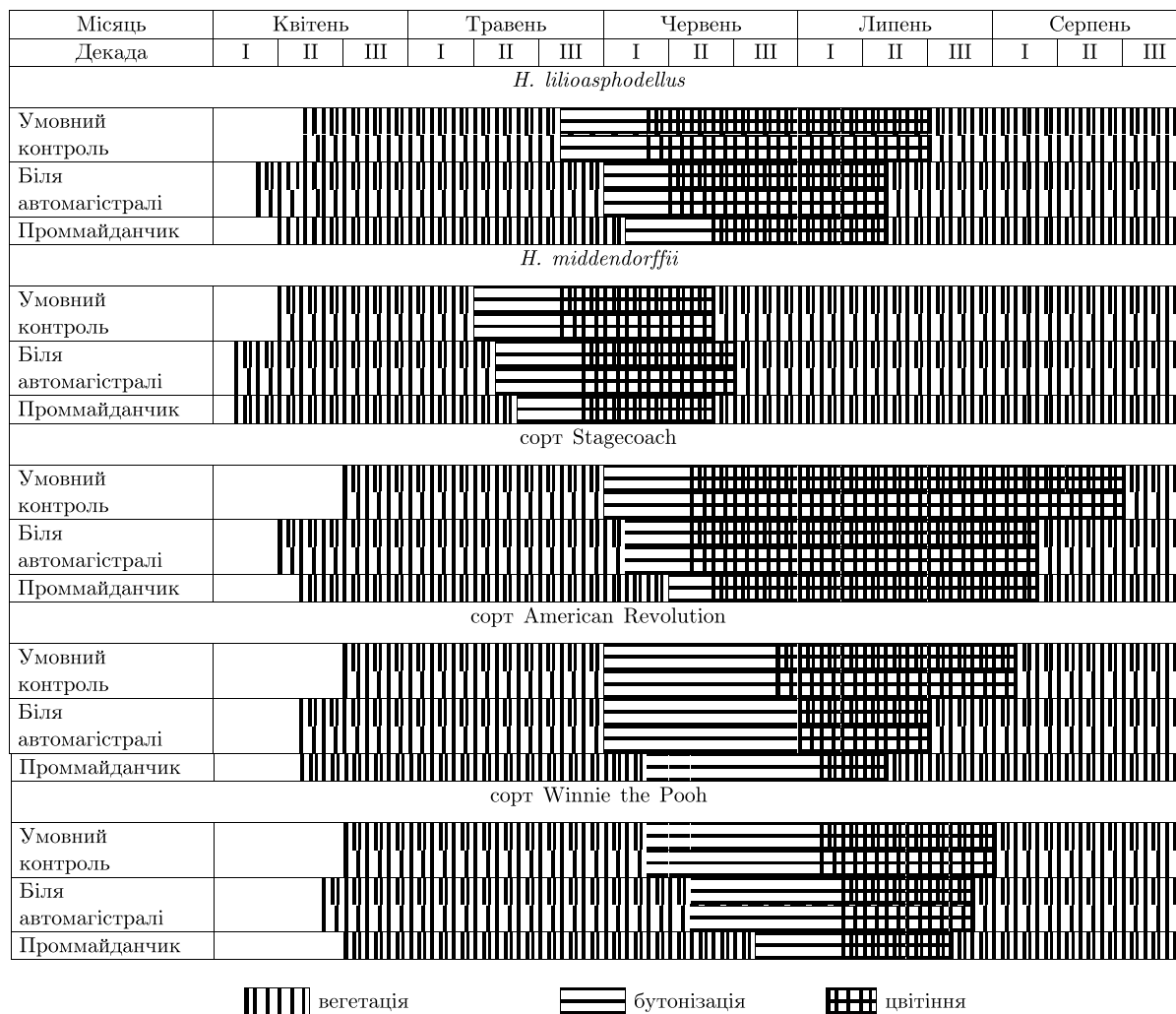


Рис. 1. Тривалість деяких фаз розвитку видів і сортів лілійнику в умовах техногенного забруднення

гістралі з інтенсивним рухом автотранспорту (1025 машин за годину), за даними державної екологічної інспекції в Дніпропетровській області, для неї характерне лише забруднення довкілля викидами автотранспорту.

