



Т.Ф. ЧИПИЛЯК, В.М. ГРИШКО

Криворізький ботанічний сад НАН України
вул. Маршака, 50, м. Кривий Ріг, 50089, Україна
chipiljak@rambler.ru

ОСОБЛИВОСТІ ФІЗІОЛОГІЧНОЇ АДАПТАЦІЇ *HEMEROCALLIS LILIOASPHODELUS* I *H. MIDDENDORFFII* (*HEMEROCALLIDACEAE*) ДО ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ

Ключові слова: *Heimerocallis lilioasphodelus*, *H. middendorffii*, важкі метали, ТБК-активні продукти, пігменти фотосинтезу

Вступ

З огляду на значний рівень антропогенного впливу, зокрема в промислових центрах Правобережного степового Придніпров'я України, актуальним є вивчення реакцій пристосування рослин, що впроваджуються для збагачення фіторізноманіття територій із певним рівнем техногенного навантаження. Дослідження впливу абіотичних чинників на рослинний організм доводять, що адаптаційні реакції реалізуються завдяки пластичності метаболічних процесів. Вони виявляються в зміні функціонального стану фотосинтетичного апарату, кількісних та якісних ознак морфології та анатомії вегетативних органів, біології розвитку (Глухов, 2007; Косаківська, 2007; Кошкин, 2010; Кордюм, 2012). Сьогодні потребують подальшого поглибленого вивчення фізіологічні механізми, які є основою пластичності рослин, різних за стійкістю до стрес-факторів.

Найбільш вдалою моделлю для таких досліджень можуть бути трав'яні рослини, оскільки їм властиво виявляти значно ширші адаптивні можливості
© Т.Ф. ЧИПИЛЯК, В.М. ГРИШКО, 2014

порівняно з деревами та кущами (Безсонова та ін., 2003; Іванченко, 2005; Лихолат та ін., 2007). Необхідно враховувати, що ефективним джерелом збагачення та вдосконалення асортименту культурної флори за різного рівня техногенного забруднення можуть бути представники родових комплексів, яким притаманні як широкий спектр декоративних якостей, так і пластичність на фізіолого-біохімічному рівні (Безсонова, 1991; Пельтихіна и др., 2005; Гришко, Чипиляк, 2011). Тому актуальним є дослідження питань пластичності і стабільності онтогенезу рослин та пристосування рослинного організму до нових екологічних умов зростання, а саме — забруднення довкілля поліюгантами, тобто речовинами техногенного походження, вміст яких у навколишньому середовищі перевищує граничні концентрації (Вінниченко, Долгова, 2001; Мусієнко та ін., 2002; Анісімова, 2006; Глухов та ін., 2006). Так, в атмосферне повітря від промислових підприємств м. Кривий Ріг у 2010 р. потрапило 39% від загальних обсягів викидів по Дніпропетровській обл., у тому числі металів і їхніх сполук 11,3 тис. т (Гришко та ін., 2012б).

Таблиця 1. Вміст важких металів у листках видів роду *Heimerocallis* за різних екологічних умов, мкг/г сухої речовини

Елемент	<i>H. lilioasphodelus</i>			<i>H. middendorffii</i>		
	Моніторингові ділянки			Моніторингові ділянки		
	Умовний контроль	Біля автомагістралі	Проммайданчик ПівнГЗК	Умовний контроль	Біля автомагістралі	Проммайданчик ПівнГЗК
Pb	8,43 ± 1,09	21,14 ± 4,04*	20,55 ± 0,07	6,41 ± 0,34	12,34 ± 1,49*	19,43 ± 0,33*
Cd	3,03 ± 0,57	4,19 ± 0,09*	6,85 ± 0,27	9,10 ± 0,45	9,80 ± 0,41	15,69 ± 1,08*
Ni	3,28 ± 0,11	3,26 ± 0,33	6,87 ± 0,54	6,70 ± 0,63	6,74 ± 0,15	14,54 ± 0,37*
Zn	14,08 ± 0,08	15,84 ± 3,15	37,03 ± 3,89	25,90 ± 0,68	31,91 ± 0,63*	87,22 ± 7,65*
Cu	5,46 ± 2,18	5,69 ± 0,77	7,76 ± 0,74	14,26 ± 1,17	14,41 ± 0,50	28,79 ± 1,42*
Fe	139,80 ± 2,10	160,10 ± 6,82	3102,81 ± 35,71*	185,03 ± 14,07	186,63 ± 5,87	2554,98 ± 29,15*

Примітка: * — статистично достовірна різниця до контролю $p < 0,05$.

