

## ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЙОДУ В ПАСТОРАЛЬНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

О.В. Мудрак<sup>1</sup>, Т.В. Морозова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> КЗВО «Вінницька академія безперервної освіти» (м. Вінниця, Україна)  
e-mail: ov\_tudrak@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1776-6120

<sup>2</sup> Національний транспортний університет (м. Київ, Україна)  
e-mail: tetiana.morozova@ukr.net; ORCID: 0000-0003-4836-1035

Проблема йододефіциту актуальна в багатьох країнах світу, включаючи Україну, і має серйозні наслідки для здоров'я через недостатній вміст йоду у харчових продуктах. Для подолання йододефіциту важливо базуватися на моніторингу вмісту йоду у харчових продуктах та воді на відповідній території. Надмірне збільшення вмісту йоду в солі може спричиняти гіпертиреоз. Моніторинг територій з йододефіцитом у сільських районах стає особливо важливим, оскільки рослини, вирощені на ґрунтах із низьким вмістом йоду, можуть містити недостатню кількість цього елемента, що може зумовити серйозний дефіцит йоду серед місцевого населення. Йод також важливий для здоров'я тварин, оскільки може покращувати їх продуктивність. Деякі рослини накопичують йод із ґрунту, що може поліпшувати їхню стійкість до хвороб та негативних чинників, важлива також взаємодія йоду з іншими хімічними елементами. У статті здійснено узагальнення наукових даних щодо особливостей колобігу йоду в ланцюгу ґрунт–рослина–тварина в пасторальних екосистемах, розроблено рекомендації щодо оцінки та подолання йододефіциту в екосистемах такого типу. Вміст йоду визначали за методикою, принцип якої полягає в окислюванні йодиду до йоду із подальшим додаванням  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  для руйнування надлишку нітриту. Предметом дослідження слугували ґрунти, рослини пасторальних екосистем та молоко. У гірській зоні пасторальних екосистем виявлено значний дефіцит йоду в ґрунтах, обумовлений йододефіцитною природою території. Подібний, але менш виражений дефіцит спостерігається на передгірських і рівнинних територіях Північної Буковини. Вміст йоду в зеленій масі рослин не має загальних закономірностей та не приурочений до природних зон. Найменший вміст йоду виявлено у *Plantago major* L. Дефіцит йоду у молоці більш виражений і зменшується від рівнинної до гірської зони. Встановлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом йоду в ґрунті та щільністю худоби, а також показниками пасовищної дигресії. Виявлено високий кореляційний зв'язок між вмістом йоду в молоці та його вмістом у рослинах. Сільськогосподарські культури, адаптовані до умов дефіциту йоду, не витримують впливу рекомендованих концентрацій йоду, що може негативно вплинути на врожайність. Однак нижчі концентрації йоду можуть стимулювати проростання насіння.

**Ключові слова:** йододефіцитні захворювання, модельні види рослин, біогеохімічна провінція, біогеохімічний ланцюг, нижнє порогове значення.

### ВСТУП

Йод, як есенціальний мікроелемент, відіграє ключову роль у синтезі тиреоїдних гормонів, які регулюють різноманітні функції організму, включаючи ріст, розвиток і терморегуляцію. Проблема йододефіциту є критично важливою для багатьох країн у всьому світі, оскільки недостатній вміст цього мікроелемента у харчуванні призводить до розвитку різноманітних захворювань, спричинених дефіцитом йоду

[1; 2]. Термін «йододефіцитні захворювання» охоплює різноманітні стани і порушення, які можуть виникати через дефіцит йоду [3; 4]. Серед них, ендемічний зоб є одним із найпоширеніших, особливо в гірських місцевостях на всіх континентах. Організми мають здатність до селективного поглинання та акумуляції певних хімічних елементів, а також їх елімінації [5]. Ця здатність реалізується через процеси обміну речовин із довкіллям, які здійснюються за допомогою біогеохімічних харчових

ланцюгів. Мікроелементи, що містяться у гірських породах, ґрунті, повітрі та воді, потрапляють до організму людини через їжу рослинного й тваринного походження, а також через питну воду [6].

Місцевість вважається ендемічною, якщо 10% населення мають ознаки зобу. Другим за значущістю у спектрі йододефіцитних розладів є порушення інтелектуального розвитку населення, що проживає в регіонах із нестачею йоду. Україна, через особливості географічного розташування, як-от наявність гірських місцевостей віддалених від моря, з частими повеннями та інші природні умови, має значні території з дефіцитом йоду. Ці регіони можна вважати ендемічними з точки зору ризику розвитку йододефіцитних станів, що може викликати серйозні проблеми зі здоров'ям населення.

