

УДК 504; 581.52; 582.711. 711 (477.20)

С. Г. Корсун¹, кандидат сільськогосподарських наук

З. Г. Бонюк², кандидат біологічних наук

Н.Г. Буслаєва¹, кандидат сільськогосподарських наук

І.І. Клименко¹, науковий співробітник

Н. М. Белемець², біолог

¹ННЦ «ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НААН»,

²БОТАНІЧНИЙ САД ІМ. АКАДЕМІКА О.В. ФОМІНА КИЇВСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЛИСТКОВОЇ ПОВЕРХНІ РОСЛИН РОДУ ТАВОЛГА (*SPIRAEA L.*)

Розробка теоретичних питань фітооптимізації урбанізованого середовища можлива лише на основі знань про стійкість деревних насаджень з урахуванням як несприятливих природних кліматичних чинників, так і факторів техногенного походження. Чисельні результати досліджень свідчать, що по відношенню до промислових забруднювачів немає і не може бути як абсолютно стійких, так і нестійких рослин [1-3]. Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна є об'єктом природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, розташований у центрі м. Київ. Територія саду обмежена інтенсивними автомагістралями і тому однією з вирішальних умов збереження рослинного різноманіття колекційних фондів є виявлення стійкості дерев і кущів до техногенного впливу урбоцентру. З урахуванням зазначеного, дослідження еколого-біологічних властивостей рослин, їх стійкості в умовах урботехногенного навантаження є актуальними.

Вважається, що вагомим наслідком впливу антропогенного фактору на довкілля є накопичення важких металів (ВМ) компонентами урболандшафтів, у тому числі, ґрунтовим покривом і рослинами. Метою наших досліджень було провести порівняльний аналіз ґрунту і надземної маси декоративних рослин на вміст ВМ у різних місцях зростання на території ботанічного саду і за його межами у м. Київ, виявити вплив негативних чинників на стійкість і, відповідно, стан та декоративність рослин, установити залежність морфометричних характеристик листкової поверхні *Spiraea x vanhouttei* від рівня техногенного навантаження. Гарноквітучі кущі

© С. Г. Корсун, З. Г. Бонюк, Н.Г. Буслаєва, І.І. Клименко, Н. М. Белемець, 2013

роду Таволга (*Spiraea* L.) здавна використовуються в озелененні населених пунктів, у парках, приватних садибах тощо. Нині асортимент цих рослин значно розширився, але найбільшого поширення, в тому числі, і в озелененні мегаполіса Київ набула *Spiraea* x *vanhouttei* (Briot) Zab., через це її було використано у нашому експерименті як тестовий об’єкт.

Методика досліджень. Для досліджень було визначено п’ять місцезростань *S.* x *vanhouttei*: №1 – бульвар Шевченка, за 3 м від полотна дороги, висота рослини 1,7 м, вік – 15 р.; №2 – бульвар Шевченка, за 20 м від полотна дороги, висота 1,6 м, вік 26 р. Інші місцезростання знаходяться на території Саду: №3 – ділянка В12, поблизу зовнішньої загорожі, висота 1,7 м, вік 44 р.; №4 – ділянка Партер, висота 1,9 м, вік 44 р.; №5 – ділянка С6, висота 2,5 м, вік 54 р. Проби ґрунту для агрохімічного і токсикологічного аналізу відбирали з шару 0-15 см одночасно з пробами рослинного матеріалу у період кінця цвітіння *S.* x *vanhouttei*. Для кожного екотопу визначали агрохімічні і токсикологічні властивості ґрунтів, накопичення ВМ листками рослин та їх морфометричні показники. Передбачаючи можливість аерогенного забруднення надземної вегетативної маси рослин пилом, аналізували листки, ретельно промиті у дистильованій воді та 0,02 н НСІ. Відбирання проб ґрунту і рослинного матеріалу, аналіз, оцінювання результатів проводили згідно з чинними в Україні нормативними та методичними документами [4-6].

