

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ДІАГНОСТИКИ ДЕФІЦИТУ  
ЕЛЕМЕНТІВ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ І ВОДИ В ЛИСТКАХ  
РОСЛИН ГІРКОКАШТАНА ЗВИЧАЙНОГО ЗА СПЕКТРАЛЬНИМИ  
КОЕФІЦІЄНТАМИ ВІДБИТТЯ**

***О. С. ПЕНТЕЛЮК, аспірантка кафедри фізіології, біохімії рослин  
та біоенергетики,***

***Н. Г. НЕСТЕРОВА, кандидат сільськогосподарських наук,***

***І. П. ГРИГОРЮК, доктор біологічних наук, професор,  
член-кореспондент НАН України***

***Національний університет біоресурсів і природокористування  
України***

***E-mail: Natalia\_Nesterova@i.ua***

***Анотація.*** Наведено норми поливу і підживлення рослин мінеральними добривами в умовах водного та мінерального дефіциту. Розроблено методуку листової діагностики дефіциту азоту, фосфору, калію та води в листках рослин гіркокаштана звичайного за спектральними коефіцієнтами відбиття.

***Ключові слова:*** гіркокаштан звичайний, водний і мінеральний дефіцит, листова діагностика, спектральні коефіцієнти відбиття, норми поливу і підживлення.

***Актуальність.*** Нині особливої актуальності набуває вирішення проблем, пов'язаних з використанням, збереженням і відновленням рослин гіркокаштана звичайного в антропогенно зміненому середовищі. Підраховано, що 1га каштанових насаджень поглинає в середньому 5,9-9,5т вуглекислого газу і виділяє в атмосферу 4,3-6,9т кисню [5]. Але їхній стан у містах України катастрофічно погіршується унаслідок несприятливої дії промислових газів, автотранспортних викидів, важких металів, посухи, засолення, високих температур повітря. Глобальні зміни клімату, несприятливі екологічні та супутні стресові чинники середовища спричиняють також масове розмноження шкідників і хвороб, які з'являються в нових регіонах.

У біології є проблема системного вивчення регуляторних механізмів, які забезпечують ріст, розвиток і стійкість рослин проти стресових чинників довкілля. Однак розроблення методів діагностики і оцінки структурно-функціональної організації рослин стримуються

---

<sup>1</sup> Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України І.П. Григорюк.

недостатньо розробленим відповідним методологічним забезпеченням.

**Мета дослідження** – діагностика дефіциту основних елементів мінерального живлення і води в листках рослин гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.) за спектральними коефіцієнтами відбиття в урбанізованих умовах Києва.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктами досліджень слугували рослини гіркокаштана звичайного 25-30-річного віку, які зростали в екологічних умовах Києва. Для визначення спектральних коефіцієнтів відбиття (СКВ) листків зразки розташовували в кюветі одним шаром на чорній підкладинці, щоб запобігти впливу світла, відбитого від дна кювети і повторно пройденого через листок. Вимірювання СКВ у день взяття проб виконували на СФ-18 з автоматичним розвертанням і реєстрацією у діапазоні 540-750нм за швидкості розвертання спектра 30-90нм/хв. Величина вибірки для одного варіанта становила 5-7 листків, точність вимірювання за довжини хвилі – 1нм, а СКВ – 0,2%. Після вимірювання спектра встановлювали показники СКВ за довжин хвиль 560, 680, 720 і 750нм і розраховували коефіцієнт:

$$L=[СКВ(560)+СКВ(680)]/[СКВ(750)+СКВ(720)].$$

Якщо  $L > 2,0$ , то це наявності вказує на стресову дію умов вирощування на рослини гіркокаштана звичайного. Для визначення вмісту основних елементів живлення в листках застосовували формули:

$$L = -3,95N + 20,11$$

$$L = -8,32P + 12,20$$

$$L = -0,45K + 9,32,$$

де N, P і K (у відсотках на суху масу речовини листків).