Північна Буковина входить до складу Al-F-I-Se біогеохімічної провінції [7], яка характеризується недостатнім вмістом йоду. Дефіцит цього мікроелемента в довкіллі становить загальну біологічну і медичну проблему. Тварини, що перебувають в єдиному трофічному ланцюгу з людиною, особливо відчують геохімічні та екологічні впливи. Це проявляється у зниженні функціональної активності щитоподібної залози, що зумовлено низьким вмістом йоду у ґрунтах і, відповідно, у кормах [8].

**Мета роботи** — дослідження особливостей колообігу йоду в пасторальних екосистемах.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Упродовж десятиліть фахівці активно досліджують вплив чинників навколишнього середовища на організм людини. Особливу увагу приділяють фізіологічним аспектам, пов'язаним із нестачею, надлишком, чи дисбалансом мікроелементів. Вітчизняні та зарубіжні дослідники, як-от В.Г. Бардов, Е.М. Беліцька, Ю.В. Бардик, А.І. Горова, О.П. Вітовська, Н.І. Коцур, О.І. Тимченко, О.В. Линчак, В.І. Федоренко досліджують вплив екологічних чинників на здоров'я людини, дозволяючи зрозуміти

характер екологічно зумовлених захворювань [4], С.Н. Вадзюк [9] вивчає медико-екологічні проблеми, пов'язані з захворюваністю дитячого населення. Незважаючи на значну кількість публікацій щодо поширення ендемічних хвороб у біогеохімічних провінціях України, деякі аспекти цієї проблематики залишаються недостатньо дослідженими. Проблема йододефіциту залишається актуальною, особливо в Україні, де недостатній вміст йоду в харчових продуктах має серйозні наслідки для здоров'я. Дослідники шукають способи розв'язання цієї проблеми, включаючи використання йодонасичених рослин та органічних сполук для виготовлення препаратів. Однак, використання мікроелементів у лікувальних цілях має базуватися на моніторингу їх вмісту у харчових продуктах та воді на відповідній території [10].

Дослідження австрійських вчених показали, що збільшення вмісту йоду в солі може спричинити збільшення кількості захворювань щитоподібної залози, таких як гіпертиреоз [11]. Моніторинг територій із йододефіцитом у сільських районах, де основним джерелом харчування є натуральне господарство, стає важливим, оскільки рослини, вирощені на ґрунтах із низьким вмістом йоду, можуть містити недостатню кількість цього елемента. Це може зумовити серйозний дефіцит йоду серед населення, що споживає продукти цих районів. Йод є важливим для забезпечення здоров'я тварин, сприяючи збільшенню виробництва молока у корів, активному росту шерсті в овець, а також поліпшенню продуктивності птиці та приросту свиней [12–14]. Деякі рослини можуть накопичувати йод із ґрунту, що сприяє їхній стійкості до хвороб та негативного впливу зовнішніх чинників. Однак важливо враховувати взаємодію йоду з іншими хімічними елементами, яка може впливати на розвиток рослин. Вміст йоду в ґрунті залежить від типу ґрунту, кліматичних умов і геологічної структури території. Ґрунти з високим вмістом гумусу містять більше йоду, у закислених ґрунтах спостерігається інтенсивніша іммобілізація йоду, а оксиди

заліза і алюмінію відіграють роль у забезпеченні абсорбції йодат-іонів. Для тварин основним джерелом йоду є їжа, з якої більшість йоду надходить із рослинних кормів, а решта — з води і повітря. Рослини, вирощені на ґрунтах із низьким вмістом йоду, містять його менше [1; 2; 10].

