

ІНДИКАЦІЯ СТАНУ ЕКОЛОГІЧНО ВРАЗЛИВИХ ҐРУНТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ЗА ВИДОВИМ І ХІМІЧНИМ СКЛАДОМ ЛУЧНИХ ТРАВСТОЇВ КОРМОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

М.О. Горін, Д.М. Приходченко

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва,
кафедра ґрунтознавства, факультет агрохімії та ґрунтознавства ХНАУ, Комуніст, Харківський р-н, 62483, Україна
e-mail: lukogor@rambler.ru

Наведено індикацію екологічного стану заплавних і схилоземних ґрунтів за видовим і хімічним складом гігромезофітних кормових травостоїв. Добрива коригують вміст в травах біогенних елементів. Екоцидний кадмій здатен до біохімічної мімікрії з біофільним цинком. Перспективним вбачається пошук еколого-біогеохімічних закономірностей поглинання рослинами цинку і кадмію сумісно з іншими важкими металами та біофільними елементами в заплавних екосистемах, перевантажених сполуками цих елементів.

Ключові слова: цілинні ґрунти, екосистеми, добрива, біогенні елементи, кадмій, цинк, важкі метали, забруднення, лучні кормові травостої, фітоіндикація, екологічний стан

Вступ. Оцінка екологічної безпечності рослинної продукції, зокрема лучних травостоїв кормового призначення за їх видовим та хімічним складом (як підсумок активної міграції трофічними ланцюгами біогенних та абіогенних елементів) постійно актуалізується через технохемогенне навантаження на біогеоценологічні, ландшафтні та інші екосистеми [1-8].

Об'єкти та методи. Дослідженнями охоплено мезофітні травостої на екологічно вразливих заплавних та схилоземних ґрунтах долино-ландшафтних екосистем в ур. Цикалове (заплава Сіверського Дінця, найбільшої річки північного сходу України) і «Рязанова балка» на правобережжі р. Роганка (права притока р. Уди, впадає в Сів. Донець). Схему дослідів в ур. Цикалово описано раніше [3-5] і прокоментовано в таблицях. Обидва об'єкти за нашою ініціативою та участю включено до Галицько-Слобожанського екологічного коридору національної (загалом Паневропейської) екомережі. Методика оцінки екологічного стану передбачала проведення стаціонарних натурних експериментів на різних видах і варіантах досліджуваних ґрунтів. У 2009-2010 рр. було поновлено контур дослідів з фітоагрохімічного окультурювання алювіальних ґрунтів. На лучному ґрунті центральної заплави: 1) контроль; удобрювані до 1994 р. (2-5) варіанти: 2) NPK; 3) NPKCa; 4) NPKMgNa; 5) PKMo; неудобрювані (6-13, у т.ч. 8 – городина (кукурудза та ін.); на лучно-болотному 9) і болотному 10); уприуслов'їна лучному супіщаному 11) і 12) NPK. На дерновому піщаному ґрунті приуслівної заплави навесні внесено добрива: 13) контроль; 14) NPK; 15) NPKCa; 16) NPKNa;

16а) (OMC+Mo – орґано-мінеральна суміш з молібдатом амонію); 16б) гній. Альтернативою скошуваній цілині залишено (як і раніше) розораний лучний ґрунт під кукурудзою та ін. городніми культурами (8), сіяними травами (7) та некошений луг з дозрілим травостоем (6) – крім 7 і 8, усі ґрунти є цілинними. У «Рязановій балці» 2009 р. розпочали, а 2010 р. завершили спробу фітоагрохімічного окультурювання цілинних ґрунтів під мезофітними травостоями схилових екосистем: 1) контроль; 2) N (NPK–2010); 3) N (NPK+Ca); 4) N (NPK+Na). У 2009 р. через дефіцит добрив не вдалося у повній мірі витримати методично передбачені варіанти NPK; NPKCa; 4) NPKMgNa; 5) PKMo (ця задача була вирішена 2010 р.). Фітоіндикацію здійснено за Браун-Бланке з визначенням видового складу мезофітних травостоїв, а хемоіндикацію – за вмістом у пробних снопах біогенних – N, P, K, Ca, Mg, Zn – та абіогенних – Cd – елементів.

Результати. Описано асоціації у центральній заплаві: 1) контроль – тонконогово-підмаренниково-волошкова (з деревієм) у 2009 р.; удобрювані (2-5) до 1994 р. варіанти: 2) NPK – щавлево-волошково-підмаренникова (з деревієм); 3) NPKCa – тонконогово-берізково-підмаренникова; 4) NPKMgNa – тонконогово-підмаренниково-волошкова (зі щавлем кислим); 5) PKMo – чиново-підмаренникова (опис 2010 р. зірвано несанкціонованим скошуванням найбільш урожайних окультурюваних ділянок); неудобрювані (6-13): 6 – шавлієво-цибулево-тонконога у 2009 р. і злаково-різнотравна (підмаренник, суниця) у 2010; 7 – пирієво-тонконога у 2009 р. і геранієво-тонконога у 2010 р.; 8 – городина (куку-

