

Лабораторна робота 1

Методика біодіагностики навколишнього середовища за фенотипами

(Екологія: методичний посібник для проведення лабораторних робіт / [укл.О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 56 с.)

Мета роботи: ознайомитися з поняттям фенотипу та методикою діагностики за фенотипом. Визначити рівень забруднення навколишнього середовища за допомогою фенотипів конюшини.

Теоретичні відомості

Фенотип (від греч. *phaino* — виявляю, *typos* — форма, відбиток зразок) — сукупність всіх внутрішніх і зовнішніх ознак і властивостей індивіда, що сформувалися на базі генотипу в процесі індивідуального розвитку та служать одним з варіантів реакції організму на зовнішні умови.

На рис. 1 наведено фенотипи конюшини білої, що розрізняються по малюнку на пластинках листя (за Т. Я. Ашихміною й ін.)

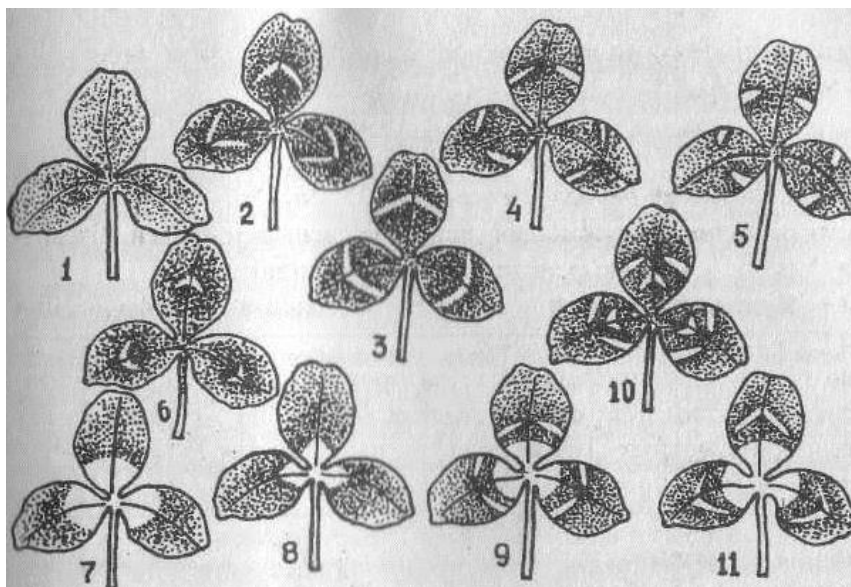


Рис. 1. Фенотипи конюшини білої

При одному і тому ж генотипі в певних межах можливі незліченні варіанти фенотипів. Набір фенів (рис. 2), тобто набір варіантів деякої ознаки або властивості виду, що відрізняються один одного, може бути найрізноманітнішим (наприклад, колір насінин гороху, форма й розташування плям на крилі в метелика або на спині в ящірки, форма окремих лусочок у покриві риб або рептилій).

Антропогенні впливи на середовище існування живих організмів викликають прискорення мутаційних процесів у різноманітних видів рослин і тварин, що виражається в розширенні набору фенотипів, збільшенні частоти, з якою вони зустрічаються, появу в популяціях специфічних фенотипів, обумовлених антропогенним впливом. Подібні фенотипи є біоіндикаторами ступеню антропогенного забруднення довкілля.

Завдання 1. Виберіть на місцевості кілька пробних ділянок 100×100 м, які знаходяться на різних відстанях від антропогенних джерел забруднення ґрунту. Проведіть їх обстеження з метою виявлення різних фенів білої конюшини. Розгляньте всі куртини конюшини в межах вибраної ділянки. Врахуйте переважаючі різновиди малюнків на листочках конюшини. Всі дані занесіть в таблицю, відповідно до номера фенотипу (рис. 2). При обстеженні відзначте наявність рослин-мутантів із чотирма, п'ятьма й більше листочками, наявність фенів конюшини з якими-небудь унікальними ознаками (наприклад, з малюнком червоного кольору) і т.д. Отримані дані запишіть в таблицю.

№ фену	наявність	Загальна кількість фенів	Частота зустріч., Рі, %
--------	-----------	--------------------------	-------------------------

1 – без малюнку			
2 – гострий кут			
3 – тупий кут			
4 – смужки від краю пластинки, наближені до центру			
5 – смужки на краю пластинки			
6 – маленький куточок в центрі листочка			
7 – пляма в основі пластинок листа			
8 – маленька пляма в основі пластинок			
9 – смужки від краю пластини з плямою в центрі сполучення листочків			
10 – смужки від краю листка з куточком на середині			
11 – тупий кут з плямою в основі пластинок листа			
12 – нові форми			

Визначте частоту зустрічальності та індекс співвідношення фенів (ІСФ) – сумарну частоту зустрічальності всіх фенотипів з малюнком у відсотках, використовуючи наступні формули:

$$P_i = 100 \times n_i / N$$

Де P_i – частота, з якою зустрічається i -й фен, %;

n_i – кількість обстежених куртин з i -м малюнком фену на листяній пластинці;

n_1 – число рослин без блідого малюнку;

N – загальна кількість всіх обстежених куртин конюшини.

$$ІСФ = 100 \times (n_2 + n_3 + n_n) / N \text{ (в \%)}$$

Нанесіть на картосхему місцевості джерела забруднення пробних ділянок; покажіть для кожної з них величину ІСФ, розраховану за формулою.