Проблема йододефіциту виникає внаслідок як природних, так і антропогенних чинників. Деякі речовини (нітрит-, нітрат-, тиоціанат-йони та деякі глікозиди) можуть інгібувати засвоєння йоду, а антропогенні дії, як-от випас худоби та ерозійні процеси, можуть впливати на вміст йоду в ґрунтах [15]. У більшості країн молоко є основним джерелом йоду для людини, особливо в йододефіцитних регіонах, як-от Чернівецька обл. Тому важливо дослідити вміст йоду в молоці з пасторальних екосистем.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінка йодного статусу територій нашоується на проблему добору ефективної та уніфікованої методики. Це особливо стосується визначення йоду в твердофазних об'єктах. Зокрема, через відсутність такої методики, дані щодо вмісту йоду в лучних рослинах одних і тих територій відрізняються на порядок. Методи ідентифікації та кількісного визначення йодовмісних сполук визначаються хімічними формами йоду в досліджуваних об'єктах. Для визначення вмісту йоду застосовують різні методи: титриметричні, потенціометричні, спектрофотометричні, хроматографічні, атомно-абсорбційні, мас-спектрометричні, нейтронно-активаційні, тест-методи, які дають змогу проводити вірогідне визначення йоду [16]. Останній у рослинних об'єктах міститься в органічній та неорганічній формах. Одним із найбільш поширених методів визначення кількісного вмісту йоду в об'єктах середовища є титриметричний. Міжнародною асоціацією офіційних хіміків-аналітиків цей метод рекомендовано як офіційний метод визначення вільного йоду у стандартних розчинах, у харчових продуктах, за оцінювання рівня йодування солі, аналізі йоду в лікарських

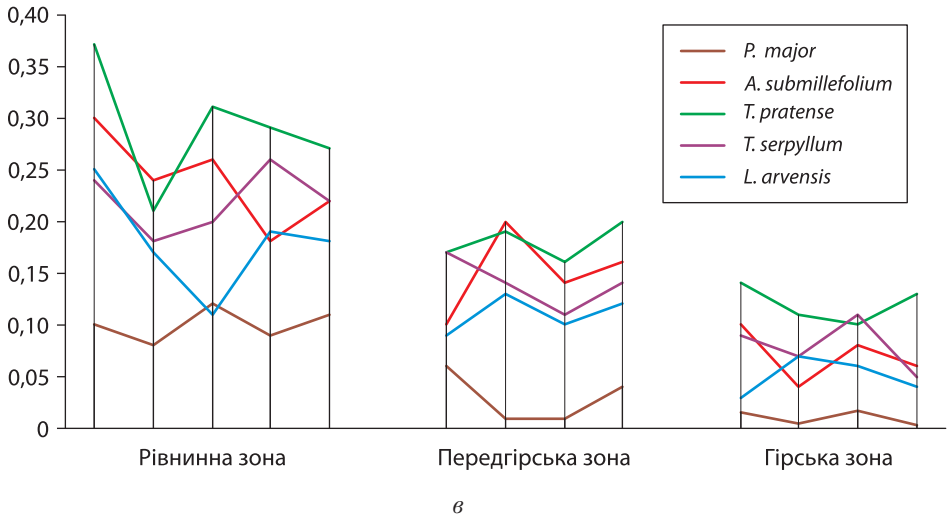
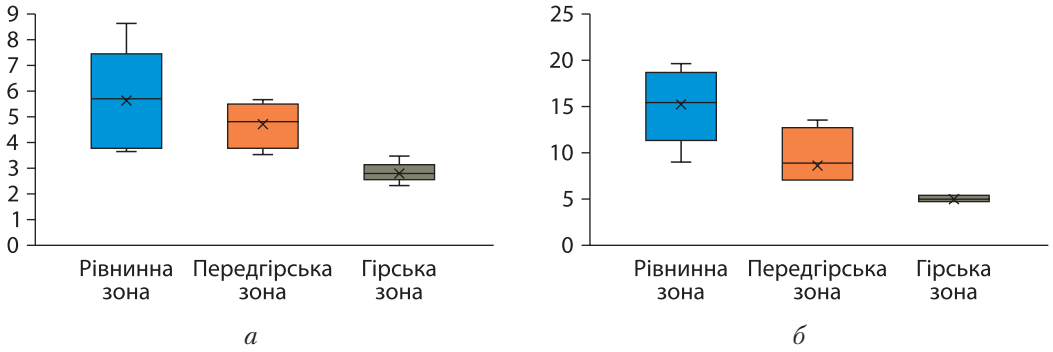
засобах, що містять йод, тощо. Крім того, титриметричний метод має високу чутливість під час визначення всіх форм йоду — молекулярного, неорганічних форм йоду (йодидів, йодатів) та органічно зв'язаного. Для визначення сполук йоду були обрані аналітичні методи, що застосовують в аналізі об'єктів рослинного походження, є достатньо експресними під час виконання, дають можливість отримувати відтворювані й вірогідні результати аналізу та мають високу чутливість.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Вміст йоду в ґрунтах пасторальних екосистем різних природних зон.** Термін «пасторальна екосистема» описує природні середовища, що переважно використовуються для бджолярства або випасання худоби [17]. Ці екосистеми зазвичай відрізняються великими просторами, де переважають рослини, як-от *Medicago*, трави та інша рослинність, придатна для пасовищ. Вони розташовані як у сільських місцевостях, так і в сільськогосподарських областях, відіграючи важливу роль у забезпеченні харчування тварин і підтриманні біорізноманіття.