Метою наших досліджень було з'ясування особливостей фізіологічної адаптації до дії важких металів видів роду *Heimerocallis* L. (*Heimerocallidaceae*). Це дасть змогу визначити доцільність їх використання для збагачення біотичного різноманіття ландшафтів промислових міст.

Об'єкти та методи досліджень

Для вирішення цього завдання ми заклали три моніторингові ділянки в межах одного територіального району м. Кривий Ріг, які розрізнялися лише рівнем та якісним складом аерогенного забруднення. Перша ділянка (умовний контроль) розміщена на території Криворізького ботанічного саду НАН України. Друга — в зоні викидів рудозбагачувальної фабрики ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (ПівнГЗК), на території якого налічується 247 стаціонарних джерел викидів із великим сумарним показником забруднення сполуками важких металів. Наші попередні дослідження свідчать, що на зазначеній ділянці середній рівень пилових опадів за добу майже в 7 разів перевищує значення для умовного контролю, а в твердих опадах міститься вг'ятеро більше феруму та вдвічі — нікелю (Машталер та ін., 2009). Третя моніторингова ділянка розташована в міському сквері, поблизу автомагістралі з інтенсивним рухом (1025 машин за год). Для неї характерне забруднення викидами автотранспорту, які відзначаються перевищенням у повітрі гранично допустимих концентрацій для сполук плюмбуму в 3—4 рази (Лысый и др., 2002). На кожній дослідній ділянці було висаджено по 10 рослин *Heimerocallis lilioasphodelus* L. та *H. middendorffii* Trautv. et C.A. Mey., які вирощували з дотриманням загальних агротехнічних заходів. На всіх моніторингових ділянках умови зволоження та рівень забезпеченості ґрунту основними еле-

ментами мінерального живлення суттєво не відрізнялися.

Вміст кадмію, нікелю, цинку, феруму, купруму та плюмбуму в рослинному матеріалі та ґрунтах визначали згідно з рекомендаціями (Методические указания..., 1989). Мінералізація рослинних проб здійснювалася методом сухого озолення (ГОСТ 26657-85..., 1986). Концентрацію важких металів у ґрунті (рухомих та валових форм) і рослинному матеріалі встановлювали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна). Коефіцієнт транслокації розраховували як співвідношення вмісту елемента в листках рослин до вмісту його рухомих форм у ґрунті (Varman et al., 2000; Gupta et al., 2008). Показники внутрішньотканинного забруднення листка рослин розраховували за співвідношенням кількості елемента у вегетативному органі в умовах забруднення до його вмісту у вегетативному органі контрольних рослин (Ильин и др., 1979). Кількість продуктів, що реагують з тіобарбітуровою кислотою (ТБК-активних продуктів), визначали за В.С. Камишніковим (Камышников, 2000), сумарного білка — за Ch.S. Greenberg (1982), фотосинтетичних пігментів в ацетонових екстрактах — загальноприйнятими методами (Гавриленко, 1975).

Аналітична повторюваність — чотириразова, повторюваність кожного дослідження — триразова. Статистичну обробку експериментальних даних проводили відповідно до загальноприйнятих методів параметричної статистики на 95 % рівні значущості (Доспехов, 1985).

