

УДК 582.2

ВПЛИВ НАДЛИШКУ Cr^{6+} НА МОРФОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ДЕКОРАТИВНИХ КВІТКОВИХ РОСЛИН НА ТЛІ ДІЇ НІТРАТНОГО ТА АМОНІЙНОГО АЗОТУ

О.Є. Іванченко

Дніпропетровський державний аграрний університет

Исследовано влияние хрома (VI) на морфологию декоративных цветочных растений, выращенных на разных источниках азота – нитратном и аммонийном. Установлено снижение размеров корневой системы, ассимиляционного аппарата, высоты растений под действием нефизиологических концентраций Cr относительно растений, которые не подверглись действию токсиканта, как на фоне нитратного, так и аммонийного азота. Однако, более существенное негативное действие тяжелого металла было обнаружено в опыте с N-NH_4^+ , по сравнению с N-NO_3^- .

Декоративные цветочные растения, хром (VI), нитратная и аммонийная форма азота, морфологические показатели.

ВСТУП

У теперішній час гостро постала проблема збереження природних і штучних біоценозів через швидкий ріст кількості викидів в атмосферу токсичних речовин підприємств і транспорту та недостатнього розвитку очисних споруд. Найбільш поширеними забруднювачами є важкі метали [1, 5]. Саме вони спричиняють найбільшу шкоду навколишньому середовищу.

Одним із засобів оптимізації оточуючого середовища є озеленення промислових майданчиків. Декоративні квіткові рослини з успіхом застосовуються для озеленення промислових ділянок, покращують зовнішній вигляд техногенних ландшафтів та знижують рівень забруднення, накопичуючи частку токсикантів у своїх тканинах та органах [3]. Проте фітотоксиканти спричиняють негативний вплив на фізіолого-біохімічні реакції у рослинному організмі, що безпосередньо відбивається на ростових реакціях і, як наслідок, декоративності рослинних об'єктів [4]. Тому важливим стає питання покращання процесів життєдіяльності рослин за умов антропогенного забруднення довкілля важкими металами.

Живлення рослин, як інтегральний процес, складається з взаємозв'язаних між собою потоків речовин і енергії, які обумовлюються функціями фотосинтезу, дихання і кореневим живленням з їх регуляторними системами. Цей фізіологічний процес забезпечує нормальний ріст і розвиток рослин, які входять до складу фітоценозів, підтримує на певному рівні біохімічні процеси у рослинному організмі. Оптимальне мінеральне живлення рослинних організмів дозволить підвищити декоративність та якість квіткової продукції, особливо в умовах забруднення ґрунту інгредієнтами промислових викидів.

У зв'язку з цим, метою роботи було оцінити вплив надлишку Cr^{6+} на морфологічні показники декоративних квіткових рослин, які були вирощені на різних джерелах азоту – нитратному та амонійному у модельному досліді.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У якості об'єктів дослідження використовували однорічні квіткові рослини у віці 20 діб: чорнобривці відхилені (*Tagetes patula* L.), нагідки лікарські (*Calendula officinalis* L.), чина запашна (*Lathyrus odoratus* L.). Як субстрат для вирощування рослин використовували гравій. Рослини вирощували при температурі $24 \pm 2^\circ\text{C}$ і освітленні 10000 лк люмінесцентними (ЛБ-40) і лампами денного світла (УСП 35-2). Насіння квіткових культур висаджували у гравій та починаючи з 3-ї доби після проростання підживлювали розчинами залежно від варіанту досліді.

Варіантів досліді було 4: I) рослини вирощували на нитратному азоті, розчин Кнопа (контроль); II) рослини вирощували на нитратному азоті (розчин Кнопа) з додаванням Cr^{6+} у концентрації 20 мг/л за діючим елементом; III) рослини вирощували на модифікованому розчині Кнопа (замінено нитратну форму азоту на амонійну в еквівалентній кількості, джерело азоту – сульфат амонію ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), кальцію – CaCl_2); IV) рослини вирощували на модифікованому розчині Кнопа (амонійна форма азоту) з додаванням Cr^{6+} у кількості 20 мг/л. Хром вносили у вигляді біхромату калію ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