Виконайте аналіз отриманих результатів.

Обґрунтуйте наявність і поширення фенів конюшини та виявлених рослин-мутантів з унікальними ознаками (малюнком червоного кольору, плямами й т.д.) на обстеженій території, вкажіть усі можливі джерела забруднення.

Контрольні запитання і завдання

1. Яка різниця між генотипом і фенотипом.
2. В якому середовищі найчастіше можна зустріти різноманітні фенотипи конюшини білої?.
3. Намалюйте фенотипи конюшини білої, які зустрічаються в вашій місцевості?

Лабораторна робота 2

Визначення органолептичних показників якості питної води

Мета: розглянути екологічну роль води в біосфері, вивчити методику відбору проб питної води та набути практичних навичок визначення органолептичних показників якості питної води

Завдання: провести відбір проб питної води, визначити органолептичні показники якості води та порівняти їх з нормативними.

Матеріали: проби питної води, скляні колби на 200-250 мл з широким горлом, циліндр, термометр, електроплитка, дистильована вода

Теоретична частина

Вода на нашій планеті в великій або малій кількості входить до складу всього живого. Вона бере участь у всіх фізико-хімічних процесах, що відбуваються в організмі. Вода не тільки елемент природного середовища, але й активний геологічний і географічний чинник. Вона є носієм речовини, здійснює роботу. Вода відіграє важливу роль в обміні речовин і енергії між геосферами і різними географічними районами. Вода в природі інколи є з аномальними фізичними і хімічними властивостями.

Завдяки цим властивостям вода визначає всі процеси у водних об'єктах, формує особливості кліматичних та метеорологічних процесів на Землі.

Людина використовує воду для санітарно-гігієнічних, господарсько-побутових та виробничих потреб. Якість води зумовлює стан здоров'я людини. Природні води містять безліч хімічних речовин і деякі з них можуть стати причиною захворювання людини. ГОСТ 2874-82 "Вода питна" нормує вміст хімічних речовин в питній воді, а висновок про якість питної води роблять на основі аналізу всіх груп показників досліджуваної проби води.

Якість питної води оцінюють за трьома групами показників: бактеріологічних, токсикологічних та органолептичних. Вичерпну характеристику якості питної води можна дати після тривалих, складних лабораторних досліджень на спеціальному устаткуванні. Проте основні важливі екологічні параметри визначають на простому обладнанні невеликої кількості показників. Ці фізичні показники якості води відносять до органолептичних, тобто таких, що діють на органи чуття людини: запах і смак, прозорість, мутність, колір.

Відбір проб води. Для повного аналізу відбирають 5 літрів води, для скороченого аналізу 2 літри води у чистий посуд, що закривається. При відборі проб води із свердловин, або із водопровідної мережі відкачують (зливають) воду впродовж 3-5 хвилин для стікання застоюваної води, потім наливають у

банку або каністру попередньо сполоснувши їх водою, котру відбирають. До проби води обов'язково додається паспорт проби, де наводяться дані про дату відбору проби (рік, місяць, число, година, хвилини), місце відбору проби та його географічна прив'язка, визначену температуру води. Проба доставляється в лабораторію в день відбору.

Визначення запаху води.

Характер і інтенсивність запаху води визначають органолептично. Запахи за характером виникнення поділяються на дві групи:

- запахи природного походження, виникнення яких пов'язано з життєдіяльністю водних організмів і при їх відмирання; від впливу берегів, дна, оточуючих ґрунтів, стінок колодязів тощо;

- запахи штучного походження, виникнення яких пов'язані з надходженням у воду стічних вод (фекальний запах), хімічних речовин (запах хлорки, фенольний та інші), при процесах гниття (запах сірководню).

Хід роботи

Пробу води, яку досліджують, доводять до температури 20°C (шляхом природного нагрівання), наливають у колбу 200 мл на 2/3 об'єму, закривають корком, струшують обертовими рухами в закритому стані, відкривають корок, втягують носом повітря з колби та аналізують характер і інтенсивність запаху за таблицею.

Проведення роботи по визначенню запаху проводиться в приміщенні без будь-яких запахів, повинна бути забезпечена відсутність будь-якого запаху від рук, одягу тощо.

Інтенсивність запаху питної води не повинна перевищувати двох балів (ГОСТ 2874-82 "Вода питна").

Таблиця 1

Інтенсивність запаху, смаку або присмаку	Характер вияву запаху	Інтенсивність, бали
Немає	Не відчувається	0
Дуже слабкий	Не відчувається споживачем, але виявляється при лабораторному дослідженні	1
Помітний	Легко відмічається, викликає несхвальний відгук про воду	3
Сильний(виразний)	Змушує утримуватися від пиття	4
Дуже сильний (різкий)	Настільки сильний, що робить воду непридатною до вживання	5

Визначення смаку і присмаку.

Смак води обумовлюється присутністю речовин природного походження або таких, що потрапляють у воду в результаті її забруднення. Смак води формується внаслідок життєдіяльності багатьох мікроорганізмів та за наявності мінеральних речовин. Найсмачніша вважається джерельна чиста, прозора вода, слабо мінералізована і насичена киснем.

