

УДК 581.524.635.965.283.

Т.Ф. Чипиляк, В.М. Гришко

**ПРИСТОСУВАННЯ АСИМІЛЯЦІЙНОГО АПАРАТУ СОРТІВ ЛІЛІЙНИКУ
(HEMEROCALLIS L.) ДО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ**

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

Доведено видоспецифічність акумуляції важких металів (Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd) культиварами *Heemerocallis* та особливості пристосування фотосинтетичної системи лілійників до умов промислового забруднення і дії викидів автотранспорту. Найбільші значення індексів внутрішньотканинного забруднення листків Pb і максимальні темпи розвитку процесів пероксидного окиснення ліпідів у клітинах листків має св. Stagecoach. Найменші темпи накопичення більшості важких металів характерні для св. Winnie the Pooh. Загальною закономірністю адаптивної реакції лілійників до забруднення є зміна співвідношення хлорофілу "a"/"b" – зменшення у більш чутливих (св. Stagecoach) і збільшення у більш стійких (св. Winnie the Pooh). Показники транслокаційного коефіцієнту для бар'єрного блоку рослин «грунт–листки» свідчать, що у всіх культиварів лише для нікелю є міцний антиконцентраційний бар'єр, який активно функціонує за умов забруднення (транслокаційні коефіцієнти < 1,0).

Ключові слова: *Heemerocallis* L., *H. x hybrida hort. св. American Revolution*, *св. Winnie the Pooh*, *св. Stagecoach*, важкі метали, пігменти фотосинтезу, ТБК-активні сполуки.

Т.Ф. Чипиляк, В.Н. Гришко

**АДАПТАЦІЯ АССИМИЛЯЦИОННОГО АППАРАТА СОРТОВ ЛИЛЕЙНИКА
(HEMEROCALLIS L.) К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

Криворожский ботанический сад НАН Украины

Показана видоспецифичность аккумуляции тяжелых металлов (Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd) культиварами *Heemerocallis* и особенности приспособления фотосинтетической системы лилейников в условиях промышленного загрязнения и воздействия выбросов автотранспорта. Наибольшие значения индексов внутритканевого загрязнения листьев Pb и максимальные темпы развития процессов перекисного окисления липидов в клетках листьев свойственны св. Stagecoach. Наименьшие темпы накопления большинства тяжелых металлов характерны для св. Winnie the Pooh. Общей закономерностью адаптивной реакции лилейников к загрязнению является изменение соотношения хлорофиллов "a"/"b" – уменьшение у более чувствительных (св. Stagecoach) и увеличение у более устойчивых (св. Winnie the Pooh). Показатели транслокационного коэффициента для барьерного блока «почва–листья» свидетельствуют, что у всех культиваров только для никеля существует высокий антиконцентрационный барьер, который активно функционирует при нормальных условиях и при загрязнении (транслокационные коэффициенты < 1,0).



Ключевые слова: *Heemerocallis* L., *H. x hybrida* hort. cv. *American Revolution*, cv. *Winnie the Pooh*, cv. *Stagecoach*, тяжелые металлы, пигменты фотосинтеза, ТБК-активные соединения.

T.F. Chipilyak, V.N. Gryshko

ADAPTATION OF TRANSLATIONAL APPARATUS OF PLASTIDS OF DAYLILY SORTS (*HEMEROCALLIS* L.) TOWARDS THE POLLUTION BY HEAVY METALS

Botanical Garden of Kryvyi Rig, National Academy of Sciences of Ukraine, Kryvyi Rig

The specificity of the accumulation of heavy metals (Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cd) by cultivars *Heemerocallis* and peculiarities of adaptation of the photosynthetic system of daylilies in the conditions of industrial pollution and impact of emissions of motor transport were presented. The highest values of the indices of interstitial pollution of leaves by Pb ions and the fastest rate of lipid peroxidation in leaf cells were typical for cv. *Stagecoach*. The lowest rate of accumulation of the majority of heavy metals were registered for cv. *Winnie the Pooh*. The overall pattern of adaptive reactions of daylilies to the pollution was the alteration in chlorophyll a and b ratio. It was lower in more sensitive (cv. *Stagecoach*) and higher in more persistent (cv. *Winnie the Pooh*) sorts. The translocation indices for barrier block "soil-sheets" suggest that all the cultivars have persistent anti-concentration barrier only for Ni, which actively operates both in normal and industrial conditions (translocation indices < 1,0).

Keywords: *Heemerocallis* L., *H. x hybrida* hort. cv. *American Revolution*, cv. *Winnie the Pooh*, cv. *Stagecoach*, heavy metals, pigments of photosynthesis, TBA-active compounds.