Результати досліджень та їх обговорення

Наведені в табл. 1 результати визначення вмісту в листках рослин кадмію, нікелю, цинку, купруму та феруму свідчать про більшу здатність *H. middendorffii*

Таблиця 2. Вміст важких металів у ґрунті моніторингових ділянок, розташованих у різних екологічних умовах, мг/кг ґрунту

Моніторингова ділянка	Елемент					
	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Fe
Амонійно-ацетатна витяжка						
Умовний контроль	1,53±0,08	1,04±0,09	1,82±0,17	4,21±0,31	0,63±0,03	0,35±0,03
ПівнГЗК	1,71±0,06	1,74±0,12*	2,97±0,08*	13,15±1,6*	1,2±0,03*	975,60±9,15*
Валовий вміст						
Умовний контроль	4,72±0,38	2,61±0,18	36,05±1,05	27,91±1,09	7,78±0,30	2064,89±14,0
ПівнГЗК	10,61±0,56*	5,48±0,26*	57,91±2,63*	37,45±1,25*	8,92±0,2*	2200,01±71,7

Примітка: глибина відбору проб 5—15 см; * — різниця достовірна щодо умовного контролю.

до їхньої акумуляції, ніж *H. lilioasphodelus*. Так, у контрольних рослин першого виду вміст кадмію, нікелю та купруму в 2—3 рази перевищував такий у *H. lilioasphodelus*, а концентрація феруму та цинку — на 45,2 мг/г і 11,82 мг/г відповідно.

Розрахунки показників внутрішньотканинного забруднення рослин сполуками важких металів показали, що рослини промислового майданчика активно акумулювали в листках усі вивчені елементи, але за абсолютним накопиченням перше місце посів ферум, рівень якого в 13,8—22,2 рази перевищував контрольні показники (рис. 1).

Отримані результати узгоджуються з даними табл. 2, за якими рівень рухомих форм феруму в ґрунті промислового майданчика перевищував фонові показники більш як у 2000 разів. В умовах ПівнГЗК індекс внутрішньотканинного забруднення листків *H. lilioasphodelus* ферумом був у 1,6 рази більшим за аналогічні показники у *H. middendorffii* (рис. 1).

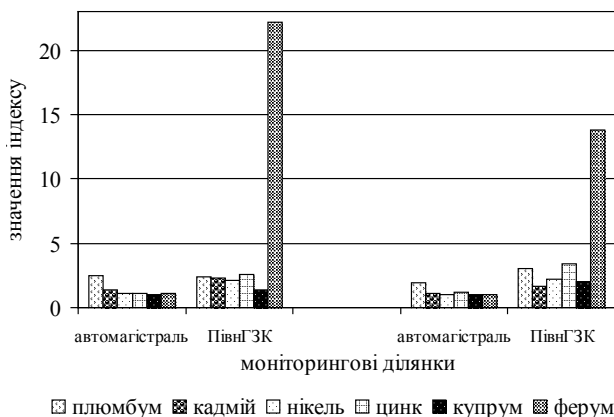


Рис. 1. Значення показників внутрішньотканинного забруднення листків сполуками важких металів у *H. lilioasphodelus* і *H. middendorffii* за різних екологічних умов

Fig. 1. Indexes of interstitial contamination of leaves by heavy metal compounds in *H. lilioasphodelus* and *H. middendorffii* under different environmental conditions

На моніторинговій ділянці, розташованій поблизу автомагістралі, найвищі значення показника внутрішньотканинного забруднення виявлені для плюмбуму. В *H. lilioasphodelus* вміст плюмбуму був більшим, порівняно з *H. middendorffii*, в 1,3 рази. Разом з тим, концентрація нікелю, купруму та феруму в асиміляційних органах рослин поблизу автомагістралі статистично достовірно не відрізнялася від такої в умовному контролі, а діапазон коливань значень індексу внутрішньотканинного забруднення був незначним.