Середній вміст йоду в ґрунтах знижувався (*рис.*) у міру переходу від рівнинної до передгірської та гірської зон (5,61–4,70–2,83 мг/кг).

Встановлено, що вміст йоду в ґрунтах рівнинної і передгірської зон наближався до мінімально допустимого рівня, визначеного В.В. Ковальським (5 мг/кг). Водночас середні показники вмісту йоду в ґрунтах гірської зони виявилися набагато нижчими — в 1,98 і 1,66 раза, відповідно, порівняно з рівнинними і передгірськими зонами. Для оцінки йодного статусу території порівнювали вміст йоду в ґрунтах різних природних зон із даними з інших йододефіцитних регіонів. У літературі наводять дані, що на висоті 920 м н. м. уміст йоду в ґрунті становив 0,45–0,96 мг/кг, а з пониженням висоти місцевості у ґрунтах пасторальних екосистем у молоці великої рогатої худоби у зеленій масі модельних рослин.



Вміст йоду в компонентах пасторальних екосистем:

*а* – у ґрунтах пасторальних екосистем; *б* – у молоці великої рогатої худоби;  
*в* – у зеленій масі модельних рослин

Вміст йоду в компонентах пасторальних екосистем його концентрація збільшувалася: у передгір'ях (450 м н. м.) – 0,9–3,2 мг/кг, на рівнинній місцевості (250 м н. м.) – 3,2–6,3 мг/кг, у чорноземах – 5,3 мг/кг, в дерново-підзолистих ґрунтах – 2,5 мг/кг, в червоноземах і торф'янистих ґрунтах – 10–12 мг/кг. Дослідження, проведені Р.В. Гунчаком та його колегами [14], показали, що ґрунти Волинського Полісся відносяться до категорії низького рівня забезпеченості йодом, так, вміст йоду у дерново-підзолистих ґрунтах сягав 7,48 мг/кг, у глинисто-піщаних –

5,16 мг/кг, у глеювато-піщаних – 5,96 мг/кг. Отже, вміст йоду в ґрунтах пасторальних екосистем гірської зони Північної Буковини свідчить про йодний дефіцит та вказує на те, що ця територія належить до йододефіцитної біогеохімічної провінції, куди можна віднести і передгірську й рівнинну території, але з менш вираженим йодним дефіцитом.

**Вміст йоду в зеленій масі модельних рослин пасторальних екосистем.** Проаналізувавши видовий склад фітоценозів пасторальних екосистем, визначили види, присутні в екосистемах в усіх природних

зонах Чернівецької обл.: подорожник великий (*Plantago major* L.), деревій майже звичайний (*Achillea submillefolium* Klok. et Krytzka), конюшина лучна (*Trifolium pratense* L.), чебрець звичайний (*Thymus serpyllum* L.), ляденець польовий (*Lotus arvensis* Pers.), ці види використовували для аналізу специфіки акумуляції йоду та зональності. Вміст йоду в зеленій масі модельних рослин різних природних зон коливається в межах: 0,08–0,37 мг/кг сухої маси (рівнинна зона), 0,06–0,20 мг/кг сухої маси (передгірська зона) та – 0,015–0,14 мг/кг сухої маси (гірська зона).

Виявлено чітку зональну залежність вмісту йоду в зеленій масі для *A. submillefolium* та *T. serpyllum* (див. *рис.*). Лише *T. pratense* не показав залежності акумуляції йоду від природної зональності, натомість *P. major* та *L. arvensis* демонстрували таку залежність. Вміст йоду в зеленій масі *P. major* на рівнинній зоні значно відрізнявся від передгірської і гірської зон. Вміст йоду в зеленій масі *P. major* виявився в 2–8 разів нижчим, ніж у зеленій масі інших модельних видів. *L. arvensis* мав майже однаковий вміст йоду в зеленій масі рослин рівнинної і передгірської зон, але значно нижчий порівняно з гірською. Достовірної різниці між видами у вмісті йоду в зеленій масі рослин не виявлено, ймовірно, через значний розкид даних. Однак різниця у вмісті йоду між зеленою масою рослин гірської і рівнинної зон була достовірною. Для оцінки статусу йоду в рослинах різних зон порівнювали його вміст із нижнім пороговим значенням для кормів великої рогатої худоби (0,3 мг/кг сухої маси). Результати показали, що вміст йоду в рослинах нижчий за встановлений поріг: у рівнинній – на 30%, передгірській – на 60, а гірській – на 77%.

