

УДК 633.263:58.04  
© 2014

**В.П. БЕССОНОВА,**  
доктор біологічних наук

**О.А. ПОНОМАРЬОВА,**  
**О.Є. ІВАНЧЕНКО,**  
кандидати біологічних наук

ДІЯ  $Pb^{2+}$  ТА  $Cd^{2+}$  НА ФОНІ  
ЗАСОЛЕННЯ NaCl  
НА ПОКАЗНИКИ ВОДНОГО  
ОБМІНУ ЛИСТКІВ  
*LOLLIUM PERENNE L.*

Дніпропетровський державний  
аграрно-економічний університет  
E-mail: lronotareva@i.ua

*Досліджено вплив важких металів ( $Pb^{2+}+Cd^{2+}$ ) та засолення (NaCl) на показники водообміну листків *Lolium perenne L.* Встановлено, що рослини всіх варіантів суттєво не відрізняються за вмістом загальної води в листках. Кількість зв'язаної води суттєво вища в дослідних рослин. Найбільші втрати води спостерігалися в контролі, найвища водоутримувальна здатність у рослин, що зазнали дії сукупності досліджуваних забруднювачів. У всіх варіантах інтенсивність транспірації листків виражена одновершинною кривою з максимумом у полуденні години. Найнижча інтенсивність транспірації у листків рослин, що зростали у ґрунтах із засоленням.*

**Ключові слова:** *Lolium perenne L.*, водний обмін, транспірація, водоутримувальна здатність, форми води, засолення, важкі метали.

Автомобільний транспорт забруднює атмосферне повітря не тільки токсичними компонентами відпрацьованих газів, але й важкими металами, у тому числі кадмієм і свинцем. Придорожня зона суттєво забруднена свинцем, оскільки автотранспорт викидає близько 80 мг свинцю на кожний кілометр. Частки сполук свинцю осідають на узбіччях на відстані до 30 м, а за відсутності зелених насаджень – до 400 м (Новиков, 2000). У декількох метрах від полотна шосе з інтенсивним рухом вміст свинцю може бути в 30 разів більшим, ніж фоновий, але вже за 10 м його рівень звичайно знижується в 2–6 разів [14].

Забруднення кадмієм повітря та ґрунту приміагістральної зони спостерігається внаслідок зносу шин. Цей метал надходить також з викидами автотранспорту [2, 9]. Важкі метали несприятливо впливають на ріст і розвиток рослин [1, 4–6]. Поряд з негативною дією на придорожні рослини  $Pb^{2+}$  і  $Cd^{2+}$ , які є пріоритетними забруднювачами автомобільних викидів, рослини страждають і від солей (NaCl, іноді  $CaCl_2$ ), що накопичуються у придорожній екосистемі внаслідок бороть-

би з ожеледдю [11, 12]. Проте характер одночасної дії цих забруднювачів довкілля на фізіологічні процеси рослин майже не досліджений. Особливої уваги потребує вивчення показників водного режиму.

**Мета даного дослідження** – проаналізувати вплив сумісної дії  $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  та NaCl на показники водообміну листків *Lolium perenne L.*

**Матеріали і методи.** Об'єктом дослідження були рослини пажитниці багаторічної (*Lolium perenne L.*) із застосуванням методики ґрунтових культур. Дослід виконували у чотирьох варіантах з внесенням у ґрунт:

1) контрольний (незабруднений ґрунт); 2)  $Pb^{2+}$  та  $Cd^{2+}$  0,1 і 0,003 % діючої речовини; 3) NaCl у кількості 0,2 %; 4) всіх досліджуваних забруднювачів ( $Pb^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$  та NaCl) у тих самих кількостях, що й у варіантах 2 і 3. Як джерело  $Pb^{2+}$  використовували  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 7H_2O$ ; Cd –  $CdSO_4$ . Для аналізу використовували рослини віком 30, 38 і 45 діб. Інтенсивність транспірації визначали ваговим методом за Івановим (цит. за [4]), водоутримувальну здатність – за Арландом, форми води в листках

1. *Форми води в рослині на 38 добу, % до сирової маси*

Варіант	Загальна вода	t	Вільна вода	t	Зв'язана вода	t
Контроль	88,67±1,44	-	47,86±0,50	-	40,81±0,45	-
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup>	87,76	0,12	43,06±0,36	3,30	44,70±0,51	5,67
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup> +NaCl	86,89±1,42	0,23	30,97±2,16	13,4	55,92±3,16	17,17
NaCl	86,88±2,14	0,23	30,51±1,04	15,08	56,37±1,14	12,75