Аналіз даних щодо накопичення сполук важких металів у листках досліджених видів і розподілу елементів у ґрунтах моніторингових ділянок показує, що в більшості випадків рівень їхньої акумуляції в листках є вищим за вміст у ґрунті. Наприклад, якщо вміст сполук плюмбуму в ґрунті моніторингової ділянки на ПівнГЗК перевищував фоновий у 1,1 рази, то в листках *H. lilioasphodelus* і *H. middendorffii* — у 2,4 і 3 рази відповідно; кількість сполук нікелю у ґрунті зростала в 1,6, тоді як у листках обох видів — у 2,1 рази. Отримані результати свідчать про значну акумуляцію іонів важких металів асиміляційними органами лілійників, що значною мірою пов'язано як з підвищеним вмістом зазначених елементів у пилових викидах підприємства, так і з певними особливостями процесів надходження іонів металів до рослин (Gupta et al., 2008; Singh et al., 2010; Гришко та ін., 2012б). З огляду на це були розраховані транслокаційні коефіцієнти для бар'єрного блоку «ґрунт — листки рослин». У рослин системи «контролю» за надходженням іонів металів дають змогу опосередковано оцінити ступінь доступності елемента в середовищі його існування (Глухов та ін., 2006; Алексеев, 2008).

З рис. 2 видно, що в досліджених видів міцний антиконцентраційний бар'єр як у контролі, так і за умов забруднення (транслокаційні коефіцієнти < 1,0), доведено лише для нікелю.

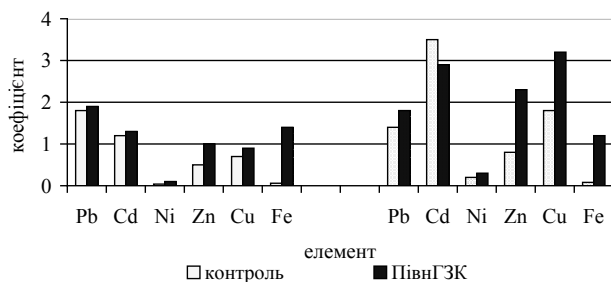


Рис. 2. Транслокаційні коефіцієнти деяких елементів у *H. lilioasphodelus* і *H. middendorffii* в контролі і за умов забруднення
Fig. 2. Translocation coefficients of some elements in *H. lilioasphodelus* and *H. middendorffii* in control and under conditions of contamination

У *H. lilioasphodelus* концентраційні бар'єри існують лише в разі накопичення нікелю, купруму і цинку, а в *H. middendorffii* — для нікелю. В умовах забруднення *H. lilioasphodelus* не є макроконцентрактором іонів жодного з досліджених металів (транслокаційні коефіцієнти < 2,0), згідно зі шкалою, запропонованою О.М. Ніканоровим зі співавторами (Ніканоров и др., 1993). Металоконцентрактором купруму, цинку та кадмію (транслокаційний коефіцієнт > 2,0) можна вважати *H. middendorffii*, тобто надходження всіх елементів, окрім нікелю, до його листків відбувається безбар'єрним шляхом.

Дія стресових чинників зумовлює зміну інтенсивності прооксидантних процесів й активацію багаторівневої системи захисту рослин (Гришко, Сьшиков, 2012а). Зміщення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в клітинах відіграє важливу роль у формуванні адаптивного потенціалу рослин й оцінюється за рівнем утворення продуктів пероксидного окиснення ліпідів та жиророзчинних низькомолекулярних антиоксидантів (α -токоферолу і каротиноїдів) (Кордюм и др., 2003). За активної акумуляції важких металів у листках суттєво підвищується кількість ТБК-активних продуктів (табл. 3).

Так, якщо в *H. lilioasphodelus* на ділянці поблизу автомагістралі їхній рівень зростав у 2,5, то в умовах промислового майданчика — в 3,4 раза. Аналогічна закономірність спостерігалась і для *H. middendorffii*. Проте необхідно зауважити, що за дії стресового чинника в *H. lilioasphodelus*, порівняно з *H. middendorffii*, спостерігається утворення активних форм кисню в 1,5—1,8 раза суттєвіше, ніж їхнє елімінування. В такому випадку порушується збалансованість процесів пероксидного окиснення ліпідів і функціонування захисних систем організму, що проявляється, зокрема, в зміні вмісту пігмен-

Таблиця 3. Вміст ТБК-активних продуктів у листках видів лілійника за різних екологічних умов, Ммоль/мг білка

Моніторингова ділянка	M ± m	t _{st}	V, %
<i>H. lilioasphodelus</i>			
Умовний контроль	8,47 ± 0,07	—	1,5
Біля автомагістралі	21,0 ± 0,80	15,36	6,6
Проммайданчик	28,44 ± 3,5	5,62	21,3
<i>H. middendorffii</i>			
Умовний контроль	7,68 ± 0,105	—	2,4
Біля автомагістралі	10,60 ± 0,47	6,06	7,7
Проммайданчик	17,16 ± 1,67	5,65	16,9

П р и м і т к а: t_{st} — значення коефіцієнта Стьюдента.