Порівняльний аналіз даних щодо вмісту йоду в рослинах різних регіонів України показує схожість результатів для Північної Буковини і Львівської обл. Середні значення вмісту йоду в зеленій масі модельних рослин Північної Буковини становлять 0,07–0,21 мг/кг сухої маси. У Львівській обл. виявлено подібні показники: для сіна

*Phléum pratense* L. від 0,11 до 0,22 мг/кг та для сінажу від 0,08 до 0,18 мг/кг сухої маси. У рослинах Киргизії вміст йоду також варіюється залежно від місця зростання та виду культури, коливаючись від 0,03 до 0,19 мг/кг для кормів Чуйської долини та від 0,06 до 0,01 мг/кг у сіні *Festuca inarmata* Schur [16]. Отже, вміст йоду в рослинах пасторальних екосистем Північної Буковини відповідає йододефіцитним біогеохімічним провінціям, проте рівень йоду у трофічному ланцюзі для цієї території приблизно однаковий.

**Вміст йоду в молоці великої рогатої худоби пасторальних екосистем різних природних зон** виявився нижчим за нижній поріг (25 мкг/л). Різниця у середніх значеннях вмісту йоду між різними зонами підтвердилася як достовірні. Зокрема, в напрямі від рівнинної до передгірської та гірської зон вміст йоду в молоці великої рогатої худоби відхилявся від нижнього порога на 40%, 64% і 77%. А.А. Спиридонов і Е.В. Мурашова наводять дані про діапазон вмісту йоду в молоці великої рогатої худоби різних країн: для Італії – у межах 8–4226 мкг/л, Словаччини – 8–1791, Чехії – 53–1078, Польщі – 24–521 мкг/л [12]. Дослідження вказує на те, що в межах Північної Буковини середній вміст йоду в молоці тварин змінюється в напрямі рівнинної – передгірської – гірської зон у такій послідовності: 15,14 – 9,63 – 5,05 мкг/л. Порівнюючи з даними інших країн, стає зрозумілим, що рівень дефіциту йоду в молоці великої рогатої худоби на вивченій території виявився вищим. Однак моніторинг вмісту йоду в молоці тварин в Україні практично не проводився, що ускладнює оцінку йодного статусу молока великої рогатої худоби Чернівецької обл. порівняно з іншими регіонами України.

**Дослідження взаємозв'язку вмісту йоду в різних ланках біогеохімічного ланцюга та імперативних агроекологічних чинників пасторальних екосистем** дало можливість виявити такі закономірності. Можна стверджувати, що існує тісний достовірний кореляційний зв'язок між вмістом йоду в рослинах та молоці великої рогатої

**Кореляційна матриця між вмістом йоду в ланках біогеохімічного ланцюга та агроекологічними показниками пасторальних екосистем**

Параметри	Середній вміст йоду		
	у рослинах	у молоці	у ґрунті
Щільність худоби	0,21	0,16	0,74
Агрохімічний бонітет	0,08	0,10	0,74
Агроекологічний бонітет	-0,15	-0,15	0,60
Географічні координати	Пн.ш. 0,53 Сх.д. -0,38	Пн.ш. 0,18 Сх.д. -0,45	Пн.ш. -0,48 Сх.д. -0,15
Середній вміст йоду в рослинах	1,00	0,88	-0,25
Середній вміст йоду в молоці	0,88	1,00	-0,11
Середній вміст йоду в ґрунті	-0,25	-0,11	1,00
Показник пасовищної дигресії	-0,43	-0,38	0,72

худоби (*табл.*), а також між вмістом йоду в ґрунтах і щільністю худоби, агрохімічним бонітетом ґрунтів і показником пасовищної дигресії. Останній відображає погіршення стану пасовищ через надмірний випас і витоптування, що призводить до зменшення вологості ґрунту, втрати органічної речовини та збіднення рослинності, визначає силу впливу худоби на пасторальні екосистеми.