Враховуючи значний рівень антропогенного впливу на довкілля в промислових регіонах України, актуальним є збільшення біорізноманіття культурфітоценозів за рахунок видів і сортів лілійнику (*Heemerocallis* L.), яким притаманний широкий спектр декоративних якостей. Серед представників роду зустрічаються еври-, мезо- та стенобіонти, які зростають в різних біогеоценозах, природно-кліматичних зонах, а в культурі розповсюджені далеко за межами своїх автохтонних ареалів – південно-східної Азії (Китай, Корея та Японія), Сибіру та Далекого Сходу (Nakai, 1932; Staut, 1934; Erhardt, 1992; Munson, 1993; Вяткин, 2000). У сучасному світовому садівництві використовується щонайменше 6 видів лілійників і близько 30 тисяч сортів, тоді як в оформленні міських та промислових територій нашого регіону зустрічається тільки *Heemerocallis fulva* L. і, за рідким виключенням, *H. lilioasphodelus* L. Проведені нами дослідження особливостей антекології лілійників та анатомічної будови їх листків в умовах техногенного забруднення, доводять можливість використання культиварів для озеленення підприємств гірничорудної промисловості (Гришко, 2011; Чипиляк, 2008).

У останні роки, для індикації ранніх патологічних стресів у рослин під впливом техногенного забруднення, доволі часто використовуються певні показники інтенсивності процесів пероксидного окиснення ліпідів та стану пігментної системи, які є чутливими до дії полютантів (Кордюм та ін., 2003;

Машталер та ін., 2009). Адаптивні зміни на фізіологічному рівні, а саме вміст і стан пластичних речовин в органах рослин, визначають не лише розвиток і активність фотосинтетичної системи, але й протікання інших ферментативних реакцій, певною мірою характеризуючи продуктивність, життєздатність і стійкість рослин (Безсонова, 2006; Гришко та ін., 2012; Косаківська, 2003). Тому метою роботи було з'ясування особливостей та специфіки адаптивних можливостей представників роду *Hemerocallis* L. на фізіолого-біохімічному рівні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились у межах одного територіального району м. Кривий Ріг на трьох моніторингових ділянках, які розрізнялись рівнем забруднення повітря та ґрунту сполуками важких металів. Перша, умовний контроль, була розміщена на території Криворізького ботанічного саду НАН України. Друга – промисловий майданчик рудозбагачувальної фабрики (РОФ-1) ПАТ «Північний гірничо-збагачувальний комбінат» (далі ПівнГЗК). 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 в 5 разів більше феруму та в 2 рази – нікелю (Машталер та ін., 2009). Третя моніторингова ділянка була розташована в міському сквері, який знаходиться біля автомагістралі з інтенсивним рухом (1025 машин за годину). Для неї характерне забруднення довкілля викидами автотранспорту, яке відзначається перевищенням у повітрі граничнодопустимих концентрацій для сполук плюмбуму в 3-4 рази (Лысый и др., 2002). Рослини вирощували з дотриманням загальних агротехнічних заходів (умови зволоження та рівень забезпеченості ґрунту основними елементами мінерального живлення суттєво не відрізнялись). На кожній дослідній ділянці було висаджено по 10 рослин *Hemerocallis* L. x *hybrida hort. cv. American Revolution* (квітки темно-червоні, висота квітконосів 60-65см), *H. x hybrida hort. cv. Winnie the Pooh* (квітки рожево-кремові мініатюрні, висота квітконосів 50см) та *H. x hybrida hort. cv. Stagecoach* (квітки мідного кольору великого розміру, висота квітконосів 80-90 см). Критеріями відбору сортів для дослідів слугували притаманні сортам декоративні якості та різний рівень адаптації до природно-кліматичних умов Кривого Рогу (Чипиляк, 2011).

Визначення вмісту кадмію, нікелю, цинку, феруму, купруму, плюмбуму у рослинному матеріалі та ґрунтах проводили згідно рекомендацій (Методические указания..., 1989). Мінералізація рослинних проб здійснювалася методом сухого озолення (ГОСТ 26657-85..., 1986). Вміст важких металів у ґрунті і рослинному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна). Розрахунки показників внутрішньотканинного забруднення листка рослин проводили за співвідношенням кількості елемента у вегетативному органі в умовах забруднення до його вмісту у контрольних рослин (Ильин и др., 1979). Коефіцієнт транслокації визначали як

ISSN 2225-5486 (Print), ISSN 2226-9010 (Online). Біологічний вісник МДПУ. 2014. №2



співвідношення вмісту елементу в листках рослин до вмісту його рухомих форм (амонійно-ацетатна) у ґрунті (Barman et al., 2000; Gupta et al., 2008). Кількість ТБК-активних продуктів визначали за Камишніковим В.С. (2000), білку за Greenberg Ch.S. (1982), фотосинтетичних пігментів – в ацетонових екстрактах загальноприйнятими методами (Гавриленко, 1975). Аналітична повторність була 4-кратна, повторність кожного досліду 3-кратна. Статистична обробка експериментальних даних проводилася за загальноприйнятими методами параметричної статистики на 95% рівні значимості (Доспехов, 1985).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Визначення вмісту іонів кадмію, нікелю, цинку, феруму, купруму та плюмбуму в листках сортів лілійнику свідчать, що в умовному контролі за абсолютними значеннями накопичення переважають ферум і цинк (табл. 1). Вміст сполук феруму мало відрізнявся за величиною (від 130,15 у до 144,26 мкг/г у cv. Winnie the Pooh і cv. Stagecoach відповідно), показники вмісту цинку в листках різних сортів відрізнялися більше, ніж в 2 рази.

