



УДК 581.5:574.21

© 2007

Ю. В. Лихолат, член-кореспондент НАН України І. П. Григорюк,
О. К. Балалаєв, О. О. Пелипенко, П. П. Яворовський

Акумуляція важких металів в органах квітково-декоративних рослин за різних екологічних умов

The correlation connection between the content of heavy metals and some growth parameters of flowerbed ornamental plants, which grew on the territory of objects of thermal power energetics, is established; and some regressive models are constructed. Specific features of the stability of flowerbed ornamental plants to the action of the emissions of thermal power stations have been found out. These plants are recommended for the gardening of the zones of industrial objects of this branch.

Сучасні аспекти збереження, відновлення і збагачення біорізноманітності набувають особливої актуальності в промислових містах України, де основними забруднювачами біосфери є: теплоенергетика — 27,0% викидів у загальному об'ємі забруднюючих викидів; гірничя металургія — 24%; кольорова металургія — 10,5%; нафтодобування і нафтохімія — 15,5%; автотранспорт — 13,3%; підприємства будматеріалів — 8,1%; хімічна промисловість — 1,3% [1]. Для зниження рівня забруднення навколишнього природного середовища важкими металами і формування високої художньої виразності зеленого оздоблення промислових ділянок перспективним є використання широкого асортименту деревних та квітково-декоративних рослин.

З огляду на вищесказане метою наших досліджень було вивчити деякі біометричні показники і ступінь акумуляції вмісту важких металів органами квітково-декоративних рослин щодо доцільності їх використання в озелененні територій об'єктів теплоенергетики. Об'єктами дослідження були квітково-декоративні рослини: чорнобривці прямостоячі (*Tagetes erecta* L.), розлогі (*Tagetes patula* L.), тонколисті (*Tagetes tenuifolia* Cav.), космос двічіперистий, роздільнолистий (*Cosmos bipinnatus* Cav.), сірчано-жовтий (*Cosmos sulphureus* Cav.), петунія гібридна (*Petunia hybrida* Hort.), які зростали в зоні дії комплексного забруднення викидами теплоелектроцентралей (оксидами вуглецю, сірки, азоту, важкими металами тощо) і в 40 км від джерел емісії (умовно-чиста територія). Біометричні показники рослин (висоту, площу, кількість відмерлих і живих листків, діаметр суцвіття) вимірювали

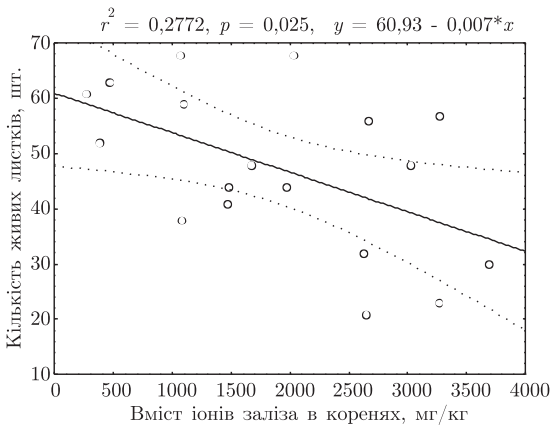


Рис. 1. Регресійна модель зв'язків між вмістом заліза в коренях і кількістю живих листків квітково-декоративних рослин

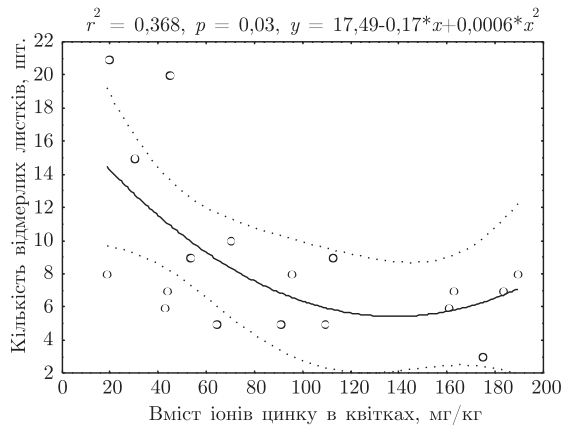


Рис. 2. Регресійна модель зв'язків між вмістом цинку в квітках і кількістю відмерлих листків квітково-декоративних рослин

за методами [2]. Визначення вмісту важких металів здійснювали на атомно-абсорбційному спектрометрі ААС-30 фірми “Карл Цейс” [3]. Статистичну обробку результатів проводили згідно з методиками [4–6] з довірчою імовірністю 95–99%.