Підземні води, які мають тільки неорганічні розчинені речовини, мають специфічний смак, зумовлений наявністю заліза, марганцю, магнію, натрію, калію, хлоридів і карбонатів.

Розрізняють чотири основних види смаку: солоний, кислий, солодкий, гіркий. Всі інші смакові відчуття називають присмаками (рибний, металевий, хлорний та інші).

Смак і присмак визначають у сирій воді, за виключенням відкритих водоймищ і джерел, сумнівних в санітарному відношенні, смак води яких визначається після кип'ятіння і охолодження до кімнатної температури. Смак і присмак хлорованої води визначається через 30 хвилин після введення хлору.

Хід роботи

Воду в кількості 15-20 мл при температурі 20°C набирають в рот, тримають 3-5сек (не ковтаючи), після чого рот прополіскують дистильованою водою.

Інтенсивність смаку і присмаку, як і запаху, встановлюють за п'ятибальною шкалою (табл.1).

Інтенсивність смаку або присмаку води не повинен перевищувати двох балів (ГОСТ 2874-82 "Вода питна").

Визначення кольору та колірності води.

Колірність - це показник якості води, який характеризує інтенсивність її забарвлення і умовленого вмістом забарвлених сполук і виражається у градусах платиново-кобальтової шкали.

Тонкий шар чистої води не має кольору, товстий - блакитний колір. Колір води обумовлюється вмістом гумінових кислот, сполук заліза, завислих і забарвлених відходів виробництва та масовим розвитком водоростей.

Підвищена колірність спостерігається у воді річок з болотним типом живлення.

Якісну оцінку колірності визначають шляхом порівняння її з дистильованою водою. Для цього в дві склянки зі скла без кольору наливають досліджувану і дистильовану воду. На фоні білого листка паперу при денному освітленні оцінюють колір води. При відсутності кольору вода вважається безколірною. Якісно колірність визначають за платиново-кобальтовою або біхромат-кобальтовою шкалою. Оцінюють колірність води в

градусах (табл.2).

Згідно ГОСТ 2874-82 "Вода питна" колірність питної води не повинна перевищувати 20°.

Визначення колірності за біхромат-кобальтовою шкалою

В невеликому об'ємі дистильованої води розчиняють 0,0785 г біхромату калію ($K_2Cr_2O_7$) і 2,0 г сульфату кобальту ($CoSO_4 \cdot 7H_2O$). Розчини солей змішують, додають 1 мл концентрованої сірчаної кислоти і доводять дистильованою водою до 1 літра.

Таблиця 2

Кількість, мл		Градуси колірності
Стандартного розчину	Дистильованої води	
0	100	0
1	99	5
2	98	10
3	97	15
4	96	20
5	95	25
6	94	30
8	92	40
10	90	50
12	88	60
14	86	70
16	84	80

Цей розчин відповідає колірності 500 градусів. 1 мл основного розчину відповідає 5 градусам. Для приготування шкали змішують відповідну кількість основного розчину з дистильованою водою в циліндрах.

Циліндри повинні бути з безбарвного скла однакового діаметру і висоти, які закриваються корками.

В циліндр наливається досліджувана вода і дивлячись зверху на білому фоні розшукують ту шкалу, яка має тотожне забарвлення з досліджуваною водою. Колірність від 1 до 50 градусів виражають з точністю до 2, від 51 до 100 градусів з точністю до 5, від 101 до 250 градусів - до 10°, від 251 до 500 градусів з точністю до 20.

Якщо досліджувана вода має колірність вище 80 градусів, то визначення проводиться після її розведення дистильованою водою. Величина колірності в такому разі отримується шляхом множення результату визначення на кратність розбавлення.

Питання для самоконтролю:

1. Охарактеризувати значення води для господарської діяльності людини.
2. Правила відбору проб питної води.
3. За якими групами показників визначають якість питної води?
4. Які методи визначення органолептичних показників якості води?
5. Яка інтенсивність запаху і смаку в питній воді допускаються згідно ГОСТа.
6. Як впливає якість води на здоров'я людини?

Лабораторна робота 3

Гравіметричне визначення завислих (суспендованих) речовин в природних і стічних водах

Мета роботи: розглянути екологічну роль поверхневої води та набути практичних навичок визначення концентрації завислих речовин в воді.

Завдання: провести відбір проб поверхневої води, визначити вміст завислих речовин в воді та порівняти його з нормативним.

Теоретична частина

Річки живляться, в основному, атмосферними опадами, причому 50-80% із них - зимовими опадами у вигляді снігу, виняток складають гірські річки, які живляться дощовими водами. Стік річок впродовж року нерівномірний. Завислі речовини складаються з частинок глини, піску, мулу, суспензій органічних і неорганічних речовин, планктону та різноманітних організмів. Концентрація завислих речовин пов'язана з сезонними факторами та режимом стоку. Весняна повінь приносить в річки велику частину завислих речовин. Крім природного існує антропогенний шлях надходження завислих речовин у поверхневу воду.

Метод визначення масової концентрації завислих (суспендованих) речовин полягає в фільтруванні проб води через паперовий фільтр, висушуванні проб відфільтрованих частин протягом 2 годин при $t=105\pm 2^\circ\text{C}$ і зважуванні висушеного осаду до постійної маси. Маса висушених завислих частинок повинна знаходитись в межах 10-250 мг.