Таблиця 1. Вміст важких металів в листках сортів роду *Nemerocallis* за різних екологічних умов, мкг/г сухої речовини

Моніторингова ділянка	Pb	Cd	Ni	Zn	Cu	Fe
cv. Stagecoach						
Умовний контроль	7,90 ± 0,15	2,72 ± 0,18	3,50 ± 0,33	12,63 ± 0,06	3,36 ± 0,74	144,26 ± 4,84
Автомобільна	17,77 ± 2,07*	2,12 ± 0,10*	3,03 ± 0,45	15,29 ± 0,65*	3,53 ± 0,11	156,38 ± 2,71
Промисловий	30,32 ± 2,22*	13,96 ± 0,76*	6,94 ± 0,29*	17,45 ± 1,81*	7,61 ± 3,44	3030,41 ± 9,0*
cv. American Revolution						
Умовний контроль	6,07 ± 0,04	2,55 ± 0,29	6,31 ± 0,46	30,17 ± 4,79	4,32 ± 1,22	144,17 ± 11,87
Автомобільна	13,48 ± 0,28*	3,15 ± 0,65	6,08 ± 0,65	45,62 ± 4,61*	6,15 ± 1,77	151,79 ± 1,18
Промисловий	16,46 ± 3,75*	8,65 ± 0,51*	27,17 ± 0,81*	72,81 ± 15,61*	8,67 ± 0,21*	2602,41 ± 46,8*
cv. Winnie the Pooh						
Умовний контроль	14,57 ± 0,01	3,61 ± 0,35	5,68 ± 0,30	25,53 ± 1,59	5,78 ± 0,93	130,15 ± 6,72
Автомобільна	27,17 ± 1,59*	4,07 ± 0,53	3,86 ± 0,30*	30,47 ± 4,11*	7,28 ± 1,19	156,10 ± 3,67
Промисловий	42,71 ± 1,91*	15,88 ± 0,05*	25,44 ± 7,51*	66,29 ± 14,26*	10,15 ± 0,57*	1923,12 ± 11,5*

Примітка: «*» – статистично достовірна різниця до контролю $p < 0,05$

Аналіз отриманих результатів свідчить про видоспецифічне накопичення іонів металів досліджуваними культиварами.

Так, найвищі показники накопичення плюмбуму, кадмію та купруму характерні для *cv. Winnie the Pooh*, тоді як нікелю та цинку – для *cv. American Revolution*. В листках рослин *cv. Stagecoach* накопичується найменша кількість нікелю, цинку та купруму. За впливу промислового забруднення нами встановлені максимальні показники вмісту сполук важких металів у листках лілійників. Наприклад, рівень акумуляції кадмію у *cv. Stagecoach* і нікелю у *cv. Winnie the Pooh* перевищував контроль більше ніж у 5 та 4 рази відповідно, а феруму в 22 рази.

Тобто, в умовах техногенного забруднення зберігаються тенденції щодо видоспецифічного накопичення культиварами іонів важких металів. Так, *cv. Stagecoach* має найвищі коефіцієнти внутрішньотканинного забруднення листків сполуками плюмбуму, купруму, кадмію та феруму, тоді як *cv. Winnie the Pooh* – нікелю і цинку (рис. 1).

На моніторинговій ділянці поблизу автомагістралі тільки вміст плюмбуму та цинку в листках всіх досліджених сортів лілійнику був достовірно більшим за контрольні показники. Показник активного забруднення ґрунту промислового майданчику (Z^r_A), а саме співвідношення вмісту важких металів у ґрунті промислового майданчику ПівГЗК до їх вмісту у ґрунті контрольної ділянки свідчить, що рівень накопичення токсичних сполук у листках лілійників був вищий рівня їх у ґрунті.

Якщо рівень вмісту кадмію у ґрунті перевищував фоновий у 1,7, то в листках *cv. Stagecoach* - у 5,1; вміст нікелю в ґрунті збільшувався в 1,6, тоді як в листках *cv. American Revolution* - до 4,5 рази.