Оцінку змін морфометричних показників здійснювали за Р.М. Клейном і Д.Т. Клейном [6]. Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою багатофункціонального пакету прикладних програм „Statistic for Windows”. Оцінку розбіжностей показників контрольного і дослідних варіантів здійснювали за критерієм Ст'юдента при 5%-вому рівні значущості.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Ріст і розвиток рослин – найважливіші фізіологічні процеси, які в першу чергу визначають декоративність квіткових рослин. Відомо, що важкі метали пригнічують ростові процеси [4]. Оцінити негативну дію важких металів на рослини і глибше зрозуміти механізми їх адаптивних реакцій дають змогу дослідження морфології кореневої системи. Розміри останньої є важливим показником нормального функціонування рослинного організму.

У контрольних рослин *L. odoratus* довжина головного кореня була більше у рослин, що вирощені на тлі нітратного азоту порівняно з рослинами, що зростали на його амонійній формі. Так, довжина головного кореня у цього виду складала 14,11 та 13,90 см, відповідно. За дії надлишку Cr^{6+} у середовищі вирощування спостерігалось падіння цього показника відносно контрольного варіанту незалежно від форм азоту, причому у більшому ступені у рослин, які зростали на тлі амонійного азоту, ніж на нітратному (табл. 1). Так, у *L. odoratus* довжина кореня була нижча за норму на 24,72 % у варіанті з використанням NO_3^- і на 40,30 % у варіанті з NH_4^+ . У *T. patula* і *C. officinalis* ці цифри дорівнювали 16,05 і 45,30 та 17,76 і 26,60 % відповідно. Загальний вигляд рослин, вирощених на різних джерелах азоту на тлі впливу на них надлишку хрому представлено на рис. 1.

Аналіз отриманих даних з впливу фітотоксиканту в середовищі вирощування на кількість бічних коренів декоративних квіткових рослин вказує на зниження цього показника відносно норми. На фоні забруднення середовища вирощування Cr^{6+} менш токсичний ефект на закладання бічних коренів спостерігається у поживному середовищі, яке містить нітратну форму азоту (табл. 1). Так, на 20-у добу їх число у *T. patula* зменшується відносно контролю на 20,66 % у варіанті з нітратною формою азоту і на 32,50 % – з амонійною. У *C. officinalis* цей показник складає 16,25 і 24,70 %, у *L. odoratus* – 15,78 і 26,80 %, відповідно.

У ході досліджень встановлено також зменшення довжини бічних коренів рослинних об'єктів (табл. 1). У всіх видів спостерігається істотне падіння величини цього показника відносно контролю незалежно від джерела азоту. На 20-у добу довжина бічних коренів у *T. patula*, *C. officinalis* та *L. odoratus* у варіанті з внесенням Cr^{6+} (20 мг/л) на фоні нітратного азоту дорівнювала 66,70; 63,60 і 84,00 %, а на фоні амонійного – 57,10; 48,87 і 78,35 % відповідно.

Таблиця 1 – Вплив надлишку Cr^{6+} на морфологію корневих систем декоративних квіткових рослин (20-а доба)

Вид	Розчин Кнопа (NO_3^-)	Розчин Кнопа (NO_3^-) + Cr^{6+}	% до контролю	td	Розчин Кнопа (NH_4^+)	Розчин Кнопа (NH_4^+) + Cr^{6+}	% до контролю	td
Довжина головного кореня, см								
<i>Tagetes patula</i> L.	8,12±0,27	6,80±0,25	83,95	13,84	7,50±0,26	6,41±0,14	54,70	7,79
<i>Calendula officinalis</i> L.	10,10±0,34	8,30±0,29	82,24	8,57	9,40±0,32	6,92±0,24	73,40	4,73
<i>Lathyrus odoratus</i> L.	14,11±0,54	10,60±0,43	75,28	7,14	13,90±0,48	8,31±0,29	59,70	7,56
Кількість бічних коренів, шт.								
<i>Tagetes patula</i> L.	8,7±0,32	6,9±0,25	79,34	11,25	7,7±0,285	5,2±0,192	67,5	20,83
<i>Calendula officinalis</i> L.	30,3±1,12	25,2±0,93	83,25	3,41	27,1±1,01	20,4±0,755	75,3	4,21
<i>Lathyrus odoratus</i> L.	15,2±0,56	12,8±0,47	84,22	4,44	13,1±0,485	9,6±0,355	73,2	9,46
Довжина бічних коренів, см								
<i>Tagetes patula</i> L.	0,92±0,03	0,61±0,02	66,70	3,36	0,73±0,02	0,43±0,01	57,10	41,20
<i>Calendula officinalis</i> L.	5,55±0,22	3,50±0,14	63,60	8,64	4,39±0,17	2,17±0,08	48,87	9,58
<i>Lathyrus odoratus</i> L.	2,57±0,11	2,11±0,08	84,00	4,50	2,30±0,09	1,83±0,07	78,35	8,53