рудза та ін.) у 2009 і 2011 рр.; на лучно-болотному: 9) підмаренник справжній; 9а) лядвенцево-волошково-тонконо-гова 2009 р. і різнотравно-осокова 2010 р.; на болотному: 10) осот, очерет, волошка, айр 2010 р.; у прируслов'ї на лучному супіщаному ґрунті: 11) цибулево-лядвенцево-підмаренникова 2009 р. і перстачево-тонконогова 2010 р. 12) NPK – люцерново-тонконогова 2010 р.; на дерновому піщаному: 13) контроль – житняк гребінчастий 2009 р. і гикавково-кострицева 2010 р.; удобрені у 2009 р. (14-16): житняк у 2009 р. (у 2010 р. не відбирали) на вар. 14) NPK і 15) NPKCa (житняк з очитком у 2010 р.); 16) житняк з дивиною у 2009 р. і житняк з підмаренником у 2010 р. (NPKNa); 16а) житняк 2009 р.; кропива дводонна 16г) гній і 16в) чагарниково-кропивні високопродуктивні неудожені псамофітні асоціації у 2009 і 2010 рр. Альтернативою скошуваній цілині залишився розораний лучний ґрунт під кукурудзою (8 – город), сіяними травами (7) та некошений дозрілий травостій (6). У «Рязановій балці»: 1) контроль – волошково-шавлієво-конюшинова у 2009 р. і 2010 р.; 2) N – нечуйвітрево-рокитниково-конюшинова у 2009 р. і ястребинково-рокитниково-щавлево-конюшинова у 2010 р. (NPK); 3) NCa – реп'яшково-лещицево-конюшинова у 2009 р. і 2010 р. (NPKCa); 4) NNa – шавлієво-деревієво-тонконогова у 2009 р. (у 2010 р. з реп'яшком – NPKNa).

Отава 2010 р. вур. Цикалове: 1) геранієво-осоково-кострицева; 2) підмаренниково-конюшиново-родовикова; 3) підмаренниково-осоково-розхідникова; 4) розхідниково-осоково-родовикова; 6) бугилево-кострицева; 7) кострицево-дивинно-житнякова; 8) кукурудза; 9) осока берегова; 10) очерет; 11) жовтушникові-кострицева; 12) щавлево-кострицева; 13) кострицево-дивинно-житнякова; 14) дивинно-гикавково-житнякова; 15) лещицево-гикавко-житнякова; 16в і г) – кропивна і полиново-різнотравна.

Отава Рязанової балки: 1к) волошково-шавлієво-конюшинова; 2к) нечуйвітрево-рокитниково-щавлево-конюшинова; 3к) реп'яшково-лещицево-конюшинова; 4к) шавлієво-деревієво-реп'яшково-тонконогова.

У таблиці 1 наведено вміст біогенних елементів у різних за видовим складом цілинних травостоях ур. Цикалове та «Рязанова балка».

Азот. На контролі лучного ґрунту центральної заплави вміст Нітрогену в лучних травах 2010 р. був таким же, як і в попередньому 2009 р. – 1,50 %. Це більше за 2008 р. (1,15), але менше за 2004-2006 рр. (2,30-2,46). Дещо вищим (1,80-1,90) був вміст Нітрогену на неудоженних варіантах 7 і 8, однак у кукурудзі на лучному агроземі його вміст виявився найбільшим для

центральної заплави – 2,40 % (в 2,2 рази більше 2006 р.). Мезогідрофіти болотного ґрунту (вар. 10) також були збагачені азотом (2,10 %, в 1,5–2,5 рази більше за попередні роки). Така ж тенденція помічена у прируслов'ї – 2,40 % на контролі (11 вар., лучний супіщаний ґрунт) і 2,00 – на дерновому піщаному ґрунті (13 вар. – найбільший вміст азоту у псамофітах за 2004-2010 рр.). Внесення нітроамофоски в обох випадках спричинило зменшення вмісту азоту в травах (1,85 і 1,65 % відповідно на вар. 12 і 14). Добавка Са до NPK (нітроамофоска + гіпс) призвела до підвищення вмісту азоту до 2,40 %. Нітрофільна кропива на угноєному піщаному ґрунті (16 г) вміщувала 4,70 % азоту (найбільший його вміст за 2004-2010 рр.). Багато, але дещо менше (3,60 %) азоту вміщували чагарникові асоціації (16 в).

Травостої на схилеземних ґрунтах Рязанової балки вміщували у 2010 р. однакову кількість (2,30 %) азоту на контрольному (1к) і удобреному (NPK – 2к) варіантах. Це більше, ніж в ур. Цикалове, або на тому ж рівні (1,50-2,50 %, якщо не рахувати кропиву – 3,60-4,70 %). Добавка Са до NPK сприяла збільшенню вмісту азоту в травостоях до 2,48 %, а Na, навпаки, – його зменшенню (1,30 %). Вміст азоту в травах Рязанової балки у 2009 р. був рівним 1,49 % на вар. 1к–3к і 1,31 % на NPK+Na (на вар. з Na тенденція зменшення вмісту азоту була аналогічною у 2009 і в 2010 рр.).