Для встановлення впливу техногенного забруднення на еколого-біологічні особливості розвитку рослин лілійнику за загальноприйнятою методикою [10] проводилися фенологічні спостереження, які показали, що весняне відростання на досліджуваних видах та сортах починалося не одночасно. Так, *H. lilioasphodelus* і *H. middendorffii* на промисловому майданчику та моніторинговій ділянці біля автомагістралі вегетацію починали наприкінці березня–на початку квітня (28-ма–39-та доба весни), тоді як контрольні рослини — на 4–7 дів пізніше (35-та–42-га доба весни) (рис. 1). Сорти лілійників на моніторингових ділянках також починали відростання раніше, ніж у контролі (на 33-тю–40-ву добу весни).

Основне значення при використанні в озелененні квітково-декоративних рослин має тривалість декоративного ефекту, який може дати культура, тому особлива увага в аутоекологічних дослідженнях лілійнику приділялася фазі квітнування. Особини *H. middendorffii* в умовах контролю зацвітали на 8 дів раніше, ніж на промисловому майданчику (на 89–95-ту

добу весни). Різниця в термінах початку цвітіння була незначною, але тривалість цвітіння *H. middendorffii* відрзнялася істотно: найдовше (25–28 діб) цвіли контрольні рослини; на ділянці поблизу автомагістралі цвітіння було коротшим на 7–9 діб, а на промисловому майданчику — в два рази.

Рослини *H. lilioasphodelus* в умовному контролі починали квітнути наприкінці першої декади червня, і цвітіння їх тривало 41–49 діб. Через 8–9 діб зафіксовано цвітіння на ділянці поблизу автомагістралі (II декада червня), та його тривалість не перевищувала 27 діб. На промисловому майданчику цей вид зацвітав найпізніше (III декада червня) і квітнув найменше (20–22 доби).

Аналогічна закономірність характерна і для сортів лілійнику. Проте якщо терміни початку фенофази сортів American Revolution та Stagecoach збігалися за ритмом, то тривалість декоративного ефекту сортів відрзнялася. Період цвітіння лілійнику на моніторингових ділянках в умовах забруднення різко скорочувався: у сорту Stagecoach — в 1,5–2 рази, у American Revolution — в 2,6–4,9 рази, причому більшою мірою на промисловому майданчику, ніж за дії викидів автотранспорту.

Поряд з цим встановлено, що у видів і сортів лілійнику продуктивність цвітіння відносно контролю значною мірою зменшувалася на промисловому майданчику: від 27,3% у *H. lilioasphodelus* до 51,3% у *H. middendorffii* (табл. 1). Виявлено, що найістотніший вплив забруднення на кількість квітконосів характерний для *H. lilioasphodelus* та сорту Stagecoach. Кількість квіток на квітконосі зменшувалась в умовах промислового забруднення тільки у *H. lilioasphodelus*, що значно знижує його продуктивність цвітіння.

Показано, що висота квітконосів контрольних рослин та в умовах забруднення достовірно не відрзнялась між собою (за винятком *H. lilioasphodelus*) (див. табл. 1). Проте у культурарів зафіксовано зменшення діаметра квіток (найістотніше, на 20%, у сорту Stagecoach за дії викидів рудозбагачувальної фабрики) за рахунок зменшення довжини пелюсток внутрішнього та зовнішнього кола оцвітіння.

Вивчення впливу забруднення на розвиток пилку лілійнику було зосереджено на з'ясуванні змін морфометричних показників пилку та його життєздатності. За морфологічною будовою пилкові зерна лілійнику обох досліджуваних видів поодинокі, білатерально-симетричні, еліпсоїдальної форми. Пилок лілійнику за класифікацією П. І. Токарева належить до дуже великого [11]. За довжиною полярної осі більшими є пилкові зерна *H. lilioasphodelus*, тоді як статистично достовірних відмінностей в розмірах екваторіального діаметра у досліджених видів не виявлено (табл. 2). Пилкові зерна лілійнику належать до типу дистально-одноборозних, мають одну просту апертуру — борозну, яка за розташуванням є дистальною (рис. 2, а, б). Борозна глибока, різної ширини, довга, дещо коротша від загальної довжини зерна (див. рис. 2, а, б).