Як видно, у проростків *C. officinalis* спостерігалось дещо суттєвіше пригнічення росту бічних коренів. Порівняння ступеня гальмівної дії надлишку хрому на вивчаний параметр вказує на те, що істотніше зниження його відбувалося у варіанті дослідження, де NO_3^- -N було замінено на NH_4^+ -N.

А

Б



В

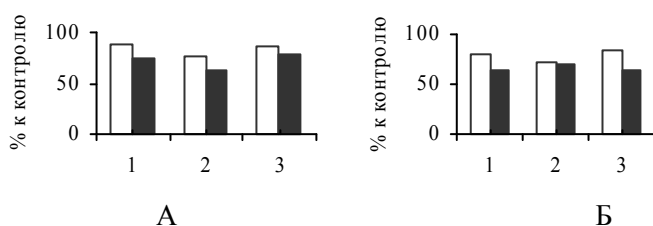
Рисунок 1 – Загальний вигляд 20-ти денних проростків *Tagetes patula* (А), *Calendula officinalis* (Б) та *Lathyrus odoratus* (В) вирощених на: 1 – NO_3 ; 2 – $\text{NO}_3 + \text{Cr}^{6+}$; 3 – NH_4^+ ; 4 – $\text{NH}_4^+ + \text{Cr}^{6+}$

На рис. 2 наведено результати щодо дослідження впливу Cr^{6+} у концентрації 20 мг/л діючого елементу на довжину стебла рослинних об'єктів. Аналіз отриманих даних свідчить, що за дії надлишкової концентрації хрому у субстраті вирощування, незалежно від форми азоту, спостерігається зменшення довжина стебла. Так, висота рослин *T. patula* за дії Cr^{6+} на тлі нітратного азоту падає на 11,00 %, амонійного – на 25,00 %. Найнегативніший ефект спостерігається у *C. officinalis*. На фоні нітратного азоту цей показник зменшився на 19,80 %, амонійного – на 36,90 % відносно варіантів без додавання металу. У *L. odoratus* не встановлено достовірного пригнічення росту надземної частини у варіанті з додаванням Cr^{6+} у немодифікований розчин Кнопа, тоді як на тлі амонійного азоту це стає більш суттєвим – на 18,84 % щодо норми.

Велика роль в здійсненні основних функцій декоративних рослин (поглинання аерополлютантів, осадження пилових часток, покращання мікроклімату тощо) належить листковій поверхні. В той же час від розвитку асиміляційного апарату залежить інтенсивність цвітіння квіткових рослин.

Результати впливу Cr^{6+} на стан асиміляційного апарату дослідних об'єктів представлені на рис. 2. Аналіз отриманих даних свідчить про те, що за дії хрому значно зменшується кількість листків на рослині, незалежно від форм азоту. Так, на 20-у добу досліду кількість листків у *T. patula* зменшувалася за дії Cr^{6+} на тлі $\text{NO}_3\text{-N}$ та на $\text{NH}_4^+\text{-N}$. У *L. odoratus* ці цифри дорівнюють 23,50 і 24,70 %, відповідно. Суттєвої різниці між ступенем падіння числа листків на рослинах у вивчаємих видів не виявлено.

Аналогічна тенденція спостерігалася і при вивченні впливу надлишку Cr^{6+} на фоні різних форм азоту на площу листкової пластинки. З даних рис. 2 видно, що внесення важкого металу спричиняє зменшення середньої площі листка. У більшому ступені це спостерігається у варіанті, де як джерело азоту використовували $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ у еквівалентній кількості. Так, для порівняння, у *T. patula* площа листка за дії Cr^{6+} на фоні нітратного азоту знижується на 14,60 %, амонійного – на 21,10 %, у *C. officinalis* і *L. odoratus* ці цифри дещо більші та дорівнюють 16,00 і 36,70 % та 11,40 і 26,30 %, відповідно.