Таблиця 4. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках видів лілійника за різних екологічних умов, мг/г сирої речовини

Моніторингова ділянка	Сума загального хлорофілу	Сума каротиноїдів
<i>H. lilioasphodelus</i>		
Умовний контроль	1,22 ± 0,007	0,08 ± 0,001
Біля автомагістралі	1,36 ± 0,004*	0,012 ± 0,002*
Проммайданчик ПівнГЗК	1,58 ± 0,005*	0,01 ± 0,002*
<i>H. middendorffii</i>		
Умовний контроль	1,47 ± 0,029	0,17 ± 0,001
Біля автомагістралі	1,69 ± 0,073	0,06 ± 0,003*
Проммайданчик ПівнГЗК	0,77 ± 0,032*	0,04 ± 0,003*

П р и м і т к а: «*» — статистично достовірна різниця до контролю р < 0,05.

тів у листках. За дії різного типу забруднень у рослин встановлені відповідні зміни суми хлорофілів «а» і «б». Під впливом викидів автотранспорту вміст загального хлорофілу в *H. middendorffii* достовірно не відрізняється від контрольних показників, тоді як у листках *H. lilioasphodelus* перевищує контрольні показники в обох варіантах дослідження (табл. 4).

Припускаємо, що підвищення вмісту хлорофілів, за суттєвішої акумуляції лише плюмбуму поблизу автомагістралі, відображає первинну реакцію рослин на стрес, коли активно працюють захисні системи, і в деяких випадках навіть посилюється синтез пігментів.

Видам лілійника притаманні і різні темпи зниження вмісту каротиноїдів за умов забруднення сполуками важких металів. Так, поблизу автомагістралі в *H. lilioasphodelus* сума каротиноїдів зменшувалась у 6,7, а в *H. middendorffii* — у 2,8 раза стосовно контролю. З підвищенням рівня акумуляції важких металів на промисловому майданчику в листках обох видів їхня кількість знижувалась у 8 та 4,3 раза відповідно. Зменшення вмісту каротиноїдів узгоджується з інтенсивнішою активацією процесів пероксидного окиснення ліпідів, що характерно для *H. lilioasphodelus*.

Висновки

За результатами досліджень можна виділити такі особливості акумуляції важких металів у листках видів роду *Hemerocallis*. За дії промислового забруднення спостерігається значна акумуляція іонів феруму, нікелю та кадмію, тоді як під впливом викидів автотранспорту найінтенсивніше накопичуються іони плюмбуму. В умовах промислового майданчика в листках *H. middendorffii* встановлено вищий рівень накопичення цинку, купруму та плюмбуму і їхнє надходження до рослин відбувається безбар'єрним шляхом. Лише для нікелю залишається міцний бар'єр навіть за умов забруднення.

Особливості функціонування фотосинтетичного апарату мають як загальні, так і специфічні тенденції. До загальних відносимо істотніший вплив промислового забруднення, ніж викидів автотранспорту, на зростання рівня ТБК-активних продуктів і зменшення суми каротиноїдів. Для *H. lilioasphodelus*, на відміну від *H. middendorffii*, виявлено збільшення вмісту загального хлорофілу як за викидів автотранспорту, так і в умовах промайданчика. Припускаємо, що підвищення вмісту хлорофілів відображає первинну реакцію рослин на стрес, коли активізується функціонування захисних систем і посилюється синтез пігментів (Кошкин, 2010).