Отримані дані свідчать про активність процесів акумуляції важких металів асиміляційними органами лілійнику, що в значній мірі пов'язане з підвищеним вмістом зазначених елементів у пилових викидах на промисловому майданчику (Машталер та ін., 2009). З огляду на певні особливості в процесах надходження іонів металів у системі «ґрунт-рослина», нами були розраховані транслокаційні коефіцієнти бар'єрного блоку «ґрунт-листки». Межі їх коливань дозволяють встановити наявність факту «контролю» з боку рослин за надходженням забруднювачів до певних органів та опосередковано оцінити ступінь доступності елементу в середовищі існування організмів (Ніканоров, 1993).

Результати розрахунку коефіцієнту накопичення (транслокаційний коефіцієнт) для бар'єрного блоку рослин «ґрунт-листки», у порівнянні з літературними даними для інших таксонів (Глухов, 2006; Gupta, 2008), свідчать, що у всіх досліджених лілійників лише для нікелю є міцний антиконцентраційний бар'єр (рис. 2), який активно функціонує в контролі та за умов забруднення (значення транслокаційних коефіцієнтів більше 1,0).

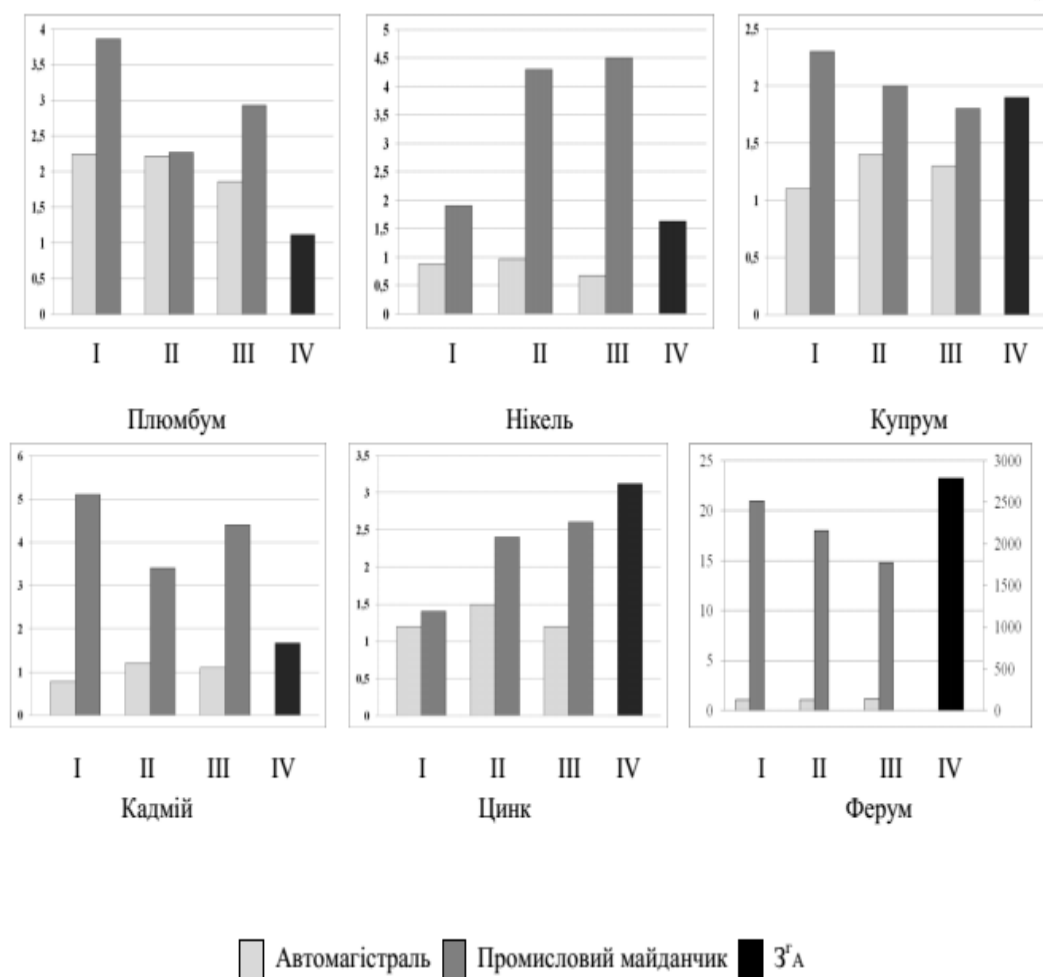


Рис. 1. Значення індексів внутрішньотканинного забруднення листків сполуками важких металів.

I – cv. Stagescoach; II – cv. American Revolution; III – cv. Winnie the Pooh в різних екологічних умовах. IV – ЗґА показник активного забруднення ґрунту промислового майданчику.

Аналіз ефективності функціонування бар'єрних механізмів у системі «ґрунт-листки» різних сортів лілійнику свідчить, що бар'єрний характер накопичення нікелю, купруму і цинку притаманний cv. Stagescoach, тоді як у cv. American Revolution – для нікелю і купруму, а у cv. Winnie the Pooh для нікелю і феруму (значення транслокаційних коефіцієнтів більше 1,0). Причому, бар'єрний ефект щодо нікелю спостерігається, як в контролі, так і за умов забруднення.