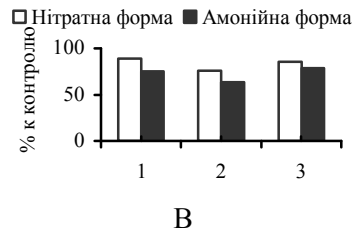


Рисунок 2 – Вплив надлишку Cr^{6+} на морфологічні показники надземної частини декоративних квіткових рослин, % до контролю: А – *Tagetes patula*, Б – *Calendula officinalis*, В – *Lathyrus odoratus*; 1 – висота стебла, 2 – кількість листків, 3 – площа листків

Схожі результати з впливу різних джерел азоту на морфологічні показники культурних рослин, але без дії абіотичних та антропогенних чинників, було отримано і іншими дослідниками. Так, літературні дані свідчать, що амонійний азот у порівнянні з нітратним живленням, не тільки вповільнював ріст тютюну, але й гальмував надходження катіонів та послабляв транспірацію [12]. Р.Г. Фархутдіновим та Г.Р. Кудояровою показано, що швидкість росту коріння рослин пшениці, які отримували азот у вигляді NO_3^- , та вміст в них ауксинів були вищими в порівнянні з рослинами, які отримували амонійний азот [9]. На це вказують у своїх дослідках М. Дебев і І. Станчева [10].

Д.Б. Нікітін та Н.Н. Тищенко [8] роблять висновок про більш низьку ефективність використання азоту в листках рослин, що були вирощені на амонійному джерелі азоту, порівняно з нітратним, яка посилювалася з підвищенням концентрації амонію у поживному розчині. В той же час підвищені дози амонійного азоту викликали порушення між поглинанням води, її транспортом та транспірацією, що призводило до водного стресу рослин томату істівного [11].

Слід зазначити, що амонійний та нітратний азот за певних умов – рівноцінні джерела живлення для рослин. Переважне використання рослинами амонійного або нітратного азоту залежить від ряду факторів, найважливішими з яких є: біологічні особливості культури, забезпеченість її вуглеводами, реакція середовища, наявність кальцію, калію та інших елементів живлення, в тому числі мікроелементів. При нейтральній реакції амонійний азот засвоюється рослинами краще, а при кислому – гірше, ніж нітратний [7].

С.А. Барбер [2] у свою чергу вважає, що переважне поглинання амонійного азоту відбувається тоді, коли NH_4^+ є єдиним джерелом азоту, а за наявності нітратної форми азоту інтенсивніше поглинається NO_3^- . Амонійна форма азоту порівняно з нітратною та їх комбінаціями призводить до пригнічення наростання біомаси рослин. Інтенсивне надходження амонійного азоту, особливо в молоді проростки рослин з малим запасом вуглеводів у насінні може завдати негативного впливу через токсичну дію надлишку аміаку. Для підживлення найкраще вносити нітратні добрива, амонійні застосовують переважно до посіву, як основне добриво.

Таким чином, за дії фітотоксичної концентрації хрому спостерігається гальмування росту як надземної, так і підземної частини декоративних квіткових рослин. Знижується довжина головного кореня, кількість і довжина бічних коренів, висота стебла. Суттєвої зміни зазнає асиміляційний апарат – зменшується кількість листків на рослині, їх площа, що негативно відбувається на загальній асиміляційній поверхні рослинних об'єктів. Негативніша дія важкого металу проявляється у варіанті, де використовували сульфат амонію у якості джерела азоту у порівнянні з нітратною формою азоту. Перспективним є подальше дослідження фізіологічних реакцій декоративних квіткових рослин, вирощених на різних джерелах азоту і у різних їх співвідношеннях, на внесення фітотоксикантів.