Фосфор. На контролі лучного ґрунту центральної заплави вміст фосфору в травах 2010 р. виявився найбільшим за всі роки спостережень з 2004 р. – 0,39% (у шість разів більше його вмісту в травах 2009 р. (при тому, що вміст азоту в ці роки був однаковим). Аналогічним був вміст фосфору на вар. 6 і 7, а в кукурудзі ще більшим (0,46 %, як і в 2006 р.). Меншим (0,25 %) був вміст фосфору в рослинах 2010 р. з болотного ґрунту (такі ж показники були у 2006 і 2009 рр. і значно меншими у 2009 р. – 0,07 %).

Значно менше фосфору виявлено у 2010 р. у травах прируслов'я – 0,15 % на неудоженому 11 вар. (лучний супіщаний ґрунт) і 0,30 – на дерновому піщаному ґрунті (13 вар.) – це у 2-4 чотири рази більше, ніж у 2009 р. і майже однаково з 2004-2008 рр. Зауважимо, що й вміст азоту у псамофітах 2010 р. виявився найбільшим за період 2004-2010 рр. Внесення NPK (нітроамофоски) сприяло збільшенню вмісту фосфору в травах в 3,5 рази проти контролю на варіанті 12 (0,54 %) і майже не змінило його вміст на вар. 14 (0,23 %). Це при тому, що в обох випадках вміст азоту в травах прируслов'я зменшувався (1,85 і 1,65 % відповідно на вар. 12 та 14). Добавка кальцію (нітроамофоска + гіпс) сприяла підвищенню вмісту фосфору в травах 15 вар. до 0,40 %. Це більше ніж 0,23 % на вар. 14 з одним

НРК (тут же був і найбільший у прируслов'ї вміст азоту – 2,40 %). Нітрофільна кропива на угноєному дерновому піщаному ґрунті (вар. 16г) вміщувала 1,10 % фосфору – як і по азоту, це найбільший виявлений його вміст у заплавних травостоях. Також багато, але дещо менше (0,95 %), як і

у випадку з азотом, вміщували фосфору чагарникові асоціації на цьому ж ґрунті (16 в).

Травостої на схилі Рязанової балки вміщували у 2010 р. приблизно однакову кількість фосфору на всіх варіантах (1к – 4к): 0,36 – 0,41 %, що значно більше, ніж у 2009 р. (0,06 – 0,09).

Таблиця 1

Уміст біогенних елементів в кормових гігроземофітах першого укусу, %

Ур. Цикалове

%	Рік	1	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16г	16в
N	2004	2,30	1,71	4,61			1,90		1,39				
	2005	2,39	1,98	1,92			1,63		1,85				
	2006	2,46	1,77	1,06	1,07	0,79	1,79		1,08				
	2008	1,15	1,07	1,12		1,52	1,00		1,48				
	2009	1,50	-	1,31	-	1,37	1,38		1,40	1,51	1,61	1,52	1,43
	2010	1,50	1,90	1,80	2,40	2,10	2,40	1,85	2,00	1,65	2,40	4,70	3,60
P ₂ O ₅	2004	0,30	0,25	0,17			0,25		0,21				
	2005	0,21	0,19	0,16			0,23		0,16				
	2006	0,30	0,25	0,22	0,51	0,28	0,18		0,12				
	2008	0,23	0,24	0,24		0,25	0,25		0,23				
	2009	0,06		0,08		0,07	0,06		0,07	0,07	0,08	0,07	0,06
	2010	0,39	0,40	0,32	0,46	0,25	0,15	0,54	0,30	0,23	0,40	1,10	0,95
K ₂ O	2004	1,34	1,17	1,66			1,76		1,16				
	2005	1,53	0,73	1,59			1,72		0,97				
	2006	0,86	1,43	1,37	2,80	2,00	0,93		0,29				
	2008	1,9	2,0	1,9		1,9	2,0		1,8				
	2009	0,56		0,63		0,60	0,50		0,55	0,69	0,71	0,62	0,50
	2010	1,00	0,50	0,40	0,60	0,90	0,50	0,70	0,50	0,45	0,48	1,00	1,30
Ca	2010	1,07	0,80	0,80	0,80	1,60	0,80	1,10	0,78	1,05	1,42	2,00	1,20
Mg	2010	0,21	0,16	0,16	0,16	0,32	0,16	0,22	0,16	0,21	0,30	0,40	0,24

Рязанова балка

%	Рік	1к	2к	3к	4к
N	2009	1,41	1,49	1,49	1,31
	2010	2,30	2,30	2,48	1,30
P ₂ O ₅	2009	0,06	0,06	0,07	0,09
	2010	0,41	0,36	0,41	0,37
K ₂ O	2009	0,60	0,53	0,58	0,66
	2010	0,68	0,70	0,62	0,85
Ca	2010	0,85	1,02	1,18	1,12
Mg	2010	0,18	0,19	0,24	0,22