Дослідження ультраструктури пилкових зерен, яке проводили на сканувальному електронному мікроскопі JSM-35С (Японія) [12, 13] у центрі електронної мікроскопії та мікроаналізу Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, показало, що вони мають складну нерівномірно скульптуровану поверхню. В екваторіальній частині поверхня крупносітчаста, утворена комірками та міжлакуними стінками (див. рис. 2, а, б), тоді як на полюсах скульптура різногорбкувата (див. рис. 2, в, г). Горбочки розташовані щільно з діаметром біля основи від 1,5 до 2,5 мкм. Сітчаста поверхня утворена комірками округлої або округло-видовженої форми, які за розмірами належать до крупних (від 2 і більше мкм). Найбільші за розмірами комірочки знаходяться на стороні пилкового зерна, протилежній борозні, і зменшуються вони в напрямку до полюсів (див. рис. 2, д, е). Більші

Таблиця 1. Особливості розвитку генеративної сфери лілійнику в умовах забруднення

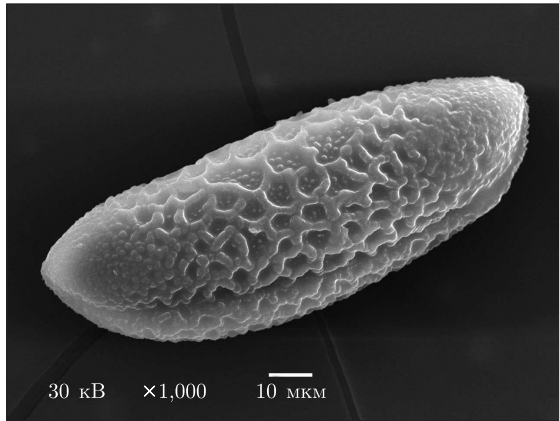
Місце відбору проб	Кількість квітконосів, шт.		Кількість квіток на квітконосі, шт.		Кількість одночасно відкритих квіток	Продуктивність цвітіння, шт. квіток		Висота квітконосу, см	
	$M \pm m$	t_{st}	$M \pm m$	t_{st}		$M \pm m$	t_{st}	$M \pm m$	t_{st}
<i>H. lilioasphodellus</i>									
Умовний контроль	18 ± 2,0	—	15 ± 2,0	—	1–3	304 ± 1,5	—	95,8 ± 0,8	—
Біля автомагістралі	10 ± 2,0	2,83	12 ± 2,0	1,06	1–3	134 ± 1,8	72,7	93,2 ± 1,1	1,91
Проммайданчик	9 ± 1,0	4,02	8 ± 2,0	2,47	3	83 ± 1,3	111,6	92,2 ± 1,3	2,35
<i>H. middendorffii</i>									
Умовний контроль	13 ± 2,0	—	5 ± 1,0	—	1–2	74 ± 0,9	—	78,3 ± 0,9	—
Біля автомагістралі	10 ± 1,0	1,28	5 ± 1,0	0	1–2	56 ± 1,7	9,38	76,5 ± 1,4	1,06
Проммайданчик	6 ± 1,0	2,99	5 ± 1,0	0	1–2	38 ± 1,8	17,9	76,4 ± 1,4	1,08
Сорт Stagecoach									
Умовний контроль	14 ± 2,0	—	15 ± 2,0	—	1–2	245 ± 0,9	—	95,2 ± 1,0	—
Біля автомагістралі	8 ± 2,0	2,12	13 ± 1,0	0,89	1–2	126 ± 1,1	83,8	93,1 ± 1,2	1,35
Проммайданчик	5 ± 1,0	4,02	12 ± 1,0	1,34	1–2	74 ± 1,0	126,7	92,9 ± 1,1	1,54
Сорт American Revolution									
Умовний контроль	11 ± 1,0	—	20 ± 2,0	—	1–5	242 ± 1,2	—	83,5 ± 0,8	—
Біля автомагістралі	7 ± 2,0	1,79	18 ± 2,0	0,71	1–5	152 ± 1,1	55,21	81,9 ± 1,3	1,05
Проммайданчик	5 ± 1,0	4,26	18 ± 2,0	0,71	1–3	109 ± 0,9	88,67	80,5 ± 1,5	1,76
Сорт Winnie the Pooh									
Умовний контроль	12 ± 1,0	—	8 ± 2,0	—	1–3	102 ± 1,5	—	68,1 ± 1,0	—
Біля автомагістралі	10 ± 1,0	1,42	7 ± 1,0	0,45	1–3	74 ± 1,1	15,05	67,8 ± 1,5	0,17
Проммайданчик	7 ± 1,0	3,55	6 ± 1,0	0,89	1	50 ± 1,6	23,74	67,6 ± 1,0	0,35