Порівняльний аналіз стану компонентів біогеоценозу, зокрема повітря, ґрунту і водних джерел, основних промислових міст Дніпропетровської області свідчить про істотне забруднення їх неорганічними та органічними речовинами, концентрації яких за певних умов значно перевищують гранично допустимі. Нині продовжується подальше забруднення довкілля важкими металами [7–9], високе нагромадження яких призводить до порушення функціонування фізіолого-біохімічних процесів рослин [10]. Найвиразнішим проявом мінерального стресу, зумовленого надлишком важких металів, є зміни активності окиснювально-відновних ферментів, водного, фітогормонального, ліпідного і енергетичного обмінів, що супроводжується гальмуванням росту, розвитку та продуктивності рослин [11–14].

Нами проведено визначення вмісту важких металів у генеративних і вегетативних органах деяких видів квітково-декоративних рослин, що інтродуковані й зростали в різних екологічних умовах (табл. 1). Встановлено, що органи досліджуваних рослин, які зростали на забрудненій території, відзначаються підвищеним вмістом Cd і Fe в листках; Cd та Ni в стеблах, Pb в квітках. Рівень накопичення важких металів у коренях контрольних і дослідних рослин практично не відрізнявся.

Одним із важливих аспектів дослідження було також визначення статистично достовірного взаємозв'язку між морфологічними показниками і вмістом важких металів в органах рослин. У результаті отримані зворотні кореляційні зв'язки між вмістом Fe в коренях і кількістю живих листків (коефіцієнт кореляції $R = -0,56$), а також Zn у квітках і кількістю відмерлих листків ($R = -0,51$), у тому числі прямий зв'язок між вмістом Cu у листках та висотою рослин ($R = 0,58$).

Відповідні регресійні моделі кореляційних зв'язків даних ознак наведено на рис. 1–3. Показано, що незалежно від виду і місцезростання квітково-декоративних рослин за умов збільшення вмісту Fe в коренях зменшується кількість живих листків. Від'ємна залежність між накопиченням вмісту Zn в квітках і кількістю відмерлих листків носить нелінійний характер й описується квадратичним рівнянням регресії. Водночас збільшення висоти рослин супроводжується підвищенням вмісту Cu у листках.

Якщо дану вибірку рослин розглядати як об'єкти досліджень, а вміст металів і морфологічні показники — як їхні ознаки, то, на нашу думку, доцільно скористатися модельним представленням “об'єкт — ознака”. Тоді кожен рослинний об'єкт знаходиться в багатовимірному просторі досліджуваних ознак [15].

За допомогою кластерного аналізу вираховують відстань між біологічними об'єктами і, відповідно, близькість зв'язку між вмістом важких металів та морфологічними показниками. Результати обчислень у графічній формі наведено на рис. 4. Отримана поверхня близькості контрольних і дослідних видів квітково-декоративних рослин стосовно вмісту переважної більшості важких металів і морфологічних ознак має рівномірно незначні дистанції. Винятком з описаної закономірності є лише вміст Fe у вегетативних органах і квітках рослин.

Отже, досліджувані види квітково-декоративних рослин за більшістю показників мають близькі значення, що свідчить про подібність їх неспецифічних реакцій при зміні екологічних умов.

Таблиця 1. Порівняльний аналіз вмісту важких металів у вегетативних та генеративних органах квітково-декоративних рослин