Математичну обробку даних здійснювали в програмі Excel та пакеті Statistika 6.0 з урахуванням загальноприйнятих рекомендацій з біологічної статистики [3]. Для кожної ознаки листової поверхні визначали середнє арифметичне значення, середнє квадратичне відхилення, похибку середнього арифметичного, коефіцієнт варіації ($V, \%$). При співставленні поліморфізму ознак використовували емпіричну шкалу, де рівень зміни ознак: дуже низький – $V < 8\%$; низький – $V = 8-12\%$; середній – $V = 13-20\%$; високий – $V = 21-40\%$; дуже високий – $V > 40\%$. Крім того, проведено кореляційний аналіз даних стосовно агрохімічного та токсикологічного стану ґрунтів, морфометричних характеристик листової поверхні *S.* x *vanhouttei* та вмісту в них важких металів.

Результати та їх обговорення. Ґрунти п’яти досліджуваних екотопів мали легкий гранулометричний склад, але значно відрізнялися за іншими характеристиками, оскільки зазнають потужного антропогенного впливу.

Ґрунти проб №1 і №2 мали сірий колір, відзначалися поодинокими включеннями щебеню та часточок будівельних відходів. Ґрунт скипав при контакті з соляною кислотою, що свідчить про присутність карбонатів кальцію та магнію, хоча реакція середовища була близькою до нейтральної – 7,07-7,12 одиниць рН. Забезпеченість ґрунтів органічними речовинами середня, азотом та фосфором – дуже низька, калієм – висока (табл. 1).

Таблиця 1. Агрохімічні показники родючості ґрунтів у місцезростаннях рослин роду Таволга, 2009-2010 рр.

Проба	Обмінна кислотність, рН _{KCl}	Гумус, %	Азот лужно-гідролізований, N мг/кг ґрунту	Фосфор* рухомий, P ₂ O ₅ мг/100 г ґрунту	Калій* обмінний, K ₂ O мг/100 г ґрунту
Бульвар Шевченка (№1)	7,07	3,04	68,6	3,1	33,2
Бульвар Шевченка (№2)	7,12	2,44	82,6	3,15	33,2
С6 (№5)	6,42	3,98	121,8	23,0	32,5
Партер(№4)	4,75	3,23	123,2	5,50	12,0
B12(№3)	4,55	6,73	229,6	11,0	27,6

* № 1 і 2 – фосфор і калій визначали за методом Мачигіна; № 3 – за Чириковим; № 4 і 5 – за Красновим.

Ґрунти ботанічного саду відзначались кращими показниками родючості порівняно з узбіччям бульвару Тараса Шевченка. Рівень забезпеченості органічними речовинами на ділянках №№ 3-5 змінювався від підвищеного до високого, відповідно достатньою була забезпеченість гідролізованими сполуками азоту, кількість доступних рослинам форм фосфору і калію варіювала від підвищеного рівня до дуже високого. Реакція середовища у ґрунті ділянки №3, розміщеної поряд з огорожею, була нейтральною, а на ділянках в глибині саду – середньокисла.

Ґрунти відзначалися різним вмістом кислотнорозчинної форми ВМ. Кількість міді змінювалась у межах 497%, цинку – 580%, свинцю – 213%, кадмію – 150%, нікелю – 84%. При цьому в усіх досліджених точках уміст нікелю був у межах фону (табл. 2). Кількість міді змінювалась від слабкого рівня забрудненості на ділянках, розміщених в глибині саду (№4 і №5), до помірного і високого в місцях зростання (№1 і №3), розміщених ближче до автошляхів.

Середній та підвищений рівень забрудненості ґрунтів цинком спостерігали також на ділянках поблизу автомагістралей (№1, №2,

№3). А на ділянці №1 відмічено ще й перевищення фону за марганцем (слабкий рівень забруднення). Ґрунти усіх місцезростань мали перевищення фону за вмістом свинцю і характеризувались рівнем забруднення від помірного до дуже високого. Кількість кадмію в усіх досліджених точках була на рівні слабого забруднення. Загалом, найвагомим накопичення важких металів ґрунтами було на ділянці № 1, розміщеній за 3 м до полотна дороги на бульварі Тараса Шевченка, та № 3 – у межах Ботанічного саду, поблизу автомагістралі.

Таблиця 2. Вміст важких металів у ґрунті місцезростань рослин роду Таволга, 2009-2010 рр.