Результати регресійного аналізу свідчать про тісний взаємозв'язок між агроекологічними показниками та вмістом йоду в різних ланках біогеохімічного ланцюга пасторальних екосистем. Перша модель виявила значущий вплив агрохімічного бонітету ґрунтів на вміст йоду в рослинах. Високий рівень агрохімічного бонітету корелює зі збільшенням вмісту йоду в рослинах, що підтверджується позитивним коефіцієнтом у відповідному рівнянні регресії. У другій моделі виявлено, що вміст йоду в молоці великої рогатої худоби відчутно залежить від його вмісту в рослинах, але не від вмісту в ґрунтах. Також виявлено, що щільність худоби і північна широта місцезнаходження пасовища мають істотний вплив на вміст йоду в ґрунті. У третій моделі показано, що показники агроекологічного стану пасовищ впливають на вміст йоду в ґрунті, зокрема, щільність худоби і північна широта. Отже, з отриманих рівнянь регресійного аналізу випливає, що агроекологічні умови пасовищ діють на

вміст йоду в рослинах і ґрунті, а також на вміст йоду в молоці тварин. Такі показники, як щільність худоби та північна широта, мають значний вплив на вміст йоду в ґрунті, тоді як агрохімічний бонітет ґрунтів найбільше чинить дію на вміст йоду в рослинах.

$Y_1$  – вміст йоду у рослинах;  $Y_2$  – вміст йоду в молоці;  $Y_3$  – вміст йоду у ґрунті;  $X_1$  – вміст йоду у рослинах;  $X_5$  – щільність худоби;  $X_7$  – агроекологічний бонітет;  $X_8$  – пн. ш;  $X_9$  – сх. д.

$$Y_1 = -6,39 + 0,52X_8 + 0,86X_6 - 0,59X_7 - 0,43X_5 + 0,42X_9;$$

$$R = 0,95, R^2 = 0,89; F(5,5) = 8,74, P < 0,02;$$

$$Y_2 = -0,09 + 0,97X_1 + 0,26X_5;$$

$$R = 0,89, R^2 = 0,79; F(2,8) = 15,34, P < 0,002;$$

$$Y_3 = -119,47 + 0,68X_8 + 0,52X_5;$$

$$R = 0,79, R^2 = 0,62; F(2,8) = 6,59, P < 0,02.$$

**Аналіз впливу йоду на проростання насіння злакових культур у модельному експерименті за різних способів його надходження.** Досліджено вплив йоду на проростання насіння злакових культур (*Zea mays* L., *Triticum durum* Dest., *Poa pratensis* L., *Festuca rubra* L., *Arrhenatherum elatius* (L.) J. Presl & C. Presl), у модельному експерименті, де імітувалися різні шляхи надходження йоду (дощ, підземні води, передпосівна обробка). Застосовували методику

мікрокосмних моделей. Встановлено, що за надходження йоду з дощем або обробці насіння, незалежно від дози, йод повністю пригнічував проростання насіння усіх досліджених культур. Лише за імітації надходження йоду з підземних вод спостерігалися як негативні, так і позитивні результати. *Z. mays* виявилася стійкою до впливу йоду. Виявлено, що накопичення йоду відбувається в надземній частині рослини, що свідчить про значний вплив атмосферного йоду. Розчин KI (0,02%) збільшував проростання насіння певних видів рослин.

### ВИСНОВКИ

У гірській зоні пасторальних екосистем виявлено значний дефіцит йоду в ґрунтах, що є наслідком йододефіцитної природи цієї території. Подібний, але менш виражений дефіцит спостерігається і на передгірських та рівнинних територіях Північної

Буковини. Вміст йоду в зеленій масі рослин не має загальних закономірностей та не приурочений до природних зон. Найменший вміст йоду виявлено у *Plantago major* L. Дефіцит йоду у молоці більш виражений і зменшується від рівнинної до гірської зони.

Встановлено тісний кореляційний зв'язок між вмістом йоду в ґрунті і щільністю худоби, а також показниками пасовищної дигресії. Виявлено високий кореляційний зв'язок між вмістом йоду в молоці та його вмістом у рослинах. Сільськогосподарські культури, адаптовані до йододефіцитних умов, не витримують впливу рекомендованих концентрацій йоду, що може негативно позначитись на врожайності. Однак, нижчі концентрації йоду можуть стимулювати проростання насіння, особливо якщо вони надходять з едафотопу.