Важкі метали	Середнє значення		Рівень значущості, <i>p</i>	Стандартне відхилення	
	Контроль	Дослід		Контроль	Дослід
Листки					
Cd	3,27*	7,37*	0,03*	2,59*	4,52*
Fe	566,72*	1668,06*	0,02*	518,07*	1200,21*
Pb	6,98	13,72	0,18	7,54	12,34
Mn	187,53	141,84	0,30	87,46	94,18
Cu	12,89	8,56	0,18	7,51	5,63
Ni	3,610	7,25	0,15	1,18	7,18
Zn	65,59	360,00	0,26	32,75	751,92
Стебла					
Cd	2,34*	5,51*	0,001*	1,26*	2,03*
Fe	776,37	1405,21	0,06	695,26	595,40
Pb	4,05*	11,02*	0,01*	3,61*	4,37*
Mn	27,67	36,65	0,42	28,46	15,12
Cu	8,13	7,18	0,58	4,23	2,78
Ni	1,83*	3,17*	0,04*	1,13*	1,45*
Zn	36,74	51,18	0,18	16,43	26,47
Корені					
Cd	8,22	8,69	0,91	9,65	6,81
Fe	1623,84	2556,37	0,09	1001,02	1214,94
Pb	7,84	181,55	0,28	7,05	466,13
Mn	71,24	126,03	0,14	32,83	101,56
Cu	13,76	25,24	0,18	8,50	23,09
Ni	3,39	4,38	0,28	1,67	2,12
Zn	68,19	98,11	0,21	46,79	49,61
Квітки					
Cd	12,08	13,81	0,74	12,64	8,49
Fe	1774,98	2029,85	0,70	1621,19	1124,48
Pb	7,40*	18,08*	0,01*	5,14*	8,93*
Mn	100,69*	33,63*	0,01*	64,28*	22,57*
Cu	18,88	24,35	0,67	10,08	36,19
Ni	4,25	4,49	0,79	1,85	1,98
Zn	85,49	70,38	0,49	59,86	25,73

* Відмінності статистично достовірні між середніми показниками ($p \leq 0,05$).

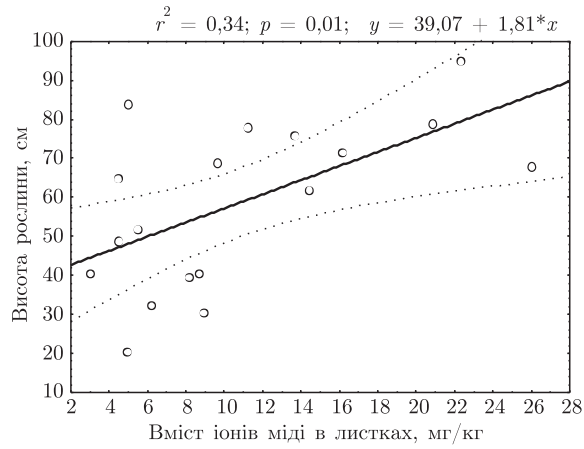


Рис. 3. Регресійна модель зв'язків між вмістом міді в листках і висотою квітково-декоративних рослин

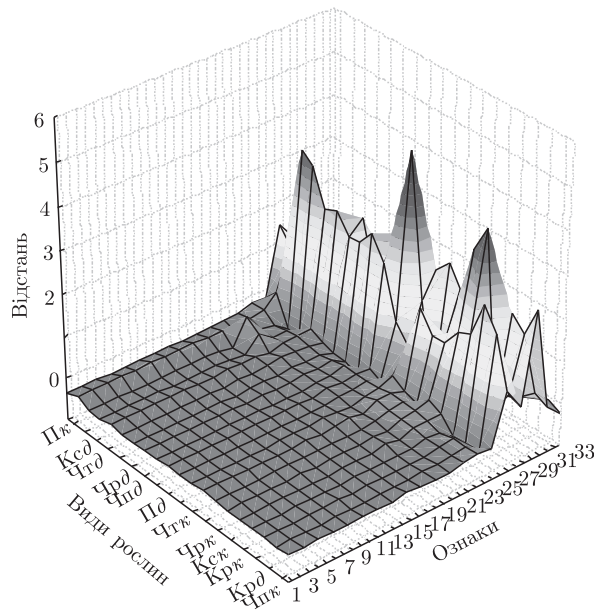


Рис. 4. Двовимірна дендрограма сумісного об'єднання стандартизованих даних квітково-декоративних рослин та їх ознак.

Види рослин: П — петунія гібридна; Чп, Чр, Чт — чорнобривці прямостоячі, розлогі та тонколисті; Кр, Кс — космос двічперистий (роздільнолистий) та сірчано-перистий; ж — контроль, д — дослід.