Примітка до табл. 1-2: Ур. Цикалове, заплава: 1-8 – центральна (лучні алювіальні ґрунти; цілинні 1-6); 10 – заболочена; 11 – 16 – прируслова (11 – 12 – лучний супіщаний ґрунт; НРК – 12 вар.; 13 – 16 – дерновий піщаний шаруватий: 13 - без добрив; 14 – НРК, 15 – НРК+Са; 16 – НРК+Na; 16в – гній; 16г – без добрив (кропива)

Цілинні ґрунти з варіантами післядії різних тукоsumішок, щорічно внесених навесні (1978-1992 рр.) по поверхні природних лучних травостоїв: Лучні суглинисті ґрунти центральної заплави: 1) неудобрені; 2) (НРК)₆₀; 3) (НРКСа)₆₀; 4) (НРК+Mg,Na)₆₀; 5) (PK)₆₀Mo.

Лучні супіщаніта дернові піщані шаруваті ґрунтиприруслов'я: 11, 13) неудобрені; 12, 14) (НРК)₆₀. Неудобрені агроземні ґрунти центральної заплави: 6) періодично некошений луг; 7) сійний (1975) луг; 8. Рілля (кукурудза, гарбузи, картопля), неудобрені цілинні ґрунти заболоченої заплави: 9) лучно-болотний та 10) болотний ґрунти (під мезогігрофітними угрупованнями).

Асоціації: 2004 р. (1 укіс): 1 – ЖТн – жовтецево-тонконогова, 2 – РдКт – родовиково-китникова, 3 – ЖКн – жовтецево-конюшинова, 4 – РдКт – родовиково-китникова, 5 – КнЧ – конюшиново-чиноволучна, 6 – ККн – кострецево-конюшинова, 9 – ВКр – валеріаново-кропивна, ГрК – грястицево-кострецева, 10 – Пн – півникова, 11 – КТн – кострецево-тонконогова, 13 – Жт – житнякова.

2004 р. (отава): 1 – тонконогово-геранієва, 2 – геранієво-тонконогова, 3 – буквицево-тонконогова, 4 – конюшиново-тонконогова, 5 – буквицево-конюшиново-тонконогова, 9 – буквицево-геранієво-тонконогова, 13 – різно-травно-люцернова асоціації.

2005 р.: 1 – ПдК – підмаренниково-кострецева, 2 і 3 – ГК – горошково-кострецева, 4 – ПдЖ – підмаренниково-жовтецева, 5 – Рд – родовиково-підмаренникова, 6 – КР – кострецево-різнотравна, 7 – ТКн – тимофіївково-конюшинова, 9 – Кр – кропивна, РдК – родовиково-кострецева, 10 – ЖтПн – живокостово-півникова, 11 – підмаренниково-щавлева, Жт – житнякові.

2006 р.: 1 – РдЖГ – родовиково-жовтецево-горошкова, 2 – ГЖПд – горошково-жовтецево-підмаренникова, 3 – ПдЖ – підмаренниково-жовтецева, 4 – КтЖ – китниково-жовтецева, 5 – КтЖГ – китниково-жовтецево-горошкова, 6 – КР – кострецево-різнотравна, 7 – ТК – тимофіївково-китникова, 8 – Кк кукурудза та ін., 9 – Кр – кропивна, дягелево-залізнякава, ПдРЖ – підмаренниково-родовиково-жовтецева (з валеріаною – В), ЗРЧ – злаково-різнотравно-чинова, 10 – ЗР – злаково-різнотравна, Жк – живокостова, півниково-живокостова, Пн – півникова та ін. (очерет – О), 11 – ПдТн – підмаренниково-тонконогова, 13 – КнЩ – конюшиново-щавлева, Жт – житнякава, з дивинною – Д та ін.

2008 р.: 1) контроль – тонконогово-підмаренниково-конюшинова (зі шпажником) (ТнПдКн); післядія: 2) NPK – щавлево-грястицево-підмаренникова (зі щавлем) – ЩГрПд; 3) NPKCa – родовиково-тонконогово-конюшинова (РдТнКн); 4) NPKMgNa – кострецево-родовиково-підмаренникова (КсРдПд); 5) РКМо – конюшиново-тонконогово-підмаренникова (КнТнПд); 6 – родовиково-цибулево-тонконогова (РдЦТн); 7 – тонконогово-тимофіївкова (ТнТм) з (куртинами конюшини); 8 – городина (кукурудза тощо); 9) жовтецево-кострецева (ЖтКс) з горошком, валеріаною, кропивою; 10) осокова з куртинами живокосту, півників тощо; 11 – кострецеволучна (Кс); 13) конюшиново-щавлева (КнЩ) та інші псамофітні асоціації. Альтернативні скошуваний цілині – розораний лучний *агрозем* (8), сіяні трави (7), некошений луг (6).

2009 – 2010 рр. (поновлено удобрення прируслов'я та **Рязанової балки** – див. текст).