Проба	Кислоторозчинна форма, мг/кг						
	міді	цинку	свинцю	кадмію	нікелю	марганцю	заліза
Бульвар Шевченка (№1)	20,0	72,2	21,1	0,5	4,5	56,2	90,7
Бульвар Шевченка (№2)	7,4	50,6	14,2	0,3	2,5	39,4	98,9
С6 (№5)	39,4	61,2	44,5	0,3	3,2	33,7	29,5
Партер (№4)	9,1	9,0	26,1	0,2	2,8	35,3	48,1
В12 (№3)	6,6	9,8	14,8	0,4	4,6	25,1	41,6
фон	3-5	5-10	2-3	0,1	4-6	менше 50	-

Кількість ВМ у листках таволги мала певну відмінність між пробами з різних місць зростання (табл. 3). Ці зміни залежали від відстані рослини до джерела забруднення, ґрунтових умов, інших особливостей екотопу. У листках відмитих рослин амплітуда коливань за кількістю міді складала 5,5-7,7; цинку – 22,0-40,0; свинцю – 1,7-2,4; кадмію – 0,3-0,6; нікелю – 1,8-5,0 мг/кг сухої речовини.

Таблиця 3. Вміст важких металів у листках рослин роду Таволга, 2009-2010 рр.

Проба	Валовий вміст, мг/кг						
	міді	цинку	свинцю	кадмію	нікелю	марганцю	заліза
Бульвар Шевченка (№1)	5,8	26,2	2,2	0,3	1,8	16,9	81,8
Бульвар Шевченка (№2)	7,2	40,9	1,7	0,4	1,9	34,1	90,6
С6 (№5)	7,7	34,2	2,3	0,6	3,2	42,6	94,3
Партер (№4)	7,3	32,7	2,3	0,6	5,0	60,6	131,9
В12 (№3)	5,5	22,0	2,4	0,5	1,9	26,4	143,6

Тобто, перевищення мінімального значення складало у міді до 40%, у цинку до 82%, свинцю – 41%, кадмію – 100%, нікелю –

178% . Важливо відмітити, що ці коливання були значно меншими, ніж у ґрунтах досліджуваних екотопів. Це свідчить про існування фізіологічних бар'єрів у рослин на межі ґрунт-корені, корені-надземна вегетативна маса, які перешкоджають надлишковому надходженню токсичних сполук та елементів до рослинного організму. Разом з тим, звертає на себе увагу підвищення кількості нікелю в рослинному матеріалі точок №4 і №3 за незначної кількості металу в ґрунті. Це, очевидно, пов'язано з тим, що ґрунт відбирали з шару 10-15 см, а коренева система таволги сягає значно глибших шарів і може звідти використовувати біогенні і токсичні елементи. Тісний кореляційний зв'язок між накопиченням ВМ у ґрунті і рослині спостерігали для свинцю ($r = 0,707$), кадмію ($r = -0,839$) та марганцю ($r = -0,848$) (табл. 4).

Таблиця 4. Кореляційний зв'язок кількості важких металів у листках таволги з умістом їх у ґрунті

Ґрунт	Листки таволги						
	мідь	цинк	свинець	кадмій	нікель	марганець	залізо
Мідь	0,213	-0,266	0,540	0,303	-0,063	-0,132	-0,349
Цинк	-0,451	-0,234	-0,160	-0,616	-0,867	-0,891	-0,973
Свинець	0,512	-0,165	0,707	0,697	0,393	0,333	0,114
Кадмій	-0,863	-0,606	-0,023	-0,839	-0,776	-0,952	-0,813
Нікель	-0,831	-0,900	0,428	-0,567	-0,402	-0,704	-0,509
Марганець	-0,990	-0,661	0,051	-0,897	-0,635	-0,848	-0,586
Залізо	-0,651	0,086	-0,753	-0,905	-0,728	-0,672	-0,506

Важливо, що при аналізуванні відмитих від пилу листків рослин з території ботанічного саду відмічено тенденцію до накопичення в ньому свинцю, кадмію, нікелю, марганцю, заліза, порівняно з листками рослин з бульвару Тараса Шевченка, що на наш погляд пов'язано з віком рослин та кислотно-основним потенціалом ґрунтового середовища.

Для дослідження видозміни площі листової поверхні були відібрані визрілі листки *S. x vanhouttei* з вегетативних пагонів середньої частини крони куща, по 100 шт. з кожного досліджуваного об'єкта. Видозміна листової поверхні проявлялася у зменшенні розмірів листків.