Примітка. t_{st} — значення коефіцієнта Стьюдента.

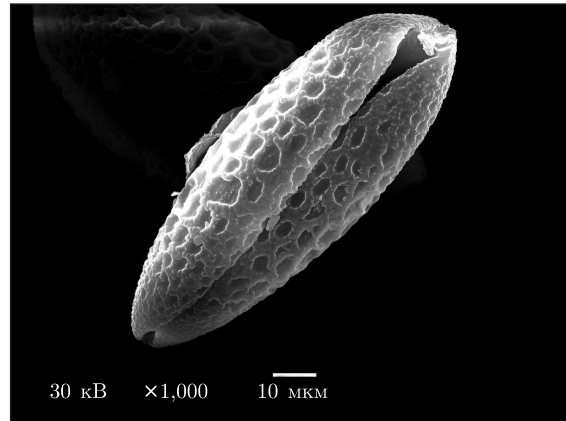
Таблиця 2. Морфометрична характеристика пилку окремих видів роду *Heterocallis*, мкм

Вид	Довжина полярної осі			Екваторіальний діаметр			Розмір комірок екзини			
	$M \pm m$	V, %	t_{st}	$M \pm m$	V, %	t_{st}	найменшої		найбільшої	
							$M \pm m$	t_{st}	$M \pm m$	t_{st}
<i>H. middendorffii</i>	$109,6 \pm 0,53$	10,1	—	$39,2 \pm 0,4$	12,1	—	$4,3 \pm 0,1$	—	$10,8 \pm 0,2$	—
<i>H. lilioasphodelus</i>	$117,6 \pm 0,47$	11,3	11,3	$40,3 \pm 0,61$	10,5	1,5	$2,5 \pm 0,2$	8,0	$8,6 \pm 0,3$	6,1

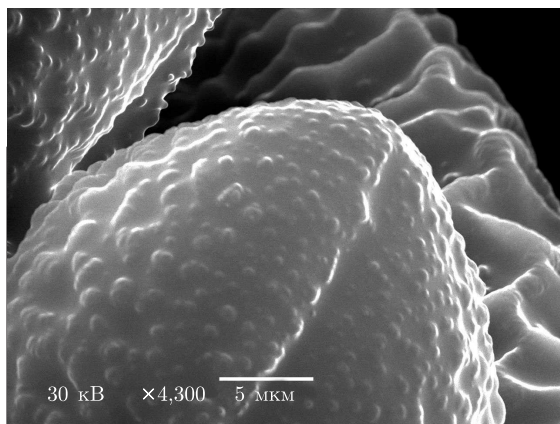
Примітка. При розрахунку t_{st} відповідні значення порівнювали зі значеннями для *H. middendorffii*.