Відбір проб. Проби води відбирають в об'ємі не менше 2000 см³. Пробу води не консервують. Визначення виконують не пізніше, ніж через добу.

Підготовка до виконання вимірювань

Підготовка паперових фільтрів: встановлюють фільтр в скляну лійку і промивають його дистильованою водою (200 см³). Промитий фільтр вміщують у пронумерований бюкс і висушують в сушильній шафі при $t=105\pm 2^\circ\text{C}$ протягом 2 годин. Закривають бюкс з фільтром кришкою і переносять його в ексікатор для охолодження до кімнатної температури на протязі 30 хв., після чого зважують. Для перевірки сталості маси фільтр повторно висушують в сушильній шафі протягом 30 хв. і зважують. Якщо різниця в двох зважуваннях не перевищує 0,0002 г, фільтр вважають висушеним до сталої маси.

Виконання вимірювань

Перед проведенням аналізу пробу води в посудині енергійно збовтують, після чого швидко наливають в мірні циліндри по 50-200 см³ проби в залежності від вмісту суспендованих (завислих) частин.

Вкладають підготовлений зважений фільтр в скляну лійку і фільтрують через нього відібраний об'єм проби через фільтр "біла стрічка".

Споліскують мірний циліндр декілька разів невеликими порціями фільтрату, переносячи цей фільтрат на фільтр, після чого промивають фільтр 1-2 см³ дистильованої води для відмивання осаду від фільтрату. Далі фільтр з осадом переносять в бюкс, висушують протягом 2 годин при $t=105\pm 2^\circ\text{C}$. Закривають бюкс кришкою і охолоджують в ексікаторі протягом 30 хв. Зважують бюкс з фільтром і осадом. При необхідності (маса осаду більше, ніж 250 мг) проводять повторне висушування протягом 30 хв. Якщо різниця в доважках складає не більше, ніж 0,0002 г, сушіння вважають закінченим.

Обчислення результатів вимірювання

Вміст суспендованих речовин C , мг/дм³ розраховують за формулою:

$$C = (m_1 - m_2) 1000 / V,$$

де: m_1 - маса бюкса з фільтром і осадом, мг; m_2 - маса бюкса з чистим фільтром, мг; V - об'єм води, відібраний для аналізу, см³.

Контроль відтворюваності результатів вимірювань

Контроль відтворюваності вимірювань вмісту суспендованих (завислих) речовин проводять за допомогою нормативів оперативного контролю відтворюваності D . Контроль відтворюваності вимірів проводять за результатами аналізу однієї проби води при одночасному виконанні вимірів вмісту суспендованих речовин двома виконавцями (C_1 , C_2) Рішення про задовільну відтворюваність вимірів приймають при виконанні

умови:

$$C_1 - C_2 < D; \quad D = 2,77a(D^\circ)$$

Значення нормативів контролю відтворюваності результату вимірювання вмісту суспендованих речовин

Діапазон вмісту суспендованих речовин,	$d, \%$
5-50	27,7
вище 50-5000	13.8

Нормою для зважених речовин в поверхневій воді вважається фоновий їх вміст. Відхилення на $0,25 \text{ мг/дм}^3$ вважається нормою.

Питання для самоконтролю

1. Причини накопичення в поверхневій воді зважених речовин.
2. Що означає термін «фоновий вміст» зважених речовин?
3. Чим регламентується скид стічних вод в поверхневі водойми?

Лабораторна робота 4

Способи детоксикації важких металів накопичених у ґрунті

Мета роботи: вивчити основні способи детоксикації важких металів у ґрунті.

Теоретичні відомості

Зберігання головної функції ґунту - забезпечення умов для нормальної життєдіяльності сільськогосподарських культур - в умовах зростаючого забруднення оточуючого середовища стає завданням першочергового значення. Успішне вирішення його залежить, зокрема, від дієвості контролю за надходженням забруднювачів в ґрунт, а із ґрунту - в харчовий ланцюг.

ГДК важких металів - це така їх концентрація, яка при тривалому впливі на ґрунт і рослини, що ростуть на ньому, не викликає яких-небудь патологічних змін чи аномалій в ході біологічних процесів, а також не призводить до накопичення токсичних елементів в сільськогосподарських культурах і, відповідно, не може порушувати біологічний оптимум для сільськогосподарських тварин і людини (табл. 1).

Макаренко Н.А. вказує на те, що валовий вміст ВМ доцільно використовувати для загальної характеристики стану ґрунтів і потенційної небезпечності ВМ. Лише вміст рухомих форм буде зумовлювати рівень їхньої токсичності.

Метали саме у рухомих сполуках негативно впливають на ґрунтовий біоценоз, що неодноразово було доведено вітчизняними і зарубіжними спеціалістами. Згідно з ГОСТ 17 4.1.02-83, у ґрунтах в першу чергу необхідно проводити контроль за вмістом As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn (1 клас небезпечності), у другу чергу - за вмістом B, Co, Mo, Ni, Cu, Sb, Cr (2 клас небезпечності), у третю чергу - Ba, V, W, Mn, Sr (3 клас небезпечності).