Калій. На контролі лучного ґрунту центральної заплави вміст калію досяг у 2010 р. 1,00 %, що вдвічі більше ніж у 2009 (0,56) і втричі – у 2006 р. (0,30), але менше ніж у 2004, 2005 і 2008 рр. (1,15 – 2,39 %). І вміст фосфору тут виявився найбільшим за всі роки спостережень (вміст азоту був однаковим). На вар. 6 і 7 та в кукурудзі вміст К був меншим (0,40 – 0,60 %). Для вар. 7 вміст 0,40 % є мінімальним (на рівні вмісту фосфору в травах 1-8 вар.) за роки спостережень (2004-2010) – при тому, що на вар. 6-8 зафіксовано найбільший відсоток фосфору – 0,46 (як і в 2006 р.) і нітрогену – 2,40 (найбільший показник для центральної заплави – в 2,2 рази більше за 2006 р.). Майже стільки ж (0,90 %) калію виявлено в мезогігрофітах 10 вар. (більше 2009 р., але вдвічі менше, ніж у 2006 – 2008 рр.).

Псамофіти у 2010 (як і в попередні роки), були збіднені калієм – 0,50 % на 11 вар. (як у 2009 р., але в три-пять разів менше за 2004-2008 рр. – 0,93-2,00 %). І стільки ж (0,50 % – як у 2009 р.) на контролі піщаного ґрунту (13 вар.). Це вдвічі більше 2006, але менше 2004, 2005 і 2008 рр. Вище показано, що вміст фосфору в травах прируслов'я – 0,15 % на неудобреному 11 вар. (лучний супіщаний ґрунт) і 0,30 – на дерновому піщаному ґрунті (13 вар.) – навпаки, у 2-4 рази перевищував 2009 р. і був майже однаковим з 2004-2008 рр. (коли вміст калію у травах збільшувався до 0,93 – 2,00 %). Уміст азоту (як і фосфору) у псамофітах 2010 р. був також найбільшим за 2004-2010 рр.). Внесення нітроамофоски сприяло збільшенню вмісту калію в травах 12 вар. з 0,50 до 0,70 % і не вплинуло на його вміст у травах 14 і 15 вар. на піщаному ґрунті (0,45-0,48 %). Це при тому, що вміст *фосфору* в травах 12 вар. (NPK) збільшився в 3,5 рази проти контролю (до 0,54 %), майже не змінившись

(0,23) на вар. 14 (NPK). По *азоту* в обох цих випадках, навпаки, спостерігалось зменшення вмісту К в травах удобрених легких ґрунтів (1,85 і 1,65 % N на вар. 12 та 14, а добавка Ca до NPK підвищила вміст фосфору на 15 вар. до 0,40 % проти 0,23 % на вар. 14 (NPK); на варіанті з Ca був і найбільший у прируслов'ї вміст азоту – 2,40 %). Нітрофільні кропива (16 г) та різнотравні (15 в) асоціації споживали *калій*, як і N та P у найбільших кількостях: 1,00 – 1,30 % (проти 0,50-0,65у 2009 р.)

Травостої Рязанової балки споживали К у 2010 р. подібно фосфору – приблизно однаково на перших трьох варіантах, включаючи удобрені (1к – 3к): 0,62 – 0,70 %, але такий уміст калію був аналогічним 2009 р., хоч уміст фосфору у 2010 р. (0,36 – 0,41 %) був значно більшим за 2009 (0,06 – 0,09). На вар. 15 (NPK+Na) вміст калію підвищувався до 0,85 %. Загалом показники по калію нагадували його вміст в травах ур. Цикалове, за винятком псамофітів прируслов'я (мінімум калію) та кропиви і різнотрав'я на цих легких ґрунтах, де вміст К був максимальним (як і азоту та фосфору).

У 2010 р. було доповнено набір аналізованих поживних елементів *кальцієм* і *магнієм*, з огляду на їх важливу та різнобічну роль в обміні речовин (для кальцію маловивчену). На відміну від К кальцій концентрується в *старих* тканинах, регулює кислотно-лужний баланс і фізіологічний розчин клітин, виступає антагоністом К, Mg та Na. О.Н. Соколовський назвав кальцій «сторожем» родючості ґрунту і нормального фізіологічного стану рослин. На відміну від NPK, нестача Ca позначається передусім на кореневій системі. Mg відіграє не менш суттєву роль, як сладовий елемент хлорофілу, активний учасник фотосинтезу, головний активатор багатьох ферментів,

зберігає вкупі з Ca та Co структуру рибосом, до яких передається закодована в ДНК інформація про спадковість. Найчастіше від дефіциту магнію страждають рослини на піщаних і супіщаних ґрунтах, які розповсюджені у т.ч. й на прирусловій заплаві та схилових екосистемах Лісо-степу. Дефіцит Mg неодмінно посилюється при надмірному внесенні калійних добрив.