рослин – за методом Окунцева–Маринчик [8].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Рослини всіх варіантів суттєво не відрізнялися за вмістом загальної води в листках. Проте кількісні показники форм води змінювалися в дослідних варіантах стосовно контрольних значень (табл. 1). Вміст вільної води був дещо нижчим у рослин варіанта зі сумісною дією кадмію і свинцю (на 10,1 %). Значніше падає кількість цієї форми води в рослин на засоленому ґрунті. Її вміст становить 64,71 % від контролю. У досліді зі сумісною дією важких металів і засолення даний показник статистично не відрізняється від варіанта з NaCl.

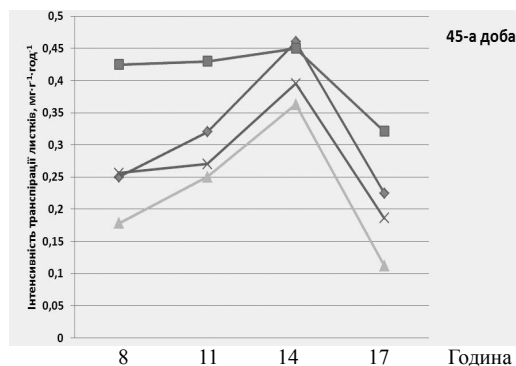
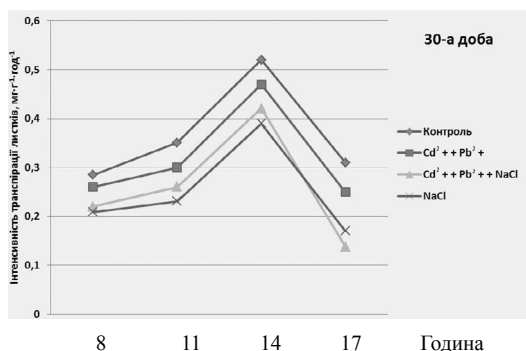
Вміст зв'язаної води в рослинах, навпаки, у досліді з NaCl і сумісною дією важких ме-

талів і засолення суттєво зростає. Тут різниця між показниками недостовірна. За дії на рослини важких металів кількість зв'язаної води у листках достовірно більша (на 9,53 %), ніж у контролі, але перевищення значно менше, ніж у варіантах з NaCl (табл. 1).

У дослідних варіантах змінюється співвідношення вільна/зв'язана вода. У контролі воно становить 1,17, у досліді з важкими металами – 1,07, NaCl – 0,55, за сумісної дії на рослини Pb<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup> та NaCl – 0,54. Отже, за одночасної дії важких металів і хлоридного засолення співвідношення форм води не змінюється порівняно з варіантом, де на рослини впливає лише NaCl. У варіанті зі засоленням цей показник зменшується

2. *Зміни водоутримувальної здатності листків пажитниці багаторічної під дією суміші свинцю і кадмію, хлориду натрію та їх сумісної дії, % до сирової маси*

Варіант	Час, год					
	0,5	t	1	t	2	t
<b>30 доба</b>						
Контроль	9,83±0,521	-	14,33± 0,14	-	18,91±0,22	-
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup>	9,16±0,701	0,78	13,95±0,214	0,96	17,02±0,312	4,96
NaCl	7,52±0,827	0,38	10,36±0,230	15,30	14,10±0,340	3,31
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup> +NaCl	6,32±0,601	4,41	8,86±0,823	4,13	11,99±0,282	6,63
<b>38 доба</b>						
Контроль	11,37±1,014	-	13,36±0,45	-	19,92±0,812	-
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup>	8,00±0,16	3,31	10,49±0,51	4,40	15,95±0,899	3,32
NaCl	6,63±0,66	4,02	7,65±0,078	5,34	9,32±0,569	7,05
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup> +NaCl	6,62±0,661	3,92	7,42±0,704	4,67	9,19±0,789	9,93
<b>45 доба</b>						
Контроль	12,14±1,10	-	18,34±0,83	-	22,01±0,202	-
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup>	7,89±0,608	3,58	9,53±0,653	8,32	13,30±1,33	6,47
NaCl	5,33±1,50	5,48	7,48±0,708	9,93	10,66±1,06	7,04
Pb <sup>2+</sup> +Cd <sup>2+</sup> +NaCl	5,11±0,522	6,16	7,24±0,724	10,05	9,85±0,398	50,16



**Вплив важких металів та засоленості на інтенсивність транспірації листків пажитниці багаторічної,  $мг \cdot л^{-1} \cdot год^{-1}$**

у 2,12 раза, сумісна дія важких металів і NaCl знижує його у 2,16 раза.