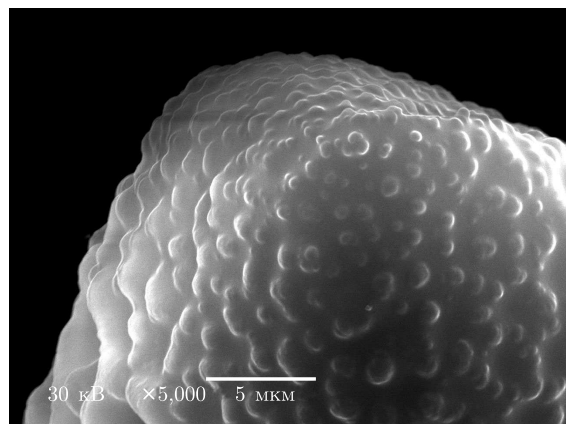
a



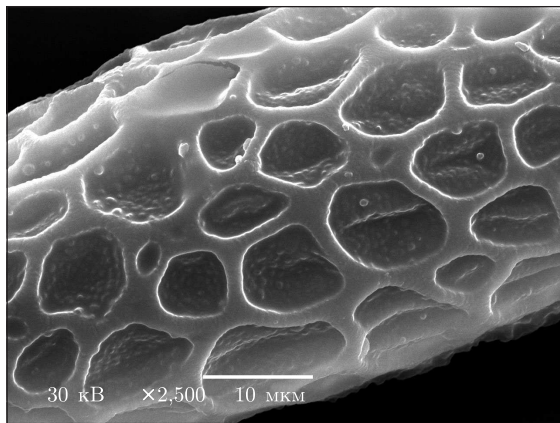
б



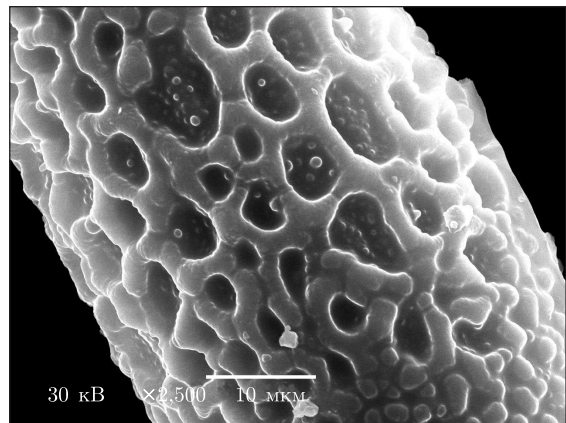
в



г



д



е

Рис. 2. Ультраструктура пилку *H. middendorffii* (a, в, д) та *H. lilioasphodelus* (б, г, е) (СЕМ): а, б — вигляд з екватора; в, г — вигляд з полюса; д, е — поверхня екзини

за розмірами комірки виявлені у *H. middendorffii* — від 4,3 до 10,8 мкм (див. табл. 2). Скульптура поверхні в середині комірок представлена зернами, діаметр яких не перевищує 0,3–0,9 мкм.

Таблиця 3. Особливості розвитку чоловічого гаметофіта лілійнику в умовах забруднення, мкм