Кальцій на контролі лучного цілинного ґрунту центральної заплави споживався у більших кількостях, ніж літофільний калій – від 0,78 до 1,60 % у найбільш розповсюджених угрупованнях ур. Цикалове і схилових екосистемах Рязанової балки (тут його вміст був дещо меншим, або таким же як у Цикаловому: 0,85 – 1,18 %). Найбільше Ca (2,00 %) виявлено у кропиві (як і K, N, P). У різнотрав'ї на піщаному ґрунті його вміст (1,20 %) був меншим за калій (1,30). NPK (12 вар.) сприяло збільшенню вмісту Ca в травах на супіщаному (до 1,10 проти 0,80 % на вар. 11 без добрив) і піщаному (1,05 і 1,42 % проти 0,78 на вар. 13) ґрунтах. Найбільше Ca (1,42 %) було на вар. 15 (нітроамофоска+гіпс).

Магній – його вміст у травах був найменшим серед біогенних катіонів (0,16 – 0,40 %) з тенденцією до підвищення на удобрених варіантах (0,22 % на вар. 12 проти 0,16 на вар. 11 супіщаного ґрунту; 0,21 – 0,30 % на вар. 14 і 15 проти 0,16 на вар. 13).

Результати визначення вмісту важких металів (ВМ) кадмію та цинку у травах за 2004-2006 рр. наведені в табл. 2 (в тексті для зручності вживаються мкг/100 г повітряно сухих трав (ПСТ)).

Кадмій – помічено поваріантні коливання вмісту у травах від 4-14 до 25 мкг/100 г пст. Це був найменший вміст серед визначених нами [3-5] п'яти ВМ (Cd, Pb, Cu, Zn, Sn). Найменшу кількість кадмію вміщували півники на болотному ґрунті (4 мкг/100 г) при тому, що злаково-різнотравні (ЗР) та живокостові (Жк) гігомезофітні угруповання поглинали Cd на цьому ґрунті

у значно більших кількостях (до 15 мкг/100 г). Ще більше (у 6,5 раз) виявлено кадмію у травосто-ях на лучних ґрунтах різного гранскладу центральної та прируслової заплави – 25 мкг/100 г у кострицево-різнотравній (КР) асоціації періодично кошеного луку (6 вар.) і 23 мкг – у підмаренниково-тонконоговій (ПдТн) асоціації прируслов'я (11 вар.). Мало Cd (5-8 мкг/100 г) вміщували травостої з участю бобових в прирусловій (конюшиново-щавлева КнЩ асоціація 13 вар.) і центральній заплаві. Це варіанти контролю (1 вар.), післядії NPK (2 вар.), NPK+Mg,Na (4 вар.), сіяного луку (7 вар.), кукурудза на 8 вар. На Ca-вмісних варіантах вміст Cd у травах значно підвищувався – 14 на NPK+Ca і 10 мкг/100 г на РКМо (5 вар.).

Цинк, на відміну від Cd, поглинався кормовими травами у 2006 р. у найбільшій (серед аналізованих ВМ) кількості (4500-7000 мкг/100 г). Винятком був рогіз (2000 мкг). На варіантах післядії закономірності його поглинання відрізнялися від минулих років – тоді вміст Zn в раніше удобрених травах знижувався, а в 2006 р., навпаки, підвищувався: найбільше (до 5400 мкг/100 г) на безазотистому варіанті РКМо. Підвищеним (до 7000 мкг/100 г) проти травостоїв центральної заплави був вміст Zn у гігрофітах заболочених ґрунтів та у псамофітах. У попередні 2004-2005 роки, навпаки, на цих варіантах формувалися травостої зі зниженим вмістом цинку: 140-1000 мкг (найнижчий за три роки вміст цього важливого мікроелементу-важкого металу).

Поглинання Cd та Zn, отавою (30.07.04 р.) дещо відрізнялося від їх поглинання травами першим укосом. Отава інтенсивніше поглинала Cd на неудобрених варіантах у порівнянні з удобреними. Вміст цинку в отаві теж знизився на цілинному ґрунті центральної заплави, або ж залишився таким, як і в першому укосі (35 мг/кг на РКМо). Однак у гігромезофітах (9) і псамофітах (13) вміст Zn (100-110 мг/кг) був вищим ніж у першому укосі.

Таблиця 2

Вміст цинку і кадмію в лучних кормових травах ур. Цикалове, мг/кг

Варіант	2004-1 укіс		2004-отава		2005		2006		2008		2009	
	Zn	Cd	Zn	Cd	Zn	Cd	Zn	Cd	Zn	Cd	Zn	Cd
1	61	0,07	26	0,21	10	0,14	45	0,08	2,9	0,21	9,4	0,23
2	53	0,06	25	0,20	7,8	0,13	47	0,08	12,5	0,19	2,7	0,44
3	44	0,05	30	0,10	5,1	0,10	51	0,14	12,3	0,21	2,2	0,44
4	25	0,07	28	0,10	8,6	0,06	52	0,07	14,4	0,22	6,3	0,33
5	30	0,05	35	0,08	3,0	0,04	54	0,10	9,8	0,25	5,7	0,20
6	18	0,04	x	x	1,0	0,08	57	0,25	7,6	0,16	x	x
7	x	x	x	x	7,5	0,16	60	0,05	7,7	0,12	3,7	0,08
8	x	x	x	x	37,5	x	59	0,06	x	x	x	x
9	26	0,05	110	0,06	7,4	0,10	58	0,06	9,5	0,14	5,1	0,18
10	23	0,08	x	x	7,0	0,20	65	0,15	11,2	0,35	5,4	0,27
11	24	0,06	x	x	8,7	0,18	67	0,10	8,3	0,25	5,4	0,22
13	30	0,05	100	0,06	8,1	0,2	58	0,05	8,6	0,21	x	x