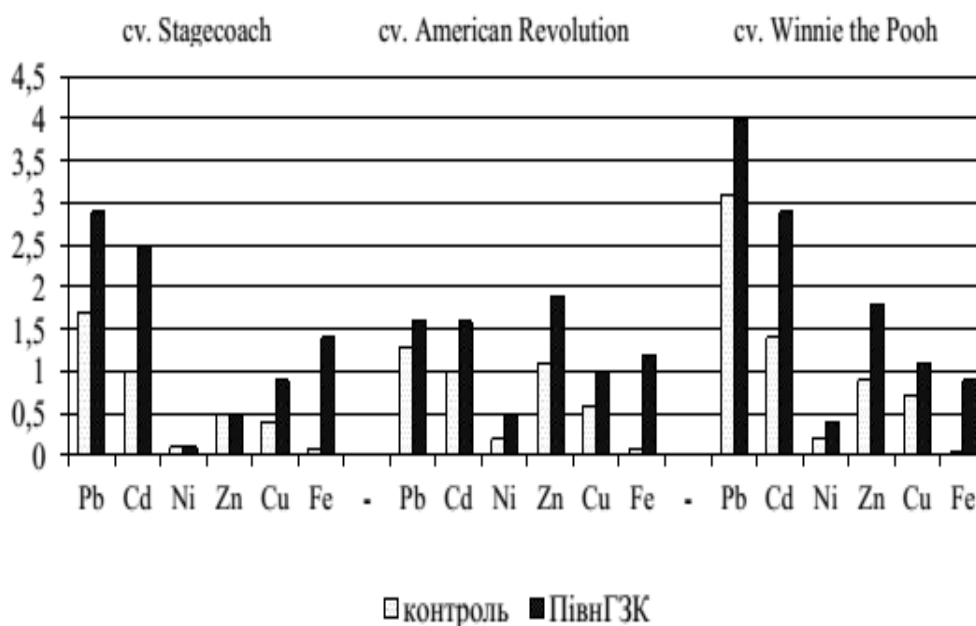


Рис. 2. Транслокаційні коефіцієнти деяких елементів сортів лілійнику в різних екологічних умовах

Забруднюючі речовини викликають, в першу чергу, гальмування процесу фотосинтезу, причиною чого може бути руйнування пігментів, зміни буферної системи та порушення роботи ферментів, які беруть участь у регуляції діяльності клітини (Кулагін, 2005; Гуральчук, 2006; Гришко та ін., 2009). Зміщення прооксидантно-антиоксидантної рівноваги в клітинах відіграє важливу роль у формуванні адаптивного потенціалу рослин і оцінюється як за рівнем утворення продуктів пероксидного окиснення ліпідів (ТБК-активних сполук), так і за вмістом антиоксидантів.

Аналіз отриманих нами результатів свідчить, що за дії забруднення в листках сортів лілійнику суттєво підвищується кількість ТБК-активних продуктів, але інтенсивність процесів пероксидного окиснення ліпідів значно вища в умовах промислового майданчика, ніж поблизу автомагістралі.

На промисловому майданчику найістотніше зростання вмісту ТБК-активних продуктів, відносно контролю, було зафіксовано у листках cv. Stagecoach (майже до 4 разів), тоді як у cv. American Revolution та Winnie the Pooh їх уміст підвищувався в 2,4 рази (рис. 3). Наведені результати добре узгоджуються з високим рівнем акумуляції важких металів за дії забруднення в листках рослин cv. Stagecoach.

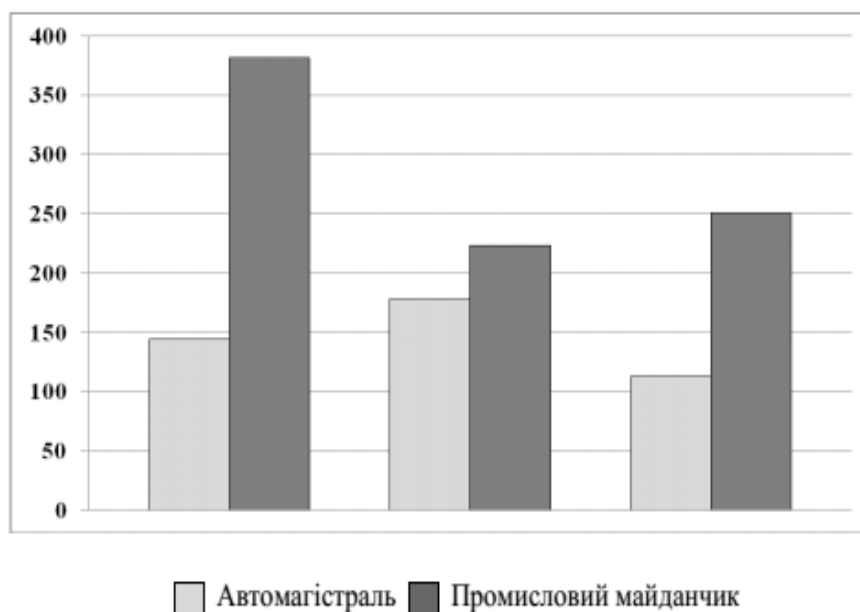


Рис. 3. Рівень ТБК-активних продуктів у листках лілійнику за різних умов забруднення (% до контролю). I – cv. Stagecoach; II – cv. American Revolution; III – cv. Winnie the Pooh.