Місце відбору проб	Дозрілий бутон				Розкрита квітка				Життєздатність, %
	Довжина		Ширина		Довжина		Ширина		
	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %	
<i>H. liliosphodelus</i>									
Умовний контроль	131,7 ± 0,53	5,5	47,5 ± 0,92	25,9	129,6 ± 0,67	7,3	47,7 ± 0,32	8,7	94,7
Біля автомагістралі	117,8 ± 0,61*	6,5	46,7 ± 0,44	11,4	116,5 ± 0,78*	8,3	53,2 ± 0,49*	11,4	87,3
Проммайданчик	119,3 ± 0,90*	3,6	48,9 ± 0,32	14,9	114,4 ± 0,58*	11,3	55,8 ± 0,64*	9,5	80,7
<i>H. middendorffii</i>									
Умовний контроль	105,3 ± 0,35	6,58	50,2 ± 0,87	20,9	104,5 ± 0,94	21,3	47,5 ± 0,56	11,3	78,3
Біля автомагістралі	103,3 ± 0,52	9,2	47,9 ± 0,31	18,1	101,8 ± 0,34*	15,4	48,5 ± 0,58	17,3	68,8
Проммайданчик	103,8 ± 0,89	11,3	48,5 ± 0,45	10,3	102,1 ± 0,45	19,8	48,6 ± 0,23	19,1	70,5
Сорт American Revolution									
Умовний контроль	143,8 ± 0,45	3,4	49,9 ± 0,91	11,2	141,2 ± 0,51	7,4	51,7 ± 0,25	9,1	97,1
Біля автомагістралі	141,7 ± 0,84	12,1	52,6 ± 0,74	14,3	140,5 ± 0,26	13,6	52,1 ± 0,12	14,2	96,6
Проммайданчик	123,5 ± 0,55*	8,7	46,5 ± 0,62*	10,9	120,8 ± 0,68*	5,3	48,9 ± 0,84*	13,6	95,9
Сорт Stagecoach									
Умовний контроль	155,8 ± 0,51	4,5	54,7 ± 0,36	16,5	148,3 ± 0,65	17,4	47,6 ± 0,14	8,5	97,2
Біля автомагістралі	154,0 ± 0,25	9,5	50,9 ± 0,96*	10,7	134,5 ± 0,13*	16,1	48,8 ± 0,78	11,1	94,8
Проммайданчик	155,1 ± 0,14	6,3	55,0 ± 0,27	19,2	138,2 ± 0,84*	10,8	48,9 ± 0,62	14,3	81,4
Сорт Winnie the Pooh									
Умовний контроль	152,3 ± 0,45	7,8	58,3 ± 0,21	13,6	147,5 ± 0,13	15,3	60,3 ± 0,38	9,5	90,2
Біля автомагістралі	150,8 ± 0,24	10,2	57,2 ± 0,29	21,1	137,2 ± 0,61*	10,7	55,1 ± 0,94*	10,2	86,1
Проммайданчик	146,2 ± 0,84*	9,5	58,1 ± 0,57	17,9	134,9 ± 0,58*	18,1	57,2 ± 0,87*	14,3	85,4

* Статистично достовірна різниця відносно контролю, $p < 0,05$.