Проаналізовано показники водоутримувальної здатності листків пажитниці багаторічної, яка зростала в різних варіантах на 30, 38 і 45-у добу (табл. 2). Вимірювання втрати води здійснювали через певні інтервали часу (30, 60 і 120 хв). Уже через півгодини у 30-добових рослин виявлялася суттєва різниця водоутримувальної здатності між контролем і варіантом  $Cd^{2+} + Pb^{2+} + NaCl$ . В останньому вона більша на 35,7 %, в інших варіантах – майже однакова. Проте зі збільшенням експозиції різниця між варіантами зростає. Найбільша вона через дві години. У другому варіанті ( $Cd^{2+} + Pb^{2+}$ ) водовіддача менша, ніж у контролі на 12,5 %, у третьому (NaCl) – на 15,5 %, у четвертому ( $Cd^{2+} + Pb^{2+} + NaCl$ ) – на 16,4 %.

Отже, за показниками водоутримувальної здатності листків варіанти розташовуються таким чином: контроль <  $Cd^{2+} + Pb^{2+}$  < NaCl <  $Cd^{2+} + Pb^{2+} + NaCl$ .

На 38-у добу експерименту різниця водоутримувальної здатності між варіантами виявлена вже через 30 хв. У міру експозиції величина втрати води зростає у всіх варіантах, але найбільше у контролі, найменше – за сумісної дії на рослини усіх досліджуваних забруднювачів.

Слід зазначити, що в контрольному варіанті водоутримувальна здатність з віком листків зменшується і втрати води найбільші через 45 дб від проростання (через 30, 60 і 120 хв експозиції). У дослідних варіантах, навпаки, зі збільшенням терміну росту рослин на ґрунті із забруднювачами при по-

рівнянні показників на 38 і 45-у добу водоутримувальна здатність або збільшується ( $Cd^{2+} + Pb^{2+}$ ), або статистично не змінюється ( $Cd^{2+} + Pb^{2+} + NaCl$ ). На 37 і 45-у добу значення втрат води у дослідях з додаванням у ґрунт тільки хлориду натрію та з сумішшю металів на фоні засолення практично не відрізняється, що дає підставу зробити висновок про те, що хлоридне засолення у більшій мірі визначає водоутримувальну здатність, ніж суміш металів ( $Cd^{2+} + Pb^{2+}$ ).

Збільшення водоутримувальної здатності порівняно з контролем у листків рослин дослідних варіантів позитивно корелює з підвищенням кількості зв'язаної води.

У всіх варіантах інтенсивність транспірації листків виражена одновершинною кривою з максимумом у полуденні години. Проте ступінь крутизни кривих різна. Найбільша різниця між ранковими і полуденними показниками та вечірніми в рослин із засоленого ґрунту, найменша – у варіанті з важкими металами. Ця закономірність спостерігається як на 30-у, так і на 45-у добу досліджень (рисунок).

Зіставлення інтенсивності транспірації у листків рослин підтверджує, що на 30-у добу найбільші величини цього показника були в контролі, найнижчі у варіантах з хлоридним засоленням (3 і 4-й варіанти). За зниженням цього показника варіанти можна розташувати так: контроль >  $Pb^{2+} + Cd^{2+}$  > NaCl  $\geq$   $Pb^{2+} + Cd^{2+} + NaCl$ . На 45-у добу картина дещо змінюється. Найвища середня інтенсивність транспірації виявлена у варіанті з важкими металами ( $Pb^{2+} + Cd^{2+}$ ). Вона значно перевищує контрольну в ранкові та вечірні години. Відзначимо, що від-

міни в показниках транспірації у рослин цього варіанта в досліджувані години відрізняються мало. Це може свідчити про те, що внаслідок тривалого росту рослин у ґрунті з  $Pb^{2+}$  і  $Cd^{2+}$  дані важкі метали можуть блокувати рухи проростків.