Дія стресового чинника, яким є забруднення довкілля важкими металами на промисловому майданчику та поблизу автомагістралі, впливає на вміст пігментів у листках рослин лілійників, порушуючи баланс пігментів фотосинтезу. Результати визначення вмісту зелених пігментів у листках сортів лілійнику показали, що на промисловому майданчику у cv. Stagecoach сума хлорофілів зменшилася від контролю у 2 рази, тоді як у інших сортів – у 1,4 рази.

Зміни інтенсивності прооксидантних процесів у лілійнику також призводять до зменшення вмісту каротиноїдів, які є компонентом антиоксидантної системи рослин. Так, у cv. Stagecoach встановлена найменша кількість каротиноїдів в обох варіантах дослідження (15–17% від контрольних показників), тоді як у cv. Winnie the Pooh – 58–67%.

Загальною особливістю адаптивної реакції лілійнику до дії полютантів є зміна співвідношення хлорофілу “a” до “b” (табл. 2). За дії забруднення важкими металами співвідношення хлорофілів “a” і “b” у cv. Stagecoach зменшувалось в обох варіантах дослідження, на відміну від cv. Winnie the Pooh і American Revolution, у яких було визначено його збільшення. Причому, в більшій мірі це було притаманно для промислового майданчику.

Таблиця 2. Вміст фотосинтетичних пігментів в листках сортів лілійнику в різних екологічних умовах, мг/г сирової речовини

Місце відбору проб	Хл а + Хл b	Хл а / Хл b	Сума каротиноїдів
cv. Stagecoach			
Умовний контроль	1,30 ± 0,015	1,91	0,12 ± 0,009
Автоматістраль	1,21 ± 0,068	1,82	0,02 ± 0,002*
Проммайданчик	0,63 ± 0,009*	1,49	0,02 ± 0,003*
cv. American Revolution			
Умовний контроль	1,32 ± 0,07	1,90	0,19 ± 0,003
Автоматістраль	1,79 ± 0,050*	1,27	0,03 ± 0,002*
Проммайданчик	0,95 ± 0,015*	2,51	0,05 ± 0,002*
cv. Winnie the Pooh			
Умовний контроль	1,47 ± 0,051	1,25	0,12 ± 0,001
Автоматістраль	1,48 ± 0,104	1,60	0,07 ± 0,00*
Проммайданчик	1,06 ± 0,033*	1,92	0,08 ± 0,00*

Примітка: Хл а – хлорофіл “а”, Хл b – хлорофіл “b”; «*» – статистично достовірна різниця до контролю $p < 0,05$

Вищенаведені результати підтверджують значний стресовий вплив техногенного забруднення на фотосинтетичний апарат сортів лілійнику. Найсильніше потерпає cv. Stagecoach, на що вказує значне підвищення в листках рослин вмісту ТБК-активних сполук.

ВИСНОВКИ

За дії промислового забруднення спостерігалась значна акумуляція в листках культиварів лілійнику більшості важких металів, тоді як за впливу викидів автотранспорту найбільш інтенсивно накопичувались іони плюмбуму. На моніторинговій ділянці поблизу автоматістралі тільки вміст плюмбуму та цинку був достовірно більшим за контрольні показники, тоді як в умовах промислового забруднення вміст купруму, плюмбуму і цинку перевищував контроль в 2,9 разів, нікелю і кадмію – в 5,1, а феруму – в 21 раз.

Особливості стресової реакції у культиварів лілійників мають загальні та специфічні тенденції. До загальних ми відносимо більш значний вплив промислового забруднення, ніж викидів автотранспорту, на динаміку вмісту хлорофілів “а” і “b”, зменшення вмісту каротиноїдів та значне збільшення вмісту ТБК-активних продуктів. За умов техногенного забруднення, для сорту Stagecoach характерний максимальний рівень ТБК-активних продуктів, зменшення вмісту каротиноїдів та співвідношення хлорофілу “а” до “b”.