Тож можна висловити припущення, що на алювіальних ґрунтах ур.Цикалове спостерігається певна закономірність у споживанні лучними травостоями Cd та Zn – при появі дефіциту рухомих форм Zn в ґрунтах трави починають споживати у більшій кількості Cd, який здатен заміщати Zn у цинквмісних ферментах. Цинк, як біогенний мікроелемент, легко реагує практично з усіма рецепторами (лігандами), утворюючи всілякі комплексні сполуки з важко передбачуваною стабільністю. Цей важкий метал-мікроелемент, як і інші двовалентні катіони, активно реагує з аміно-іміно-Н-групами протеїнів. Деякі з цих двовалентних катіонів (передусім Cd) якраз і здатні конкурувати з Zn за місця у металоферментах [6-8].

Кадмій для людини і тварин однозначно є кумулятивною отрутою, через що його вміст в харчових і кормових рослинах вивчається досить ретельно. Основними джерелами надходження кадмію в навколишнє середовище є гірничо-металургійні комбінати, підприємства з виробництва барвників, кадмієво-нікелевих акумуляторів, мінеральних добрив, а також теплові енергетичні установки, самі мінеральні добрива, тютюновий дим, вихлопні гази автівок. Як показала О.М. Ситіна [8] городинка, вирощена в межах Луганська (великого міста, де розташовані забруднюючі підприємства) поглинає кадмій значно інтенсивніше, ніж інші небезпечні елементи – картопля і морква в таких умовах накопичують небезпечний метал у кількостях, які вчетверо перевищують гігієнічні нормативи. Це викликає занепокоєння щодо біологічної якості вирощуваної продукції та загалом екологічної ситуації, що складається в таких районах.

Забруднення кадмієм ґрунтів розглядається як дуже серйозна небезпека здоров'ю людей. В антропогенних умовах вміст кадмію в поверхневому шарі ґрунтів зазвичай зростає. Вважається, що кадмій не входить до числа необхідних рослинні поживних елементів, однак він легко поглинається їх кореневими системами і листям. Підвищений вміст кадмію в рослинах одразу ж спричинює затримку росту, ушкодження коренів, хлороз листя, червоно-буре забарвлення їх країв або прожилок [6, 8].

Висока фіто токсичність Cd пояснюється його хімічною близькістю до Zn через схожість електронних конфігурацій. Тож винос Cd рослинами детермінується не стільки його вмістом у ґрунті (зазвичай незначним), скільки потребою конкретної рослини в мікроелементі цинку.

Таким чином, можна говорити про мімікрію на електронному рівні – і тоді, коли кадмій завоюється рослинами з ґрунту і тоді, коли цей екоцидний важкий метал надходить до організ-

му людини або тварини. Схожість електронних конфігурацій (а це дві передостанні орбіти) якраз і сприяє тому, що кадмій здатен заміщувати цинк у деяких металоферментних комплексах, зокрема тих, що контролюють репродуктивну функцію, а також у багатьох інших біохімічних процесах. При цьому інгібується активність ферментів, які беруть участь у білковому обміні, та ферментів нуклеїнового обміну. Заміщення цинку кадмієм в рослинах призводить до цинкового дефіциту, що в свою чергу викликає їх пригнічення і навіть загибель [6].

Стабільність же репродуктивної системи являється імперативною передумовою збереження життя як планетарного феномену. Отже, той факт, що ця життєзабезпечувальна система з такою легкістю здатна «пропускати» перші екоцидні удари, свідчить про те, що захисні механізми першого ешелону не спрацьовують через те, що просто не помічають небезпеки. І лише, починаючи з певних загрозливих концентрацій, підключаються досконалі захисні механізми (детоксифікаційні системи на зразок металотіонеїну, цитохрому P-450 тощо), які достатньо ефективно (до певних концентрацій, безумовно) контролюють процес проникнення в рослини вочевидь фітотоксичного кадмію. Не виключено, що вміст поглинутого рослиною кадмію, в решті-решт контролюється саме запуском цієї більш досконалої системи контролю біозахисту.

І якщо ґрунтово-екологічним моніторингом виявлено (загалом в екологічно стабільних регіонах), скажімо три-чотирікратне перевищення ГДК по кадмію, то це може діагностувати передусім дефіцит доступного для рослин цинку (і вже значно потім – надлишок Cd).