ВИСНОВКИ

1. Внесення надлишкових концентрацій Cr^{6+} спричиняє гальмування росту головного кореня декоративних квіткових рослин, як у варіанті з нітратною, так і у варіанті з амонійною формою азоту. Найчутливішим видом за даним показником виявився *L. odoratus*. Токсична дія важкого металу суттєвіше проявляється на тлі впливу амонійної форми азоту у поживному середовищі, порівняно з нітратним.
2. За дії нефізіологічних концентрацій хрому спостерігається зменшення кількості бічних коренів та їх довжини у дослідних об'єктах, що суттєво впливає на поглинальну активність кореневої

- системи рослин. Істотніше інгібування галуження кореневої системи рослин встановлено за наявності у живильному середовищі амонійного азоту.
3. Встановлено негативний вплив фітотоксиканта, внесеного у поживний розчин, на довжину стебла рослинних об'єктів. Негативна дія шестивалентного хрому істотніше проявляється на фоні амонійного азоту щодо нітратного.
 4. Під впливом надлишку хрому (20 мг/л) відбувається падіння кількості листків на рослині, а також середньої площі листової пластинки, порівняно з нормою, що призводить до зниження загальної площі асиміляційної поверхні декоративних квіткових рослин. У варіанті з внесенням хрому у модифікований розчин Кнопа з амонійною формою азоту кількість листків та їх площа зменшується суттєвіше, порівняно з нітратною.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агрпромиздат, 1987. – 142 с.
2. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве / С.А. Барбер. – М.: Агрпромиздат, 1988. – 378 с.
3. Бессонова В.П. Пассивний моніторинг забруднення середовища важкими металами з використанням трав'яних рослин / В.П. Бессонова // Укр. бот. журн. – 1991. – Т. 48, № 2. – С. 77–80.
4. Бессонова В.П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений: Монография / В.П. Бессонова. – Запорожье: ЗДУ, 1999. – 208 с.
5. Горышина Т.К. Растения в городе / Т.К. Горышина. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. – 152 с.
6. Клейн Р.М. Методы исследования растений / Р.М. Клейн, Д.Т. Клейн. – М.: Колос, 1974. – 527 с.
7. Кореньков Д.А. Справочник агрохимика / Д.А. Кореньков, К.А. Гаврилов, К.А. Гаврилов, И.А. Шильников и др. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 286 с.
8. Никитин Д.Б. Эффективность использования азота и его распределение в растениях кукурузы, выращенных при нитратной и аммонийной формах азотного питания / Д.Б. Никитин, Н.Н. Тищенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1995. – 27, № 5-6. – С. 336–343.
9. Фархутдинов Р.Г. Сравнение действия нитратной и аммонийной формы азота на рост корней проростков пшеницы и содержания в них ауксинов при различных температурных режимах / Р.Г. Фархутдинов, Г.Р. Кудоярова // Агрохимия. – 1997. – № 3. – С. 41–43.
10. Dibeв Nikolai. Response of wheat and maize to different nitrogen sources. I. Plant of growth and biomass accumulation / Dibeв Nikolai, Stancheva Ira // J. Plant Nutr. – 1995. – 18, N 6. – P. 1273–1280.
11. Gao Z.F. Effects of ammonium and nitrate nutrition on growth and water relations of *Lycopersicon esculentum* / Z.F. Gao, S.H. Lips // Abstr. 9th Congr. Fed. Eur. Soc. Plant Physiol., Brno, 3-8 July, 1994 // Biol. Plant. – 1994. – 36, Suppl. – P. 190.
12. Wang Guo-ying. Hebei nongye daxue xuebao / Wang Guo-ying, Liu Dong-chen, Lhao Li-juan, Cui Jian-yu // J. Agr. Univ. Hebei. – 2002. – 25, № 2. – P. 21–24, 31.

THE INFLUENCE OF EXCESS Cr^{6+} ON MORPHOLOGICAL PARAMETERS OF ORNAMENTAL FLOWER PLANTS ON THE NITRATE AND AMMONIUM NITROGEN

Ivanchenko O.E.

The effect of Cr on the morphology of ornamental flowering plants grown on different sources of nitrogen – nitrate and ammonium has been studied. A reduction of the size of the root system, the assimilatory area, height of plants under the influence of excess Cr regarding plants that were exposed to the toxicant as the background of nitrate and ammonium nitrogen. However, a more significant negative effect of heavy metal was found in the experiment with $N-NH^{4+}$, compared to the $N-NO_3^-$.