Робота була 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 ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Бессонова, В.П. (2006). Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений. Монография. Днепропетровск: ДГАУ.
- Вяткин, А.И. (2000). Род Красоднев (*Heimerocallis* L.) в Сибири: Автореф. дис. канд. биол. наук. Новосибирск.
- Гавриленко, В.Ф., Ладыгина, М.Е., Хандобина, Л.М. (1975). Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М.: Высшая Школа.
- ГОСТ 26657-85. (1986) Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. – [Введен 1986-01-13] – М.: Госстандарт СССР.
- Гришко, В.М., Демура, Т. А. (2009). Перебіг процесів пероксидного окиснення ліпідів та роль аскорбінової кислоти у формуванні адаптаційного синдрому рослин за сумісної дії кадмію та нікелю. Доповіді НАН України, (2), 154-161.
- Гришко, В.М., Чипиляк, Т.Ф. (2011). Аутокологія видів і сортів *Heimerocallis* L. (розвиток генеративної сфери) в умовах техногенного забруднення. Доповіді НАН України, (12), 138-147.
- Гришко, В.Н., Сыщиков, Д.В., Піскова, О.М., Данильчук, О.В. та ін. (2012). Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. Донецьк: Донбас.
- Гришко, В.Н., Сыщиков, Д.В. (2012). Функционирование глутатионзависимой антиоксидантной системы и устойчивость растений при действии тяжелых металлов и фтора. Київ: Наукова думка.
- Глухов, О.З., Сазонов, А.І., Хижняк, Н.А. (2006). Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. Донецьк: Норд-Прес.
- Гуральчук, Ж.З. (2006). Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин до їх дії. Київ: Логос.
- Доспехов, Б.А. (1985). Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат.
- Ильин, В.Б., Степанова, М.Д. (1979). Относительные показатели загрязнения в системе почва-растение. Почвоведение, (11), 61-67.
- Камышников, В.С. (2000). Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике. Т 2. Минск: Беларусь.
- Кордюм, Е.Л., Сытник, К.М., Бараненко, В.В. и др. (2003). Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. Київ: Наукова думка.

- Косаківська, І.В. (2003). Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресу. Київ: Сталь.
- Кулагин, А.А., Шагиева, Ю.А. (2005). Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. М.: Наука.
- Лысый, А.Е., Артюх, В.М., Рыженко, С.А. (2002). Экология Кривбасса: социально-гигиенические проблемы и перспективы оздоровления. Кривой Рог: Кривбассавтоматика плюс.
- Машталер, Н.В., Гришко, В.М., Чипиляк, Т.Ф. (2009). Зміни деяких функціональних характеристик асиміляційного апарату лілійників та пенстемон під впливом викидів гірничо-збагачувального підприємства. Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку. К.: Логос, (2), 283 – 290.
- Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. (1989). М.: б.и.
- Никаноров, А.М., Жулидов, А.В., Емец, В.М. (1993). Тяжелые металлы в организмах ветлендов России. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат.
- Чипиляк, Т.Ф., Гришко, В.М. (2008). Зміни анатомічної будови листків видів та сортів лілійнику за дії аерогенного забруднення. Вісник Харківського національного аграрного університету, 3(15), 58-65.
- Чипиляк, Т.Ф. (2011). Аутокологія представників роду *Hemerocallis* L. в умовах техногенного забруднення. Автореф. дис. канд. біол. наук. Київ.
- Barman, S.C., Sahu, R.K., Bhargava, S.K and Chatterjee. (2000). Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents. Bull. Environ. Conta. Toxicol, (64), 489-496.
- Erhardt, W. (1992). *Hemerocallis*: daylilies. Berlin: Springer.
- Greenberg, Ch.S., Gaddock, Rh.R. (1982). Rapid single step membrane protein assay. Clin. Chem., 28(7), 1726-1728.
- Gupta, S., Nayek, S., Saha, R.N. and Satpati. (2008). Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory. Journal of Environmental Geology, (55), 731-739.
- Munson, R.W. (1993). *Hemerocallis*, the daylily. Portland, Oregon. Timber Press.
- Nakai, T. (1932). *Hemerocallis Japonicae*. Bot. Mag. Tokyo, (46), 112 – 123.
- Staut, A.B. (1934). Daylilies. New York: Macmillan.

REFERENCES

- Bessonova, V.P. (2006). *Influence of heavy metals on plant photosynthesis*.

Dnipropetrsvsk: State Agrarian University.

- Viyatkin, A.I. (2000). *The genus Krasodnev (Hemerocallis l.) in Siberia*. Thesis of Doctoral Dissertation. Novosibirsk.