Таблиця 1

ГДК важких металів, мг/кг

Елемент	ГДК валових форм		ГДК рухомих форм Кисіль В.І., 1997 (ацетатно-амонійний буфер, рН 4,8)	ГДК валового вмісту в рослинній продукції, мг/кг сух. реч.(Кисіль В.І.)
	Мінєєв, 1990	Черних, Ладинін, 1995		
Cu	100	100	3	5
Ni		50	4	-
Co		50	5	-
Zn	300	300	23	10
Cd	5	3	0,7	0.003
Pb	100	32	2	0.5
Cr	100	100	6	0.3

Існування зворотного зв'язку між вмістом ВМ у ґрунті і врожаєм враховується, наприклад, румунськими дослідниками при класифікації ступеня забруднення ґрунтів (Rauta, Carstea. 1986);

Ступінь забруднення ґрунту	Зниження врожаю і(чи)його якості, %
практично незабруднені	<5
злегка забруднені	6-10
середньо забруднені	11-25
сильно забруднені	26-50
дуже сильно забруднені	51-75
надлишкове забруднення	> 75

Слід зазначити, що згідно з багатьма дослідженнями пороговим слід вважати зниження урожаю на 15-20%, оскільки при цьому відбувається важлива в гігієнічному

плані обставина - накопичення ВМ в частині рослин, що вживаються в їжу, вище ГДК.

Таким чином, вивчення результатів антропогенного забруднення оточуючого середовища в даний час набуло виключно важливого значення, оскільки багато з хімічних інгредієнтів, які накопичуються в повітрі, воді і ґрунтах, є неймовірно небезпечними для живих організмів. На найбільшу увагу заслуговує техногенне накопичення важких металів, особливо в ґрунтах - початковій ланці харчового ланцюга. Так само актуальними є вивчення забруднення сільськогосподарських культур, тому що 70-80% від загальної кількості ВМ, що надходять в організм людини, припадає на рослинну продукцію.

Токсична дія важких металів

Цинк. *Ґрунт:* кларк цинку в земній корі $7 \cdot 10^{-3}\%$. Існує 72 цинкових мінерали (мінеральних видів). Вміст його в ґрунтах залежить від материнської породи, вмісту органічної речовини, реакції ґрунтового розчину. Вміст валового Zn в ґрунтах змінюється від 5,5 до 132,5 мг/кг. Ґрунти України бідні на рухомі форми Zn і мають від слідів до 0,30 мг/кг сухого ґрунту. Zn і Cd є супутниками: чим більше в ґрунті Zn, тим більше в ньому Cd. Відношення Zn до Cd становить близько 1000:1 (Виноградов А.П., 1950). У гумусовому шарі вміст Zn підвищується. За даними наукових установ, цинкові добрива треба вносити в ґрунт тоді, коли вміст у ньому рухомої форми в орному шарі менше 0,3 мг/кг (Власюк П.А., 1964). У зв'язку з можливою шкідливою дією надлишків Zn на живі організми встановлено його ГДК. яке становить 300 мг/кг у ґрунті для валових форм і 23 мг/кг - для рухомих форм цинку.

Рослини: вміст Zn в рослинах коливається від 15 до 22 мг на 1 кг сухої речовини, винос з урожаєм різних культур від 75 до 188 г на 1 га (Каталимов М.В., 1960), за іншими джерелами (Федюшкін Б.Ф., 1989) від 1200 до 2100 г/га. На думку Р.Брукса (Brooks, 1983). середній вміст цинку в рослинах 50 мкг/г сухої речовини. Zn має слабку фітотоксичність, що проявляється тільки при збільшенні його вмісту в ґрунті. Ознаки фітотоксичності проявляються при вмісті Zn в тканинах 300-500 мг/кг сухої речовини. Zn входить до складу ферментів, бере участь у білковому, вуглеводневому, фосфорному обміні речовин, у біосинтезі вітамінів та росткових речовин.

ГДК для цинку становить 200-400 мг/кг сухої маси рослин.

Тварини і людина: цинк, як і інші мікроелементи, поступає в тваринний організм з кормами. Цинк активізує гормони статеві, передньої частини гіпофізу і підшлункової залози. Цинк входить до складу гормону підшлункової залози інсуліну, регулюючи при цьому вуглеводневий обмін; статевих гормонів, активізуючи тестостерон, фолікулін, пролін; відіграє важливу роль у процесах запліднення і відтворення. Тісний зв'язок цинку з гормонами, ферментами і вітамінами зумовлює його регулюючий вплив на відтворну функцію, обмін вуглеводів, білків, жирів, систему кровотворення, ріст і розвиток організму тварин. Цинк виявлений у складі ферментів дегідрогенази, пептидази, трансфос-срорилази, карбокси пептидази, карбоангідрази, уреазі. Ці ферменти беруть участь в обміні білків і вуглеводів. Цинк каталізує ферменти аргінази, дегіропептидазу, аміно-пептидазу. енолазу та ін. Отже, він бере участь у процесах клітинного дихання та окислення вуглеводів.

Цинк є необхідним для утворення і дозрівання сперматозоїдів. При надлишковому надходженні до організму людей і тварин токсично діє на серце, кров та інші органи, виявляє канцерогенну дію. Засвоєння тваринами цинку з різних кормів неоднакове. Наприклад, цинк кукурудзи засвоюється в кількості 52%, пшениці - 60%, гороху, ячменю, вівсу і бобів - 66-68%, люпину-80% від прийнятого (табл. 2-4).