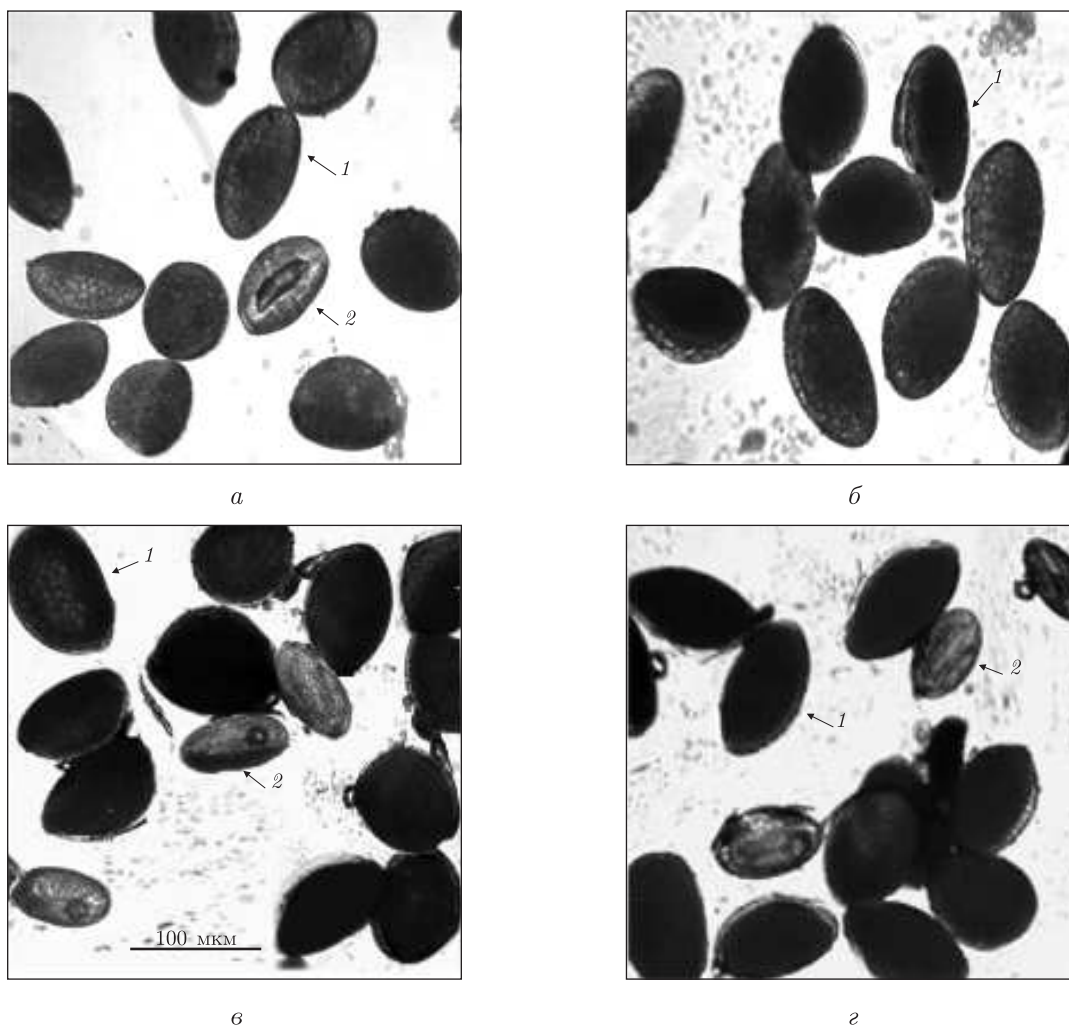


Рис. 3. Морфологічна будова пилку *H. lilioasphodelus* (а, б) і *H. middendorffii* (в, г) в умовах промайданчика (а, в) і в умовному контролі (б, г): 1 — фертильний пилкок; 2 — стерильний пилкок

Вплив підвищеного рівня забруднення на обох дослідних ділянках, як свідчать дані табл. 3, інтенсивніше виявлявся у *H. lilioasphodelus*. У зазначеного виду статистично достовірно зменшувалася довжина пилкових зерен, як на стадії бутону, так і квітці (89,4 і 89,9% до контролю відповідно). Водночас в розкритій квітці збільшувалася ширина пилкового зерна на 8,1 мкм. Тобто за дії полутантів пилкок набував округлішої форми (рис. 3, а, в). Отримані нами результати підтверджуються співвідношенням довжини пилку до ширини, яке в контролі становило 2,7, а за умов промислового забруднення зменшувалося до 2,1. У *H. middendorffii* достовірної зміни розмірів пилкових зерен не спостерігалось. Встановлено, що на промисловому майданчику у *H. lilioasphodelus* утворювалося до 45% несформованих пилкових зерен. Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень О. П. Приймак і В. П. Бессонової [7], згідно з якими зазначений таксон віднесено до групи видів, чутливих до впливу викидів автотранспорту на формування чоловічого гаметофіта.

Визначення фертильності пилку видів та сортів лілійнику засвідчує, що в умовах забруднення зменшується його життєздатність. Порівняння його фертильності показало істо-

тніший негативний вплив промислового забруднення, ніж дії викидів автотранспорту на утворення нежиттєздатного пилку (див. рис. 3). Найбільшого впливу полютантів зазнавав пилкок *H. lilioasphodelus* та сорту Stagecoach, стерильність якого підвищувалася на 14 та 15,8% відповідно, тоді як у інших — на 1,2–9,5% (див. табл. 2).

Порушення у формуванні чоловічого гаметофіта лілійників при забрудненні довкілля промисловими викидами гірничорудного підприємства та автотранспорту виявлялося також у зменшенні довжини пилкових зерен (до 13%) та збільшенні кількості стерильного пилку (до 16%). У найчутливішого до дії забруднення *H. lilioasphodelus* утворювалися пилкові зерна з вищою стерильністю і спостерігалася наявність несформованого пилку (до 45%).