### ЛІТЕРАТУРА

- Farebrother J., Zimmermann M.B., Andersson M. Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 2019. Vol. 1446. P. 44–65.
- Bezner Kerr T., Hasegawa R., Lasco I. et. al. Food, Fibre and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, UK and New York, NY, USA, 2022. P. 713–906. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007>.
- Ткачук В.В., Величко В.І., Ткачук І.В. Йододефіцит та йододефіцитні захворювання. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. Т. 10. № 3. С. 45–50.
- Онищук І.П., Гарбар О.В., Остапчук Л.А. Динаміка та причини виникнення ендемічних хвороб людини в Україні. *Український журнал природничих наук*. 2023. № 3. С. 39–58. DOI: <https://doi.org/10.35433/naturaljournal.3.2023.39-58>.
- Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10): наказ від 12.05.2010 № 400. *Міністерство охорони здоров'я України*.
- Бойчук Ю.Д. Загальна теорія здоров'я та здоров'я збереження. Харків, 2017. 488 с.
- Костишин С.С., Руденко С.С., Морозова Т.В. Біомоніторинг Чернівецької області. Чернівці: Рута, 2008. 238 с.
- Лігоміна І.П., Фурман С.В., Лісогурська Д.В. Вміст йоду в ґрунтах та зерні злаків у зоні Полісся Волині. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2 (67). С. 174–177.
- Вадзюк С.Н., Федорців О.Є. Медико-екологічні проблеми в сучасних умовах. *Збалансований розвиток країни — шлях до здоров'я і добробуту нації*: матеріали Укр. еколог. конгресу. 2007. С. 41–44.
- Ma R., Yan M., Han P. et al. Deficiency and excess of groundwater iodine and their health associations. *Nat Commun.* 2022. № 29. Т. 13 (1). P. 7354. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35042-6>.
- Taylor P.N. et al. Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nat. Rev. Endocrinol.* 2018. No 14. P. 301–316. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2018.18>.
- Кравців Р.Й., Янович Д.О. Вміст йоду в кормах та вміст йодзв'язаного білка і тиреоїдних гормонів у крові великої рогатої худоби в різних зонах західного регіону України. *Біологія тварин*. 2003. Т. 5. № 1–2. С. 311–315.
- Янович Д.О. Вміст йоду і селену та метаболічний профіль у крові великої рогатої худоби в різних ландшафтних зонах західного регіону України: автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16. Чернівці, 2005. 18 с.
- Гунчак Р.В., Седіло Г.М., Вовк С.О. Вміст йоду в ґрунтах та зерні злаків у зоні Полісся Волині. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 2 (67). С. 77–80.
- Кравченко В.І. Основні етапи дослідження йодної недостатності та динаміка її ліквідації в Україні. Київ, 2007. 454 с.
- Петренко О.Д. Ефективний і надійний контроль вмісту йоду в об'єктах навколишнього середовища — актуальне завдання сьогодення. *Гігієна населених місць*. 2015. № 65. С. 200–203.