Підсумовуючи результати досліджень, можна констатувати, що види роду *Hemerocallis* L. проявляють специфічні адаптаційні реакції під впливом різного типу і рівня забруднення. Вони характеризуються посиленням транслокації важких металів у системі «грунт — рослина», збільшенням інтенсивності процесів пероксидації в листках та зміною вмісту пігментів фотосинтезу. Тобто відбувається фізіологічна адаптація, коли рослини на рівні окремих органів зазнають впливу несприятливих чинників, але їхній ріст і розвиток не припиняється, а пригнічуються метаболічні процеси в деяких фазах розвитку, що загалом не позначається на стратегії фенотипу (Гришко, Чипиляк, 2011; Гродзинский, 2013).

Робота виконана за проектом № 36 «Транслокація важких металів і фтору в системі «грунт — рослина» та підвищення стійкості рослин за дії абіотичних факторів» цільової комплексної міждисциплінарної програми наукових досліджень НАН України з проблем сталого розвитку, раціонального природокористування та збереження навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в агроландшафте. — СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. — 216 с.
- Анісімова Л.Б. Особливості біогенної міграції марганцю, заліза, нікелю, міді, цинку і свинцю у білокашієвих (*Robinia pseudoacacia* L.) культурбіогеоценозах степового Придніпров'я: Автореф. дис. ...канд. біол. наук. — Дніпропетровськ, 2006. — 20 с.
- Бессонова В.П. Пасивний моніторинг забруднення середовища важкими металами з використанням рослин // Укр. ботан. журн. — 1991. — 48, № 2. — С. 77 — 80.
- Бессонова В.П., Фендюр Л.М., Іванченко О.Є. Оцінка стану асиміляційної поверхні декоративних квіткових рослин при дії надлишку заліза та хрому у навколишньому середовищі // Питання біоіндикації та екології. — Запоріжжя, 2003. — Вип. 8, № 2. — С. 51—73.
- Вінниченко О.М., Долгова Л.Г. Екофізіологічні проблеми фітоценозів та біологічна активність едафотопів в умовах техногенних територій // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. — К.: Укр. фітосоціоцентр, 2001. — Т. 2. — С. 23—36.
- Гавриленко В.Ф., Ладьгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. — М.: Высш. шк., 1975. — 392 с.
- Глухов А.З. Приоритетные направления развития, актуальные проблемы промышленной ботаники на современном этапе // Пром. ботаника: стан та перспективи розвитку: V міжнар. наук. конф. (Донецьк, 24 — 26 верес. 2007) / Рада бот. садів та парків України, Донецький ботсад НАН України. — Донецьк, 2007. — С. 19—21.
- Глухов О.З., Сазонов А.І., Хиженяк Н.А. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. — Донецьк: Норд-Прес, 2006. — 360 с.
- ГОСТ 26657-85. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. — М.: Госстандарт СССР, 1986. — 15 с.
- Гришко В.Н., Свищиков Д.В. Функционирование глутатион-зависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора. — Киев: Наук. думка, 2012а. — 238 с.
- Гришко В.М., Свищиков Д.В., Піскова О.М. та ін. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. — Донецьк: Донбас, 2012б. — 303 с.
- Гришко В.М., Чипиляк Т.Ф. Аутокологія видів і сортів *Hemerocallis* L. (розвиток генеративної сфери) в умовах техногенного забруднення // Доп. НАН України. — 2011. — № 12. — С. 138—147.
- Гродзинский Д.М. Адаптивная стратегия физиологических процессов растений. — Киев: Наук. думка, 2013. — 301 с.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами стат. обработки результатов исслед.). — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
- Ильин В.Б., Степанова М.Д. Относительные показатели загрязнения в системе почва—растение // Почвоведение. — 1979. — № 11. — С. 61—67.
- Іванченко О.Є. Біоіндикація стану довкілля за динамікою накопичення заліза та хрому в вегетативних органах декоративних однорічних рослин // Питання біоіндикації та екології. — Запоріжжя, 2005. — Вип. 10, № 2. — С. 94—104.