Ознаки: 1 — вміст Cd у листках; 2 — діаметр суцвіття; 3 — вміст Ni у листках; 4 — вміст Cd у стеблах; 5 — вміст Ni у стеблах; 6 — вміст Ni у коренях; 7 — вміст Ni у квітках; 8 — вміст Pb у стеблах; 9 — вміст Cu у стеблах; 10 — вміст Cd у квітках; 11 — вміст Pb у листках; 12 — вміст Pb у коренях; 13 — вміст Cu у листках; 14 — вміст Cu у квітках; 15 — вміст Cd у коренях; 16 — кількість мертвих листків; 17 — вміст Cu у коренях; 18 — площа листків; 19 — вміст Pb у квітках; 20 — вміст Mn у стеблах; 21 — вміст Zn у стеблах; 22 — вміст Mn у коренях; 23 — вміст Zn у коренях; 24 — висота рослин; 25 — кількість живих листків; 26 — вміст Fe у листках; 27 — вміст Fe у квітках; 28 — вміст Fe у стеблах; 29 — вміст Fe у коренях; 30 — вміст Mn у листках; 31 — вміст Mn у квітках; 32 — вміст Zn у квітках; 33 — вміст Zn у листках

На підставі проведених нами досліджень вперше з'ясовано особливості акумуляції вмісту важких металів у вегетативних і генеративних органах основних видів квітково-декоративних рослин, які виявилися найпридатнішими для відновлення рослинності на ґрунтах,

порушених об'єктами теплоенергетики. Так, на забрудненій території статистично достовірно зафіксовано підвищений вміст Cd і Fe в листках, Cd, Pb й Ni в стеблах та Pb в квітках квітково-декоративних видів рослин. Вміст Mn позитивно корелював з накопиченням Cd, Fe і Pb в листках та Pb в квітках. Від'ємний кореляційний зв'язок відмічений між акумуляцією Mn та Fe в стеблах. Рівень нагромадження важких металів у коренях контрольних і дослідних рослин практично не відрізнявся за стандартного рівня значущості. При цьому встановлено кореляційний зв'язок між вмістом важких металів і деякими ростовими показниками рослин. Виявлені видові особливості стійкості квітково-декоративних рослин до важких металів рекомендовано використовувати з метою проведення озеленення промислових майданчиків теплових електростанцій.

1. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2000 році.* – Київ: Вид-во Раєвського, 2001. – 184 с.
2. *Бейдеман И. Н.* Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. – Москва: Наука, 1974. – 144 с.
3. *Хавердов И., Цалев Д.* Атомно-абсорбционный анализ. – Ленинград, 1983. – 224 с.
4. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. *Зайцев Т. Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – Москва: Наука, 1984. – 424 с.
6. *Лажин Г. Ф.* Биометрия. – Москва: Высш. шк., 1990. – 293 с.
7. *Корабльова А. І., Чесанов Л. Г., Долгова Т. І. та ін.* Екологічна експертиза та екологічна інспекція. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 2002. – 220 с.
8. *Кундиев Ю. И., Трахтенберг И. М.* Химическая опасность в Украине и меры по ее предупреждению // Журн. АМН України. – 2004. – **10**, № 2. – С. 259–267.
9. *Павлов В. А.* Экологический паспорт г. Днепропетровска. – Днепропетровск, 1999. – 72 с.
10. *Коршиков И. И., Терлыга Н. С., Бычков С. А.* Популяционно-генетические проблемы дендротехногенной интродукции. – Донецк: ООО “Лебедь”, 2002. – 328 с.
11. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почве и растениях. – Москва: Мир, 1989. – 31 с.
12. *Лихолат Ю. В.* Еколого-фізіологічні аспекти відновлення дернового покриву на техногенних територіях // Екологія та ноосферологія. – 2005. – **16**, № 3–4. – С. 222–230.
13. *Лихолат Ю. В., Григорюк І. П.* Використання дерноутворюючих трав для діагностики рівня забруднення навколишнього середовища важкими металами // Доп. НАН України. – 2005. – № 8. – С. 196–200.
14. *Титов А. Ф., Лайдинец Г. Ф., Казнина Н. М.* Влияние ионов свинца на рост и морфофизиологические показатели растений // Физиология и биохимия культ. растений. – 2001. – **33**, № 5. – С. 387–393.
15. *Самойленко А. П., Дюк В. А.* Data Mining. – Санкт-Петербург: Питер, 2001. – 368 с.

*Дніпропетровський національний університет
Національний аграрний університет, Київ
Інститут біології Дніпропетровського
національного університету
Київське комунальне об'єднання
зеленого будівництва та експлуатації
зелених насаджень міста “Київзеленбуд”*

Надійшло до редакції 13.12.2006