Таблиця 2

Допустимий вміст у рослинному матеріалі й винос елементів із врожаєм

Елемент	Допустимий вміст, мг/кг сухої	Винос із врожаєм, г/га	Елемент	Допустимий вміст, мг/кг сухої	Винос із врожаєм, г/га
Берилій	0,1	0,5-1,0	Фтор	0,4-3,0	10-30

Бром	-	50-150	Нікель	0.1-5,0	1-80
Кадмій	0,015-0,5	0,3-8.0	Свинець	0.06	1-5
Миш'як	0,1-1,0	1,0-50,0	Сурма	2-20	20-200
Хром	0,2-1.0	1,0-10,0	Селен	0,2-2,0	1-15
Ртуть	0.05-0,10	0,2-1.5	Олово	0,8-6,0	5-50

Таблиця 3.

Природний та допустимий вміст важких металів у ґрунті (мг/кг) і рослинному матеріалі, мг/кг сухої речовини

Вміст	Свинець		Хром		Ртуть	
	ґрунт	рослина	ґрунт	рослина	ґрунт	рослина
Максимальний	60,2	20,6	0.32	2,40	0,25	0,07
Мінімальний	5,5	1,6	0,14	1,20	0,03	0,007
Допустимий	21,5	6,8	0,24	1,55	0,11	0,041

Таблиця 4

Кларки і МДР важких металів у ґрунтах (за Н.А. Черних, В.Ф. Ладоніним)

Елемент	Кларк, мг/кг	МДР, мг/кг
Свинець	10	32
Стронцій	300	1000
Ртуть	0,02	2
Кадмій	0,5	3
Хром	75	100
Ванадій	100	-
Марганець	850	1400
Кобальт	8	50
Нікель	40	50
Мідь	20	100
Цинк	50	300
Селен	0,01	10

Свинець. *Ґрунт:* кларк Pb в літосфері – $1,6 \cdot 10^{-3}\%$, мг/кг. В ґрунті кількість його коливається від $0,37 \cdot 10^{-3}$ до $4,33 \cdot 10^{-3}\%$. Розроблені ГДК значно відрізняються один від одного. За одними даними, ГДК валових форм Pb в ґрунті становить 100 мг/кг. за іншими - 15-20 мг/кг; 32 мг/кг. ГДК рухомих форм свинцю в ґрунті становить 2 мг/кг.

Рослини: свинець має невисоку фітотоксичність: наявність діючої в рослинах системи інактивації елементів, що проникають в кореневу систему, затримує основну частину Pb в коренях рослин. Дуже високі концентрації Pb можуть суттєво пригнітити ріст рослин і викликати хлороз, обумовлений порушенням надходження Fe.

Звичайний вміст Pb в сільськогосподарських культурах, що використовуються в їжу, - 1-5 мг/кг сухої речовини ГДК Pb овочевих і зернових культур становить 0,3 мг/кг, але є і більш високі показники (до 10 мг/кг сухої маси). Допустима концентрація в кормах - до 10 мг/кг.

Тварини і людина: отруєння тварин свинцем трапляється в місцевостях, де трава містить до 150 мг і більше свинцю в 1 кг сухої речовини. Крім того, часто причиною отруєнь тварин цим елементом є транспортні засоби, в яких перевозять корми, забруднені сполуками свинцю, що широко застосовується в промисловості й потрапляє в атмосферу та воду.

Кадмій. *Ґрунт:* кларк Cd в літосфері $1,3 \cdot 10^{-5}\%$ або 0,13мг/кг. В ландшафті Cd є

рідким розсіяним елементом. Cd численні основні, подвійні I комплексні сполуки. ГДК у воді 10 мг в 1 л. Для ґрунтів Франції встановлено ГДК Cd 3 мг на 1 кг ґрунту, в нашій країні - 3 мг/кг для валових форм і 0,7 мг/кг - для рухомих. Більш інтенсивно надходить Cd у рослини на кислих ґрунтах і значно менше на нейтральних і лужних, тому для зниження надходження його в рослини велику роль відіграє їх вапнування.

Токсичний вплив на рослини: цей елемент, маючи надзвичайно високу токсичність, легко пересувається в ґрунтах, швидко засвоюється рослинами і нагромаджується в них. Він має кумулятивні властивості. Негативний вплив на тварин виявляється не відразу після поїдання корму, що містить надмірну кількість кадмію, а через деякий час Внаслідок надмірного вмісту кадмію в рослинах спостерігається почервоніння і хлороз листків, стебел, черешків.

У природній рослинності західних штатів США концентрація кадмію коливається в межах 0,03-0,3 мкг/г сухої речовини. У зерні злаків з різних країн вміст кадмію змінюється від 0,02 до 0,2 мкг/г сухої речовини. Згідно деяких даних (Brooks, 1983), середня концентрація кадмію в рослинах суходолу дорівнює 0,005 мкг/г сухої речовини.

Середній вміст в органах рослин: зерно - 0,2-4 мг/кг; солома - 0,1-12мг/кг. Фітотоксичність Cd пояснюється його близькістю за хімічними властивостями до Zn. Може виступати в ролі Zn в багатьох біохімічних процесах, порушуючи роботу ферментів. Це призводить до цинкової недостатчості і, як наслідок, пригнічення рослини та її гибелі.