Висновки. Фітоіндикаційні процедури, доповнені хімічними показниками (вміст головних біогенних та інших елементів) підтвердили стабільне функціонування на різних видах і варіантах цілинних ґрунтів заплачних і схилових екосистем (у т.ч. й агрохімічноокультурюваних) розмаїтих гігомезофітних травостоїв кормового призначення. Фітоіндикація чітко розрізняє цілинні варіанти ґрунтів (з екологічно знаковим біогеогеографічним дернини), їх агроземних аналогів та варіантів фітоагрохімічного окультурювання (NPK, NPKCa, NPKNa, гній тощо).

Дернина є унікальним і раритетним екогенетичним горизонтом, який пом'якшує амфібійно-алювіальні впливи, а на схилах протидіє ерозії сприяє формуванню специфічних схилоземних ґрунтів повнопрофільних, але вкорочених. Розорані (агроземні) ґрунти, за фітоіндикаційними оцінками, втратили ознаки біогеоценотичної стабільності.

Хімічний склад травостоїв коливається по варіантах (цілинні й агроземні, зокрема агрохімічноокультурювані), видах заплавлених і схилоземних ґрунтів (мозаїчність) і по роках (динамізм, флуктуації). Серед біогенних елементів найбільшим був уміст азоту, дещо меншим – калію, ще меншим – фосфору.

Кальцій подекуди споживався травами у більших кількостях, ніж фітофільний калій. Найбільше кальцію (як і азоту, фосфору, калію) споживає кропива.

Уміст магнію був найменшим з тенденцією підвищення на удобрених варіантах. Загалом добрива коригували вміст у травах азоту, фосфору, калію, кальцію та магнію.

На підставі отриманих даних висловлено думку щодо перспективності ретельного вивчення поведінки кадмію в трофічному ланцюгу «ґрунт – рослина – тварина – людина», зважаючи на те, що цей важкий метал є не лише одним з найбільш екоцидних хімічних елементів, але й здатен до біологічно підступної мімікрії через конкурентні властивості з вочевидь біофільним цинком, маючи таку ж високу транслокаційну здібність. Це особливо актуально для заплавно-ландшафтних екосистем, які в річковій долині найбільш перевантажені сполуками цих елементів.

Зроблені висновки потребують подальшого підтвердження, узагальнення та поглиблення.

Список літератури:

1. Чеканова М.Н. Современные представления о биологическом действии металлов / Фролова А.Д. // Гигиена и санитария. – 1986. – С. 18-21.
2. Кирилук Л.И., Буганов А.А., Бантина В.К.: и др. Биоиндикаторная роль растений в оценке загрязнения почв малых северных городов // Гигиена и санитария. – 2008. – С. 18-21.
3. Горін М.О. Спроба екологічної оцінки заплавлених мезофітів кормового призначення за хімічним складом // Зб. наук. пр. Львів.НУ ім. І.Франка. Сер. «Гене-за, географія та екологія ґрунтів». – Львів, 2008. – С.196-203.
4. Горін М.О., Васюков О.Є. Сучасні підходи до оцінки екологічного стану заплавлених екосистем за хімізмом їх компонентів // Вісник ХНАУ. – 2009. – № 12(2) – С.32-40.
5. Горін М.О., Ольховський Г.Ф. Хімізм озимої пшениці та лучних травостоїв кормового призначення при агрохімічному окультурюванні ґрунтів (екологічний аспект) // Вісник ХНАУ. – 2009. – № 3. – С.115-126.
6. Петрунина Р.И., Зверин Н.Г. Миграция соединений кадмия в модельном агробиоценозе // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Тр. II Всесоюзного совещания. – Обнинск (ноябрь, 1978). – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – С. 182-191.
7. Лукин С.В., Евтушенко Е.В., Солдат И.Е. Накопление кадмия в сельскохозяйственных культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы // Агрохимия. – 2000. – № 2. – С. 73-77.
8. Ситіна О.М. Міграція важких металів у системі ґрунт-рослина техногенних ландшафтів (на прикладі м. Луганська) // Автореф. дис. канд. біол. наук. – Харків, 2010. – 20с.

THE STATE INDICATION OF ECOLOGICALLY VULNERABLE SOILS OF THE NATURAL PROTECTED FUND ACCORDING TO THE SPECIES AND CHEMICAL STRUCTURE OF FORAGE MEADOW GRASS

M.O. Gorin, D.M. Prihodtchenko

The indication of ecological state of flood plains, slope and land soils according to the species and chemical structure of hygromesophetic forage grass has been adduced. The fertilizers correct the content of biogenetic elements in grasses. The search of ecological and biogeochemical conformities to natural laws concerning the plant absorption of zinc and cadmium with other heavy metals and biophyl elements in flood plains ecosystems where the compounds of the elements are excessive is considered to be prospective.

Keywords: virginsoils, ecosystems, fertilizers, biogenic elements, cadmium, zinc, heavy metals, pollution, meadow foragegrass, phytoindication, ecological state

Одержано редколегією 17.11.2011