Якщо вміст поживних речовин і води знижувався нижче критичних рівнів, то здійснювали одноразове підживлення гіркокаштана звичайного. Показники водного режиму і хлорофілу у листках рослин за умов посухи визначали за формулами:

$$L = -0,65 * (\text{уміст води, \%}) + 7,80$$

$$L = +0,04 * (\text{водний дефіцит, \%}) + 1,39$$

$$L = -0,31 * (\text{уміст хлорофілу, мг/г сухої маси}) + 4,92.$$

**Результати дослідження та їх обговорення.** До заходів регуляції водного режиму належать полив рослин, збільшення водоутримувальної здатності ґрунту, створення водонепроникних екранів тощо. У перші три роки після висаджування рослини гіркокаштана звичайного потребують значної кількості води, тому їх полив обов'язковий. Протягом весни і першої половини літа їх

поливають 3-4 рази, а в посушливі роки – 6-8. Ґрунт промочують на глибину не менше ніж 40-50см. Для 7-12-річних дерев норма поливу коливається в межах від 200 до 270л (табл. 1).

### 1. Норми поливу і розміри пристовбурних квадратів для дерев гіркогокаштана звичайного

Вік дерев, роки	Норми поливу, л	Розміри пристовбурного квадрата, м
2-3	50-70	2,0-2,5
4-6	70-110	2,5-3,0
7-12	110-160	3,0-3,5
Більше ніж 12	200-270	3,5-4,0

Середня кількість води на 1м<sup>2</sup> пристовбурного квадрата становила 10-30л. Для належного зберігання і наближення до основної маси коренів викопували по 2-3 кільцеві канавки за кругом завглибшки 10-15 та завширшки 20см на відстані не ближче ніж 1м від штамба. Після вбирання ґрунтом води їх засипали.

Для поліпшення стану каштанових зелених насаджень виявляли симптоми мінерального та водного дефіцитів. Нестача елементів живлення і води в ґрунті спричиняла морфологічні та фізіологічні зміни в пігментації, розмірах, структурі та забарвленні листків, що можливо визначити візуально (табл. 2).

Для точної оцінки симптомів водного і мінерального дефіциту нами розроблено високоінформативний метод листової діагностики фізіологічного стану рослин гіркогокаштана звичайного за СКВ (табл. 3).

Установлено, що зміни забарвлення листків за умов дефіциту N, P і K у ґрунті індукують збільшення відбиття світла у видимому діапазоні. У діапазоні 400-530 і 700-750нм нами помічені менш значні зміни. Порівняльна оцінка дії дефіциту елементів живлення на відбиваючі властивості листків свідчить, що для ділянки 400-730нм простежується така залежність: СКВ (норма) < СКВ (фосфорний дефіцит) < СКВ (калійний дефіцит) < СКВ (азотний дефіцит). У ділянці 730-750нм залежність змінюється: СКВ (калійний дефіцит) < СКВ (норма) < СКВ (фосфорний дефіцит) < СКВ (азотний дефіцит). У діапазоні 600-700нм різниця СКВ між K і P – дефіцит збільшується з 530-600нм, а між нестачею K та N – зменшується. Показано, що полив спричинює поступове відновлення оптичних властивостей і наближення їх до рівня контролю. Найчутливішим до дефіциту вологи виявились ділянки 500-600 та 650-670нм [2]. Доведено, що зміни відбиваючих властивостей за умов водного та мінерального дефіциту відбуваються тільки за умов досягнення межі відхилень від оптимуму фізіологічних показників рослин.

### 2. Візуальні симптоми нестачі мінеральних елементів і води для рослин гіркогокаштана звичайного

Дефіцит	Візуальні симптоми
Азоту (N)	Листки дерев набувають світло-зеленого кольору з жовтим відтінком. Пізніше, коли хлороз поширюється по листовій пластинці, листки повністю жовтіють. Симптоми спочатку з'являються на нижніх листках, потім і на верхніх. Середні жилки і прилеглі до них тканини старих листків відмирають від вершини до основи.
Фосфору (P)	Основною ознакою фосфорного голодування є гальмування росту пагонів. Зміна забарвлення передусім відбувається на нижніх листках, які набувають темно-зеленого кольору із синім відтінком. Пізніше по краях листків з'являється синюватий відтінок, який переходить у фіолетовий. На листках формуються світло-бурі та коричневі плями з деформацією листової пластинки та відмиранням верхівки листової пластинки.
Калію (K)	По краях листків утворюється жовта крапчастість. Такі хлоротичні ділянки зливаються і створюють безперервну жовту смугу, яка пролягає уздовж вершини і країв листка. Тканини, уражені хлорозом, швидко відмирають, водночас краї закручуються донизу. «Опик», який спочатку локалізується на краях пластинки, поширюється по листку. Надалі листові пластинки покриваються темно-бурими смугами.
Води (H <sub>2</sub> O)	Зниження тургорного потенціалу, інтенсивності транспірації та зів'янення листків. Тургор не відновлюється і зів'янення набуває незворотного характеру, якщо вранці верхні листки зів'ялі.