Результати математичного аналізу вказують на те, що найбільші показники листової поверхні отримані на діл. Партер (№5), а найменші були у рослин з бульвару Шевченка (№1, 2). Визначені коефіцієнти варіації свідчать, що з трьох морфометричних показників найбільше варіювала відстань від основи листової поверхні до найширшої її частини ($V = 11,5-17,6\%$) (табл. 5).

Таблиця 5. Морфометричні та статистичні показники листкової поверхні рослин роду Таволга, 2009-2010 рр.

Проба	Середнє арифметичне значення	Середнє квадратичне відхилення	Похибка середнього арифметичного	Коефіцієнт варіації (V,%)
Довжина листкової поверхні				
Бульвар Шевченка (№1)	2,30	0,32	0,05	13,8
Бульвар Шевченка (№2)	2,30	0,32	0,05	13,8
С6 (№5)	3,73	0,40	0,06	10,8
Партер (№4)	3,53	0,54	0,07	15,2
В12 (№3)	3,67	0,31	0,04	8,4
Ширина листкової поверхні				
Бульвар Шевченка (№1)	1,69	0,22	0,03	13,0
Бульвар Шевченка (№2)	1,69	0,22	0,03	13,0
С6 (№5)	2,70	0,35	0,05	12,8
Партер (№4)	2,44	0,41	0,06	16,7
В12 (№3)	2,60	0,31	0,04	12,1
Відстань від основи листкової поверхні до найширшої її частини				
Бульвар Шевченка (№1)	1,01	0,16	0,02	16,1
Бульвар Шевченка (№2)	1,01	0,16	0,02	16,1
С6 (№5)	1,80	0,20	0,03	11,5
Партер (№4)	1,73	0,30	0,04	17,6
В12 (№3)	1,80	0,22	0,03	12,3

Кореляційний аналіз даних стосовно морфометричних показників листкової поверхні та агрохімічних характеристик ґрунтів місцезростань *S. x vanhouttei* продемонстрував, що розмір і форма листків найбільше залежали від реакції ґрунтового середовища - рН ($-0,802 \leq r \leq -0,795$) та кількості азоту лужногідролізованого ($0,738 \leq r \leq 0,806$) (табл. 6). Тісну позитивну кореляційну залежність спостерігали також і з умістом гумусу та фосфору рухомого, тоді як з калієм обмінним зв'язок виявився середнім оберненим, що пов'язано з дуже високою забезпеченістю ґрунту останнім (див. табл. 1)

При дослідженні зміни морфометричних показників листкової поверхні *S. x vanhouttei* залежно від умісту важких металів у ґрунті встановлено, що довжина та ширина листкової поверхні, а також

відстань від основи листової поверхні до найширшої її частини найбільшою мірою корелювали із вмістом свинцю, марганцю та заліза ($-0,746 \leq r \leq -0,990$). Середню обернену залежність спостерігали від кількості у ґрунті кадмію та цинку. Найслабший кореляційний зв'язок був із нікелем ($-0,300 \leq r \leq -0,315$) (табл. 7).

Таблиця 6. Кореляційний зв'язок морфометричних показників листової поверхні рослин роду Таволга з вмістом поживних речовин у ґрунті

Показник	Довжина листової поверхні	Ширина листової поверхні	Відстань від основи листової поверхні до найширшої її частини
pH _{ксл}	-0,802	-0,795	-0,795
Гумус	0,682	0,740	0,654
N	0,763	0,806	0,738
P ₂ O ₅	0,691	0,705	0,693
K ₂ O	-0,479	-0,416	-0,496

Таблиця 7. Кореляційний зв'язок морфометричних показників листової поверхні рослин роду Таволга з вмістом важких металів у ґрунті

Показник	Довжина листової поверхні	Ширина листової поверхні	Відстань від основи листової поверхні до найширшої її частини
Мідь	0,477	0,524	0,468
Цинк	-0,490	-0,441	-0,498
Свинець	0,827	0,857	0,822
Кадмій	-0,662	-0,638	-0,666
Нікель	-0,313	-0,300	-0,315
Марганець	-0,747	-0,746	-0,747
Залізо	-0,983	-0,990	-0,981

Зв'язок морфометричних показників листової поверхні *S. x vanhouttei* з вмістом важких металів у листках виявився дещо іншим. Відмічено тісний позитивний зв'язок з кадмієм, нікелем, марганцем, свинцем та міддю. Коефіцієнти кореляції у цих випадках знаходились у межах $r = 0,697-0,960$ (табл. 8). Із вмістом цинку зв'язок був дуже слабким ($-0,002 \leq r \leq 0,004$), а із вмістом заліза – середнім ($0,602 \leq r \leq 0,655$).