Токсичний вплив на тварин і людину: токсичність кадмію проявляється досить сильно. Є дані про ембріофобну і канцерогенну дію кадмію. Цей метал здатен заміщувати цинк в ензиматичних системах, необхідних для формування кісткової тканини, що супроводжується важкими захворюваннями. Відоме гостре захворювання, що вражає кісткову систему. Негативний вплив на тварин виявляється не відразу після поїдання корму, що містить надмірну кількість кадмію, а через деякий час.

Кадмій знижує здатність організму протистояти хворобам. Він має мутагенні і канцерогенні властивості, негативно впливає на спадковість, а також руйнує еритроцити крові, сприяє захворюванням нирок і сім'яних залоз, викликає гастрит і анемію (Мінеєв В.Г. та ін., 1981).

Для людини допустима доза Cd становить 70 м/кг на добу для дорослих і повністю виключає його присутність у питній воді та їжі для дітей.

Способи детоксикації важких металів техногенно накопичених у ґрунті

Серед заходів детоксикації надлишку ВМ в ґрунті можна виділити наступні:

1. Вапнування ґрунту. Встановлено, що при рН 6,5 спостерігається найменша розчинність ВМ. У дослідях, проведених Карповою і Потатуєвою, встановлено, що вапно значно знижує надходження кадмію в рослини. В літературі часто відмічається переважно антагонізм між Са і ВМ. Даних про взаємодію Мд з ВМ дуже мало.

2. Застосування гною, торфу, органо-мінеральних компонентів та інших дозволяє використовувати властивість багатьох органічних сполук до комплексоутворення з ВМ. Утворені металоорганічні комплекси є або малорухомими, або неспроможними до подолання клітинних мембран на контакті ґрунт - корінь. Поряд з цим використання органічним вуглецем і елементами мінерального живлення рослин.

3. Значну здатність до детоксикації ВМ мають *фосфорні добрива*. Фосфати Рb, Zn та інших металів являють собою важкорозчинні сполуки, малодоступні для рослин. Внесення 3 т/га однозаміщеного фосфату кальцію в ґрунти за ефектом детоксикації Рb (враховувався вміст Рb в рослинах) відповідало внесенню від 1 до 4 т СаСО₃/га (Lagerwerff, 1972). Для зниження витрат на суперфосфат доцільно використовувати фосфоритне борошно. Тому фосфоритування кислих ґрунтів з метою інактивації надлишкових ВМ розглядається як один з важливих заходів охорони здоров'я людини і тварин (Мінеєв, 1988).

4. Для детоксикації надлишку важких металів в ґрунті, можливо, ефективним стане використання *цеолітів* як природних, так і штучних. Слід зазначити, що це відноситься

до металів, що знаходяться в ґрунтовому розчині у вигляді катіонів. Надходження в рослини аніонної форми металів від присутності цеолітів не знижується (Єліщєвта ін., 1987).

При застосуванні різних видів цеоліту в кислих ґрунтах, забруднених свинцем, вдавалося знизити вміст цього металу на 30%. Разом з тим у деяких ґрунтах ефект від присутності цеоліту виявився слабким (Orowiak et al., 1985).

5. Як відомо з агрохімії, при поглинанні рослинами з ґрунту хімічних елементів виникають протилежно направлені взаємодії: синергічні, коли присутність одного елемента сприяє надходженню в корені іншого, і антагоністичні, коли все протікає навпаки.

Антагоністичні взаємодії між хімічними елементами, мабуть, можна використовувати для зменшення надходження ВМ з ґрунту в рослини. Зокрема, було вказано на антагонізм між Нд та Zn і доводилась можливість використання цинку, в даному випадку як значно менш токсичного, для обмеження надходження ртуті в харчові ланцюги (Agerwerff, 1972).

В США є рекомендації по застосуванню добрив, що містять Cd, з врахуванням співвідношення Zn: Cd. Якщо воно більше за 100, то кількість Cd, що вноситься на 1 га, не повинна бути більшою за 6-7 кг. Якщо менше 100, то норма внесення Cd з добривами 3-4 кг/га.

6. Поряд з цими існують і біологічні заходи, що діють в тому ж напрямку. До них відноситься вирощування толерантних культур чи сортів, що використовуються в їжу, вирощування технічних і лісових культур, розведення квітів.

7. Як надзвичайний захід пропонується *створення нового орного горизонту* як за рахунок плантажної оранки, що забезпечує захоронення шару на глибині 40-50 см і вивертання на поверхню підорного незабрудненого, так і шляхом створення насипної товщі за рахунок ґрунту, привезеного з незабрудненої території. Можливе також видалення токсичного шару і розміщення на його місці нормального ґрунту

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення поняття «ГДК важких металів».
2. Як ступінь забруднення ґрунту впливає на зниження якості врожаю?
3. Проаналізуйте токсичну дію важких металів на рослини, тварини і людину.
4. Назвіть основні способи детоксикації важких металів накопичених у ґрунті.

Лабораторна робота 5

Визначення забруднення овочевих культур нітратами

Мета роботи: навчитися визначати нітрати в овочевих культурах.

Завдання: визначити нітрати у капусті, картоплі, петрушці та порівняти ГДК нітратів з їхнім вмістом у продукції.