- Gavrilenko, V.F., Ladyhgina, M.E., Handobina, L.M. (1975). *Great practicum on phytophysiology. Photosynthesis. Breathing*. Moscow: Vysshaya Shkola.
- GOST 26657-85. (1986) *Fodder, mixed fodder and raw materials. Methods for determination of phosphorus*. Moscow: State Standard of the USSR.
- Gryshko, V.M., Demura, T.A. (2009). *The processes of lipid peroxidation and the role of ascorbic acid in the formation of plant the adaptation syndrome by joint action of cadmium and nickel*. Reports of NAS of Ukraine, (2), 154-161.
- Gryshko, V.M., Chipilyak, T.F. (2011). *Autecology species and cultivars of Nemerocallis L. (development of generative areas) in conditions of industrial pollution*. Reports of NAS of Ukraine, (12), 138-147.
- Gryshko V.M., Syshchykov, D.V., Piskova, O.M., Danilchuk, O.V. et al. (2012). *Heavy metals: entering to soil, translocation in plants and ecological danger*. Donetsk: Donbas.
- Gryshko V.M., Syshchykov, D.V. (2012). *The functioning of glutathione dependent antioxidant system and plant resistance under the action of heavy metals and fluorine*. Kyiv: Naukova Dumka.
- Glukhov, O.Z., Sazonov, A.I., Khizhniak, N.A. (2006). *Phytoindication in the metalpressing in human-transformed environment*. Donetsk: Nord-Pres.
- Guralchuk, Zh.Z. (2006). *Phytotoxicity of heavy metals and plant resistance to their action*. Kyiv: Logos.

- Dospekhov, B.A. *Methodology of field experiments (with the basics of statistical processing of the results of research)*. Moscow: Agropromizdat.
- Ilin, V.B., Stepanova, M.D. (1979). *Relative indicators of pollution in soil-plant system*. Soil Sciences, (11), 61-67.
- Kamyshnikov, V.S. (2000). *Handbook of clinical and biochemical laboratory diagnostic*. Minsk: Belarus.
- Kordium, E.L., Sytnic, K.M., Baranenko, V.V. (2003). *The cellular mechanisms of plant adaptation to adverse influences of ecological factors in natural conditions*. Kiev: Naukova Dumka.
- Kosakivska, I.V. (2003). *Physiological-biochemical bases of plant adaptation to stress*. Kiev: Steel.
- Kulagin, A.A., Shahieva, Yu.A. (2005). *Woody plants and biological conservation of industrial pollutants*. Moscow: Nauka.
- Lysyi, A.E., Artiukh, V.M., Ryzhenko, S.A. (2002). *Ecology of Kryvbas: socio-hygienic problems and prospects of rehabilitation*. Krivoy Rog: Krivbassavtomatika plus.
- Mashtaler, N.V., Gryshko, V.M., Chipilyak, T.F. (2009). *The changes of some of functional characteristics of assimilation system Daylilies and Penstemon influenced by emissions ore mining and processing enterprise*. Physiology of plants: problems and prospects of development. Kyiv: Logos, (2), 283-290.
- Methodological guidelines for determination of heavy metals in soils and agricultural crop products*. (1989). Moscow.



- Nikanorov, A.M., Zhulidov, A.V., Emets, V.M. (1993). *Heavy metals in organisms of Russian wetlands*. St. Petersburg: Gidrometeoizdat.
- Chipilyak, T.F., Gryshko, V.M. (2008). *Changes in the anatomical structure of leaves of species and varieties of Daylilies for actions aerogenic pollution*. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University, 3(15), 58-65.
- Chipilyak, T.F. (2011). *Autecology representatives of the genus Hemerocallis L. in conditions of technogenic pollution*. Thesis of Doctoral Dissertation. Kyiv.
- Barman, S.C., Sahu, R.K., Bhargava, S.K and Chatterjee, C. (2000). *Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents*. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 64, 489-496.
- Erhardt, W. (1992). *Hemerocallis: daylilies*. Berlin: Springer.
- Greenberg, Ch.S. Gaddock, Rh.R. (1982). *Rapid single step membrane proteine assay*. Clin. Chem., 28 (7), 1726-1728.
- Gupta, S., Nayek, S., Saha, R.N. and Satpati, S. (2008). *Assessment of heavy metal accumulation in macrophyte, agricultural soil and crop plants adjacent to discharge zone of sponge iron factory*. Journal of Environmental Geology, 55, 731-739.
- Munson, R.W. (1993). *Hemerocallis, the Daylily*. Portlant, Oregon. Timber Press.
- Nakai, T. (1932). *Hemerocallis Japonicae*. Bot. Mag. Tokyo, 46, 112-123.
- Staut, A.B. (1934). *Daylilies*. New York: Macmillan.

Поступила в редакцію 19.06.2014

Как цитировать:

Чипиляк, Т.Ф., Гришко, В.М. (2014). Пристосування асиміляційного апарату сортів Лілійнику (*Hemerocallis* L.) до забруднення важкими металами. *Биологический вестник Мелитопольского государственного педагогического университета имени Богдана Хмельницкого*, 4 (2), 83-97. **crossref**
<http://dx.doi.org/10.7905/bbmsspu.v4i2.886>

© Чипиляк, Гришко, 2014

Users are permitted to copy, use, distribute, transmit, and display the work publicly and to make and distribute derivative works, in any digital medium for any responsible purpose, subject to proper attribution of authorship.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 3.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/).