17. Gunnar M.S. Pastoral Ecosystems and the Issue of Scale AMBIO A. *Journal of the Human Environment*.

2003. Vol. 32 (2). P. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.2.113>.

## REFERENCES

- Farebrother, J., Zimmermann, M.B. & Andersson, M. (2019). Excess iodine intake: sources, assessment, and effects on thyroid function. *Ann. Ny. Acad. Sci.*, 1446, 44–65 [in English].
- Bezner Kerr, T., Hasegawa, R., Lasco, I. et al. (2022). Food, Fibre and Other Ecosystem Products. In: *Climate Change*. Cambridge University Press, 713–906. DOI: <https://doi.org/10.1017/9781009325844.007> [in English].
- Tkachuk, V.V., Velichko, V.I. & Tkachuk, I.V. (2014). Yododefitsyt ta yododefitsytni zakhvoriuvannia [Iodine deficiency and iodine deficiency disorders]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal — Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 14, 5–15. URL: <http://surl.li/oldmb> [in Ukrainian].
- Onyshchuk, I.P., Garbar, O.V. & Ostapchuk, L.A. (2023). Dynamika ta prychny vynyknennia endemicnykh khvorob liudyny v Ukraini [Dynamics and causes of endemic human diseases in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal pryrodnych nauk — Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 3, 39–58 [in Ukrainian].
- Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl «Hihiienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoi» (DSan PiN 2.2.4-171-10): nakaz vid 12.05.2010 [On the approval of the State Sanitary Norms and Rules «Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption» (DSanPiN 2.2.4-171-10): order of 12.05.2010]. *Ministerstvo okhorony zdorovia Ukrainy — Ministry of Health of Ukraine*, 400 [in Ukrainian].
- Boychuk, YuD. (2017). *Zahalna teoriya zdorovia ta zdorov"yazberezhennya [The general theory of health and health care]*. Kharkiv [in Ukrainian].
- Kostyshyn, S.S., Rudenko, S.S. & Morozova, T.V. (2008). *Biomonitoring Chernivetskoj oblasti [Biomonitoring of Chernivtsi region]*. Chernivtsi [in Ukrainian].
- Ligomina, I.P., Furman, S.V. & Lysogurska, D.V. (2016). Vmist yodu v gruntakh ta zerni zlakiv u zoni Polissia Volyni [Iodine content in soils and cereal grains in the Polissia zone of Volyn]. *Naukovyi visnyk LNUVMBT imeni S.Z. Gzhytskoho — Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 3 (70), 174–177 [in Ukrainian].
- Vadzyuk, S.N. & Fedortsiv, O.E. (2007). Medyko-ekolohichni problemy v suchasnykh umovakh [Medical and ecological problems in modern conditions]. *Zbalansovany rozvytok krayiny — shlyakh do zdorovia i dobrobutu natsiyi: materialy Ukrayins'koho ekolohichnoho konhresu [Balanced development of the country is the way to the health and well-being of the nation: materials of the Ukrainian Environmental Congress]*. (pp. 41–44) [in Ukrainian].
- Ma, R., Yan, M., Han, P. et al. (2022). Deficiency and excess of groundwater iodine and their health associations. *Nat Commun.*, 29, 13 (1), 7354. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35042-6> [in English].
- Taylor, P.N. et al. (2018). Global epidemiology of hyperthyroidism and hypothyroidism. *Nat. Rev. Endocrinol.*, 14, 301–316. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrendo.2018.18> [in English].
- Kravtsiv, R.Y. & Yanovych, D.O. (2003). Vmist yodu v kormakh ta vmist yodzviazanoho bilka i tyreoidnykh hormoniv u krovi velykoi rohatoi khudoby v riznykh zonakh zakhidnoho rehionu Ukrainy [Iodine content in feed and content of iodine-bound protein and thyroid hormones in the blood of cattle in different zones of the western region of Ukraine]. *Biolohiia tvaryn — Animal Biology*, 5 (1–2), 311–315 [in Ukrainian].
- Yanovych, D.O. (2005). Vmist yodu i selenu ta metabolichnyi profil u krovi velykoi rohatoi khudoby v riznykh landshaftnykh zonakh zakhidnoho rehionu Ukrainy [Content of iodine and selenium and metabolic profile in the blood of cattle in different landscape zones of the western region of Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Chernivtsi [in Ukrainian].
- Hunchak, R.V., Sedilo, H.M. & Vovk, S.O. (2016). Vmist yodu v gruntakh ta zerni zlakiv u zoni Polissia Volyni [The iodine content of the soil and cereals in the area of the Woodlands]. *Naukovyi visnyk LNU VMBT imeni S.Z. Gzhyts'koho — Scientific Messenger LNUVMBT named after S.Z. Gzhytskyj*, 18, 2 (67), 7780 [in Ukrainian].
- Kravchenko, V.I. (2007). *Osnovni etapy doslidzhennia yodnoi nedostatnosti ta dynamika yoi likvidatsii v Ukraini [Main stages of iodine insufficiency research and dynamics of its liquidation in Ukraine]*. Kyiv: Lybid [in Ukrainian].
- Petrenko, O.D. (2015). Efektyvnyi i nadiinyi kontrol vmistu yodu v ob'ekтах navkolyshnoho seredovyschcha — aktualne zavdannia sohodennia [Effective and reliable control of iodine content in the environment is an urgent task of today]. *Hihiiena naselenykh mist — Hygiene of populated areas*, 65, 200–203 [in Ukrainian].
- Gunnar, M.S. (2003). Pastoral Ecosystems and the Issue of Scale AMBIO A. *Journal of the Human Environment*, 32 (2), 113–117. DOI: <https://doi.org/10.1579/0044-7447-32.2.113> [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 16.03.2024