За умов пересаджування з розсадника на постійне місцезростання не допускають підсихання кореневої системи рослин. Ретельно покривають брезентами корені, що також скорочує час між викопуванням і пересаджуванням. Невиконання таких умов спричинює відмирання тонких бокових фізіологічно найактивніших коренів, підвищення втрат води і інтенсивності дихання, на які витрачаються асиміляти, зниження регенераційної здатності молодих рослин. Такі дерева погано приживлюються, повільно ростуть і уразливіші до убранізованих умов міського середовища.

Для оптимального ступеня приживлювання і подальшого розвитку молодих дерев гіркогоаштана звичайного важливе значення має підготовка до їх висаджування в ґрунт. Для запобігання процесам загнивання тканин корені з механічними та іншими пошкодженнями обрізають у місцях поранення, водночас зрізи мають бути перпендикулярними, що прискорює заживання ран. Після обрізання коренів надземну частину вкорочують на третину, а також укорочують скелетні гілки крони гіркогоаштана звичайного.

### **3. Методика листової діагностики нестачі азоту, фосфору, калію і води в рослинах гіркогоаштана звичайного за СКВ**

Відбір проб для діагностики рослин гіркогоаштана звичайного.	Величина вибірки для одного варіанта становить 5-7 листків.
--	---

<p>Розміщення зразків у прикладній кюветі в один шар.</p> <p>Реєстрація спектрів відбиття на СФ-18 у діапазоні 540-750нм.</p> <p>Запис значення СКВ за довжини хвиль 560, 680, 720 і 750нм.</p> <p>Розрахунок за варіантами коефіцієнта:</p> $L = \frac{[СКВ(560)+СКВ(680)]}{[СКВ(750)+СКВ(720)]}$ <p>Уміст елементів живлення (%) в листках рослин гіркогоаштана звичайного розраховують за формулами:</p> $N = -0,25L + 5,09$ $P = -0,12L + 1,47$ $K = -2,22L + 20,71$ <p>Фізіологічні показники рослин гіркогоаштана звичайного за дії посухи розраховують за формулами:</p> <p>уміст води (<math>\% = -1,5L + 12</math>);</p> <p>уміст хлорофілу (мг/г сухої маси речовини <math>= -3,23L + 15,85</math>);</p> <p>водний дефіцит (<math>\% = -25L + 34,75</math>)</p>	<p>Вимірюють спектри відбиття у день взяття проб.</p> <p>Швидкість розвертання спектра становить 30-90нм/хв.</p> <p>Значення <math>L &gt; 2,0</math> сигналізує про стресовий стан рослин гіркогоаштана звичайного</p> <p>Уміст N, P, K у відсотках на суху масу речовини листків гіркогоаштана звичайного.</p>
---	---

За умов сильно обрізаної кореневої системи зберігають цілісну надземну частину посадкового матеріалу. У цьому випадку висаджені молоді рослини завдяки запасним асимілятам швидко формують потужний листовий апарат, але послаблена коренева система не може забезпечити їх достатньою кількістю води та мінеральних речовин. Такі саджанці схильні до голодування і в'янення, порушення процесів росту та розвитку. Аналогічне явище виникає і за недостатньої щільності ґрунту навколо коренів і у випадку висаджування саджанців гіркогоаштана звичайного у сухий ґрунт без наступного поливу. Тому проводять полив, який забезпечує відновлення механічного контакту між кореневою системою і ґрунтом та прискорення процесів приживлюваності саджанців рослин гіркогоаштана звичайного.

Регенерацію кореневої системи гіркогоаштана звичайного зумовлює внесення органо-мінеральних добрив у складі компосту (65%), аміачної селітри (10%), суперфосфату (20%) і хлористого калію (або висококонцентрованої калійної солі) (5%). Якщо дерева висаджують у віці до 7-8 років, у глибокі ями вносять 6-8кг поживні суміші, яку змішують із землею. У кожному посадковому яму в обмеженій кількості вносять аміачну селітру – 100-500г, суперфосфат – 150-200г і калійну сіль – 25-50г. Під високорослі дерева гіркогоаштана звичайного дозу мінеральних добрив збільшують у півтора-два рази.