- Камышиников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике.— Минск: Беларусь, 2000. — Т. 2. — 207 с.
- Кордюм Е.Л., Сытник К.М., Бараненко В.В. и др. Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. — Киев: Наук. думка, 2003. — 275 с.
- Кордюм Е.Л. Фенотипічна пластичність і епігенетика // Укр. ботан. журн. — 2012. — 69, № 2. — С. 163—177.
- Косаківська І.В. Екологічний напрям у фізіології рослин: досягнення й перспективи // Физиология и биохимия культурных растений. — 2007. — 39, № 4. — С. 279—290.
- Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур // — М.: Дроф, 2010. — 638 с.
- 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.
- Лысый А.Е., Артюх В.М., Рыженко С.А. Экология Кривбаса: социально-гигиенические проблемы и перспективы оздоровления. — Кривой Рог: Кривбассавтоматика плюс, 2002. — 226 с.
- Маиталер Н.В., Гришко В.М., Чипиляк Т.Ф. Зміни деяких функціональних характеристик асиміляційного апарату лілійників та пенстемон під впливом викидів гірничо-збагачувального підприємства // Збірн. праць «Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку». — 2009. — Т. 2. — С. 283—290.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства. — М.: б.и., 1989. — 62 с.
- Мусяненко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник — К.: Т-во «Знання», КОО, 2002. — 550 с.
- Никаноров А.М., Жулидов А.В., Емец В.М. Тяжелые металлы в организмах ветлендов России. — СПб.: Гидрометеоздат, 1993. — 282 с.
- Пельтихина Р.И., Крохмаль И.И. Интродукция видов и сортов рода *Hemerocallis* L. (*Hemerocallidaceae* R.Br.) в Донбассе и перспективы их использования в декоративном садоводстве. — Донецк: Норд-Пресс, 2005. — 236 с.
- Barman S.C., Sahu R.K., Bhargava S.K., Chatterjee C. Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents // Bull. Environ. Contam. Toxicol. — 2000. — 64(4). — P. 489—496.
- Greenberg Ch.S., Gaddock Rh.R. Rapid single step membrane protein assay. // Clin. Chem. — 1982. — 28(7). — P. 1726—1728.
- Gupta S., Nayek S., Saha R.N. and Satpati. Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory // J. Environ. Geol. — 2008. — 55(4). — P. 731—739.
- Singh R., Singh D.P., Kumar N., Bhargava S.K., Barman S.C. Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plants fly ash contaminated area // J. Environ. Biol. — 2010. — 31(4) — P. 421—430.

Рекомендує до друку
О.К. Золотарьова

Надійшла 20.10.2014 р

Т.Ф. Чипиляк, В.Н. Гришко
Криворожский ботанический сад НАН Украины

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ *HEMEROCALLIS LILIOASPHODELUS* И *H. MIDDENDORFFII* (*HEMEROCALLIDACEAE*) К ТЕХНОГЕННОМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ

Рассмотрены особенности аккумуляции Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd в листьях видов *Hemerocallis lilioasphodelus* L. и *H. middendorffii* Trautv. et Meyer в условиях промышленного загрязнения и действия выбросов автотранспорта. Показано влияние загрязнения на содержание ТБК-активных продуктов, хлорофиллов «а» и «b», каротиноидов и особенности функционирования фотосинтетической системы изученных видов.

Ключевые слова: *Hemerocallis lilioasphodelus*, *Hemerocallis middendorffii*, тяжелые металлы, ТБК-активные продукты, пигменты фотосинтеза.

T.F. Chipilyak, V.M. Gryshko
Botanical garden of Kryvyi Rig NAS of Ukraine

FEATURES PHYSIOLOGICAL ADAPTATION OF *HEMEROCALLIS LILIOASPHODELUS*, *H. MIDDENDORFFII* (*HEMEROCALLIDACEAE*) TO THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC POLLUTION

Peculiarities of accumulation of Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd in leaves in species *Hemerocallis lilioasphodelus* L., and *H. middendorffii* Trautv. et Meyer under the conditions of industrial pollution and emissions from motor vehicles, shows the impact of pollution on the content of TBA-active products, chlorophyll *a* and *b*, carotenoids, and features of functioning of the photosynthetic system of the studied species.

Key words: *Hemerocallis lilioasphodelus*, *Hemerocallis middendorffii*, heavy metals, TBA-active productions, photosynthetic pigments.