Матеріали: сік верхніх листків качана капусти, петрушки, картоплини, піпетки, предметні скельця, пробірки та розчин NaNO_3 для побудови калібрувальної кривої, дистильована вода, 1% розчин дифеніламіну.

Теоретична частина

Окислення неорганічної форми азоту (процес нітрифікації) веде до утворення нітратів, які є невід'ємною частиною всіх наземних і водних екосистем. надходження неорганічних форм азоту у рослинах зростає у зв'язку з використанням азотних добрив. Нітрати не тільки акумулюються у рослинах, а й забруднюються ґрунтові води, водойми і території.

Найбільша кількість нітратів міститься у овочах: петрушці, кропі, селері, найменша - у помідорах, часнику, зеленому горошку, яблуках, винограді та інших (Таблиця 1.). Літні сорти капусти накопичують нітратів більше, ніж зимові сорти.

Вміст нітратів можна зменшити вимочуванням, кип'ятінням продукції, відокремленням тих частин, які містять більшу кількість нітратів.

Допустимі норми нітратів (дані ВОЗ) складають 5 мг на добу на 1 кг ваги дорослої особи, що означає, що при вазі 50-60 кг - 250-300 мг. Якщо вміст нітратів у рослинах перевищує 0,5% у перерахунку на суху речовину, то створюється потенційна небезпека для здоров'я людей і тварин.

Під дією наявних у ґрунті бактерій нітрати переходять у нітрити, які є більш токсичні, ніж нітрати. Усі нітросполуки (нітрити, нітрати, аміни, нітрозаміни) руйнують гемоглобін крові, виявляють канцерогенні та мутагенні властивості.

Вода з підвищеним вмістом нітратів є небезпечною, для здоров'я людей, має інтенсивний гіркуватий смак, вона непридатна для пиття.

Таблиця 1.

Вміст нітратів у рослинах (дані інституту ґрунтознавства і фотосинтезу)

Вид рослин	Вміст нітратів, мг/кг	Допустимі рівні	
		для відкритого ґрунту	для закритого ґрунту
Гарбузи	400-600	60	
Баклажани	80-270		
Зелений горошок	20-80		
Дині	40-500	90	
Капуста білокачанна	600-3000	900	
Капуста кольрабі	160-2700	400	
Кабачки	400-700	400	400
Картопля	40-980	250	
Крес-салат	1300-4900	2000	3000
Цибуля зелена	40-1400	600	800
Цибуля ріпчаста	600-900	80	
Морква	160-2200	400	
Огірки	80-560	150	400
Перець солодкий	40-330	200	400
Петрушка (зелень)	1700-2500	1800	
Помідори	10-180	150	300
Кріп	400-2200	2000	3000
Часник	40-300		

Щавель	240-400		
--------	---------	--	--

Хід роботи

В одну з хімічних пробірок наливають 10 мл вихідного розчину NaNO_3 , який відповідає максимальному вмісту нітратів в овочах (табл. 2) - 3000 мг/кг. Готується серія калібрувальних розчинів, шляхом розбавлення вихідного розчину на половину (наприклад: 3 мл вихідного розчину + 3 мл дистильованої води). Отримуємо серію розчинів з різним вмістом нітратів: 3000, 1500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

Таблиця 2

Визначення нітратів (за Церлінгом)

Бали	Характер забарвлення	Вміст нітратів мг/кг
6	Сік або зріз забарвлюється швидко й інтенсивно в синьо-чорний колір. Забарвлення стійке і не зникає.	>3000
5	Сік або зріз забарвлюється в темно-синій колір. Забарвлення зберігається короткий час.	3000
4	Сік або зріз забарвлюється в синій колір. Забарвлення з'являється через певний термін.	1000
3	Забарвлення світло-синє, зникає через 2-3 хвилини.	500
2	Забарвлення зникає швидко, залишаючись головним чином на кінцівках.	250
1	Сліди швидко зникаючого голубого забарвлення.	100
0	Забарвлення відсутнє. На цілих рослинах можна побачити рожеві плями.	0

На предметне скельце капають 2 краплі одержаного соку з овочів, додають 2 краплі дифеніламіну. Описуємо реакцію згідно даних табл. 2.

У випадку сумніву щодо вмісту нітратів, капають поряд з пробєю калібрувальний розчин з відомою концентрацією речовини і повторюють реакцію з дифеніламіном.

Запитання для самоконтролю

1. Як нітрати впливають на розвиток рослин?
2. У яких рослинах нагромаджується найбільша кількість нітратів?
3. Чи рівномірно відбувається накопичення нітратів різними частинами рослин?
4. Як впливає надлишок нітратів на людський організм?
5. Вчені-дієтологи рекомендують при підозрі на забруднення сільськогосподарських продуктів нітратами витримати свіжо зірвані овочі і фрукти близько доби у воді і лише потім вживати їх в їжу. Чим пояснюється ця рекомендація?

Питання для самоконтролю

1. Що називається сухим залишком води?
2. Що таке зважування до постійної ваги?
3. При якій температурі проводиться висушування проби та підготовка чашок до аналізу?
4. За якою формулою проводять обчислення сухого залишку води?
5. У яких одиницях вимірюється сухий залишок води?
6. Яка норма сухого залишку питної води?