Отже, особливості аутоекології лілійнику за різного рівня забруднення полягають в тому, що вегетацію рослини розпочинають раніше, ніж у контролі. Проте цвітіння відбувається пізніше і проходить в значно коротші строки (до 14 діб), що узгоджується зі зменшенням продуктивності квітування лілійнику. Водночас культивари істотно не втрачають декоративних якостей, і їх доцільно використовувати для озеленення різних функціональних зон підприємств гірничорудної промисловості. Вперше охарактеризована ультраструктура пилку *H. lilioasphodelus* і *H. middendorffii*. Дія забруднення на формування чоловічого гаметофіта лілійнику призводить до зменшення довжини пилкових зерен (до 13%) та збільшення кількості стерильного пилку (до 16%), що істотніше виявляється у *H. lilioasphodelus*. Показана можливість використання зазначених показників для біоіндикації рівня забруднення довкілля.

1. Лихолат Ю. В., Григорюк І. П., Басалаев О. К. та ін. Акумуляція важких металів в органах квітково-декоративних рослин за різних екологічних умов // Доп. НАН України. – 2007. – № 7. – С. 203–207.
2. Лихолат Ю. В. Еколого-фізіологічні особливості багаторічних дерноутворюючих злаків техногенних територій. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 1999. – 188 с.
3. Глухов О. З., Сазонов А. І., Хижняк Н. А. Фітоіндикація металоперсину в антропогенно трансформованому середовищі. – Донецьк: Норд-Прес, 2006. – 360 с.
4. Кордюм Є. Л. Стабільність та пластичність онтогенезу рослин // Физиология и биохимия культур. растений. – 2003. – 35, № 6. – С. 528–534.
5. Чипиляк Т. Ф. Перспективи інтродукції видів та культиварів лілійнику (*Heimerocallis* L.) в умовах степового Придніпров'я // Інтродукція рослин. – 2005. – № 1. – С. 65–70.
6. Николаевский В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации. – Москва: МГУЛ, 1998. – 191 с.
7. Приймак О. П., Бессонова В. П. Вплив інгредієнтів автотранспортних викидів на стан пилку деяких квітникових рослин // Інтродукція рослин. – 2007. – № 3. – С. 36–40.
8. Лысый А. Е., Артюх В. М., Рыженко С. А. Экология Кривбасса: социально-гигиенические проблемы и перспективы оздоровления. – Кривой Рог: Кривбассавтоматика плюс, 2002. – 226 с.
9. Мацталер Н. В., Гришко В. М., Чипиляк Т. Ф. Зміни деяких функціональних характеристик асиміляційного апарату лілійників та пенстемон під впливом викидів гірничо-збагачувального підприємства // Физиология растений: проблемы та перспективи розвитку: Зб. праць / Гол. ред. В. В. Моргун. – Київ: Логос, 2009. – С. 283–290.
10. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – Москва: ГБС АН СССР, 1975. – 27 с.
11. Токарев П. И. Морфология и ультраструктура пыльцевых зерен. – Москва: Об-во науч. изд. КМКю, 2002. – 51 с.
12. Савицкий В. Д. Морфология, классификация и эволюция пыльцы семейства лютиковых. – Киев: Наук. думка, 1982. – 124 с.
13. Сцигиревская Н. С. Применение сканирующего электронного микроскопа в ботанике // Бот. журн. 1971. – 56, № 4. – С. 549–558.

V. M. Gryshko, T. F. Chipilyak

Autecology of *Hemerocallis* L. species and sorts (development of the generative sphere) under conditions of technogenic contamination

*The specific features of the day-lilies autecology under conditions of different levels of contamination consist of that the plants vegetation is begun before that in control, while the flowering takes place later and in more short times (to 14 days), which agrees with a diminishing of the day-lilies flowering productivity. Nevertheless, cultivars do not substantially lose decorative qualities, which allows recommending them for the use in the greenery planting of different functional areas of mining industry enterprises. We first describe the ultrastructure of *H. lilioasphodelus* and *H. midendorffii* pollen. The action of contamination on the forming of day-lilies masculine gametophyte causes a diminishing of the pollen grains length (to 13%) and an increase of the pollen sterility (to 16%), which is more substantially seen at *H. lilioasphodelus*. The possibility of the use of the marked indices for the bioindication of a level of contamination of the environment is shown.*