Таблиця 8. Кореляційний зв'язок морфометричних показників листкової поверхні рослин роду Таволга з вмістом важких металів у листках

Показник	Довжина листкової поверхні	Ширина листкової поверхні	Відстань від основи листкової поверхні до найширшої її частини
Мідь	0,710	0,717	0,708
Цинк	-0,002	0,004	-0,003
Свинець	0,701	0,697	0,702
Кадмій	0,959	0,953	0,960
Нікель	0,830	0,796	0,836
Марганець	0,796	0,767	0,801
Залізо	0,647	0,602	0,655

В результаті проведених досліджень встановлено, що найменші морфометричні показники листків були у рослин, що зростають вздовж автомагістралі – на бульварі Шевченка за 3 м і за 20 м від полотна дороги. Розміри листків у рослин з території Ботанічного саду мали незначні відміни. Рівень зміни ознак листкової поверхні за виявленої металоакумулюючої активності знаходився в межах низьких і середніх значень. Коефіцієнти варіації свідчать, що з трьох морфометричних показників найбільше варіювала відстань від основи листкової поверхні до найширшої її частини ($V = 11,5-17,6\%$).

Висновки. Отримані результати дозволяють зробити висновок про високу стійкість рослин *S. x vanhouttei* в умовах постійного техногенного навантаження. Чутливість рослин до впливу такого навантаження виявилась у видозміні морфометричних показників листкової поверхні, але це не змінило загальну декоративність рослин, що дозволяє рекомендувати *S. x vanhouttei* для озеленення урботериторій, промислових зон, узбіч автомагістралей.

1. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения / Г. М. Илькун – Киев: Наук. думка, 1978. – 274 с.
2. Новицкая Ю. Е. Физиолого-биохимические механизмы адаптации организмов в филогенетическом аспекте / Ю. Е. Новицкая // Всесоюзное совещание по вопросам адаптации древесных растений к экстремальным условиям: Тез. докл. – Петрозаводск, 1981. – С. 51-53.
3. Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений / Г. Н. Зайцев – М.: Наука, 1983. – 286 с.

4. ДСТУ 4289:2004 Якість ґрунту. Метод визначення органічної речовини
5. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів
6. ДСТУ ISO10390 :1994, IDT Якість ґрунту. Визначення рН

*В межах м. Київ досліджено агрохімічні і токсикологічні характеристики екотопів, що зазнавали різного за інтенсивністю техногенного навантаження у місцях зростання *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zab. Установлено високу стійкість рослин *S. x vanhouttei* в умовах урбанізованого середовища. Чутливість рослин до впливу техногенного навантаження виявлялась у видозміні морфометричних показників листкової поверхні.*

Ключові слова: таволга, листкова поверхня, агрохімічний аналіз, важкі метали, морфометричні показники.

*В пределах г. Киев исследованы агрохимические и токсикологические характеристики экотопов, которые подвержены различным по интенсивности нагрузкам в местах произрастания *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zab. Установлено высокую устойчивость растений *S. x vanhouttei* в условиях урбанизированной среды. Чувствительность растений к влиянию техногенной нагрузки проявлялась в видоизменении морфометрических показателей поверхности листьев.*

Ключевые слова: таволга, поверхность листьев, агрохимический анализ, тяжелые металлы, морфометрические показатели.

*The agrochemical and toxicological characteristics of ecotopes which are subjected to different on intensity loads in habitats of *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zab. within the bounds of Kyiv have been studied. High stability of *S. x vanhouttei* plants in the conditions of the urbanized environment was determined. The sensitiveness of plants to influence of the technogenic loading showed up in modification of morphometric indexes of leaves.*

Keywords: spirea, surface of leaves, agrochemical analysis, heavy metals, morphometric indexes.