Найнижча інтенсивність транспірації спостерігається у листків рослин, що зростали у варіантах із засоленням ґрунту (3 і 4-й варіанти). Деякі дослідники також вказують на зниження інтенсивності транспірації під впливом засолення NaCl в листках баклажана [3, 13] та проростків кукурудзи і ячменю [7].

Отже, реакція 45-добових рослин за ве-

личиною транспірації на вплив засолення залишається такою самою, як і у 30-добових. Реакція на дію важких металів змінюється. Інтенсивність транспірації за більш тривалого росту рослин на забрудненому важкими металами ґрунті підвищується відносно контролю. При рості рослин протягом 30 діб у ґрунті, в який були внесені всі забруднювачі, інтенсивність транспірації майже однакова з 3 і 4-м варіантами (NaCl). На 45-у добу у варіантах із сумісним впливом на рослини  $Pb^{2+} + Cd^{2+} + NaCl$  цей показник стає нижчим, ніж за дії  $Pb^{2+} + Cd^{2+}$ , але вищим, ніж у разі засолення.

### Висновки

За дії на рослини пажитниці багаторічної протягом 30 діб комплексу забруднювачів ( $Cd^{2+} + Pb^{2+} + NaCl$ ) водоутримувальна здатність більша порівняно з дією тільки NaCl. Зі збільшенням строків вирощування до 45 діб різниці за даним показником між цими варіантами не виявлено. Вплив важких металів значно менший, ніж засолення. Вміст зв'язаної води в листках рослин до-

слідних варіантів порівняно з контролем зростає, а вільної зменшується. Падає такий показник, як відношення вільна/зв'язана вода. Оскільки у варіантах із засоленням ґрунту (NaCl та  $Cd^{2+} + Pb^{2+} + NaCl$ ) показники водного обміну близькі за своїми значеннями, можна вважати, що їх зміни порівняно за сумісної дії на рослини засолення і важких металів у більшій мірі зумовлені впливом NaCl.

### Бібліографія

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. Берзина А.Я. Загрязнение металлами растений в придорожных зонах автомагистралей / А.Я. Берзина // Загрязнение природной среды выбросами автотранспорта. – Рига: Ин-т биологии АН ЛатвССР, 1980. – С. 28–44.
3. Бессонова В.П. Влияние тяжелых металлов на фотосинтез растений / В.П. Бессонова. – Днепропетровск: РВВ ДДАУ, 2006. – 208 с.
4. Бессонова В.П. Практикум з фізіології рослин / В.П. Бессонова. – Дніпропетровськ: РВВ ДДНУ, 2006. – 315 с.
5. Бессонова В.П. Цитофизиологические эффекты воздействия тяжелых металлов на рост и развитие растений / В.П. Бессонова. – Запорожье: Изд-во ЗДУ, 1999. – 199 с.
6. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека / [В.М. Гришко та ін.]. – Донецьк : Донбас, 2012. – 303 с.
7. Влияние синтетических регуляторов роста ивина и БАП на показатели водообмена проростков кукурузы и ячменя на фоне хлоридного засоления / С.Н. Кабузенко [и др.] // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41, № 2. – С. 146–153.
8. Кушниренко М.Д. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений / М.Д. Кушниренко, Э.А. Гончарова, Е.М. Бондарь. – Кишинев, 1970. – 76 с.
9. Никифорова Е.М. Свинец в ландшафтах придорожных экосистем / Е.М. Никифорова // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистемы. – М.: Наука, 1981. – С. 220–230.
10. Смит У.Х. Лес и атмосфера / У.Х. Смит. – М.: Прогрес, 1985. – 427 с.
11. Ходаков Ю.И. О влиянии отрицательных факторов городской среды Ленинграда на зеленые насаждения / Ю.И. Ходаков // Растения и химические канцерогены. – Л.: Наука, 1979. – С. 25–27.
12. Moser B.C. Airborn salt spray techniques for experimentation and its effects on vegetation / B.C. Moser. – 1979. – 69. – P. 1002–1002.
13. Sitosa de lacerda Claudivan Efecto do NaCl. Sorbe o crescimento, fotosintese rdacoes / Oliveira Bosco, Maria Regilla, Bosco M. Oliveira Alexandre, Ferreyra Hernandes Fernando Felipe. – 2009. – № 3. – P. 296–302.
14. Smith W.H. Lead contamination of the roadside ecosystem / W.H. Smith. – Air Pollution Control Assol. – 1976. – 26. – P. 753–766.

Рецензент – доктор біологічних наук, професор **О.В. Жуков**