За умов внесення добрив викопують глибокі посадкові ями з розрахунком, щоб на їхньому дні можна було перемішати добриво з ґрунтом і накрити суміш шаром землі заввишки 10-12см з верхнього гумусного горизонту. Змішування добрив з землею в ямі та накриття шаром землі перед посадкою є обов'язковим заходом, невиконання якого спричинює локальне підвищення концентрації ґрунтового розчину, унаслідок чого відбувається пригнічення росту кореневої системи та загибель рослин гіркокаштана звичайного.

Для оптимізації водного та поживного режимів ґрунтів створюють штучні екрани, викопуючи ями розміром у півтора рази більшим за звичайні. На глибині 100-120см розмішують шар глини або лесу заввишки 15-20см, здатний утримувати воду.

Для запобігання пошкодженню кореневої системи рослин добрива розміщують лунками. Готують органо-мінеральну суміш із суперфосфату (30%), концентрованої калійної солі (15%) та подрібненого торфу (55 масових%), 1-2 кг якої (залежно від розмірів дерева) вносять окремо в кожну лунку по кутах пристовбурного квадрата.

Азотне підживлення здійснюють лише в першу половину літа, оскільки пізніше це може спричинити подовження вегетації і послаблення морозостійкості рослин. Після пересаджування проводять оптимальний полив, який зумовлює відновлення механічного контакту між кореневою системою і ґрунтом та прискорює процеси приживлюваності рослин гіркокаштана звичайного.

**Висновки і перспективи.** Уперше розроблено методику, яка уможливорює простим і доступним способом проводити недеструктивну або дистанційну діагностику фізіологічного стану, мінерального й водного дефіциту листків гіркокаштана звичайного за СКВ. Показано, що значення  $L > 2,0$  сигналізує про настання стресового стану рослин. Установлено норми поливу і підживлення рослин гіркокаштана звичайного в міських умовах з розрахунку аміачної селітри – 100-500г, суперфосфату – 150-200г і калійної солі – 25-50г.

#### Список використаних джерел

1. Первое сообщение о появлении в Украине каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) на конском каштане обыкновенном *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae) / И. А. Акимов, М. Д. Зерова, З. С. Гершензон, Н. Б. Нарольский, А. М. Коханец, С. В. Свиридов // Вестн. зоологии. – 2003. – 37, №1. – С. 3-12.
2. Біологія каштанів / І. П. Григорюк, С. П. Машковська, П. П. Яворовський, О. В. Колесніченко. – К.: Логос, 2004. – 380 с.
3. Вент Ф. В мире растений. / Под ред. П.И. Лапина. – М.: Мир, 1972. – 192с.

4. Глухов А. З. Промышленная ботаника в аспекте современных тенденций развития экономики / А. З. Глухов // Промислова ботаника: стан та перспективи розвитку (Донецьк, вересень, 2003). – Донецьк: ТОВ «Лебідь», 2003. – 350 с.
5. Соколов В. Б. Каштани / В. Б. Соколов // – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 80 с.
6. Шиманюк А. П. / А. П. Шиманюк // Дендрология. – М.: Лесн. пром-ть, 1974. – 263 с.
7. Wiech K. Phenological observations as tool of forecasting the appearance of some important ornamental plant pests in botanical gardens / K. Wiech, P. Sliwa // Visnyk of L'viv Univ. – 2004. – Vol. 36. – P. 235-239.

### References

1. Akimov, I. A., Zerov, M. D., Gershenzon, Z. S., Narolskyy N. B., Lover, A. M., Sviridov, S.V. (2003) Pervoe soobwentye o pojavlenyy v Ukraine kashtanovoy mynyruyushey moly *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) na konskom obuknovennom kashtane *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae) [The first message of appearance in Ukraine *Cameraria ohridella* (Lepidoptera, Gracillariidae) on *Aesculus hippocastanum* (Hippocastanaceae)]. Vestn. Zoology, 37, 3-12.
2. Grigoryuk, I. P., Mashkovska, S. P., Yavorovsky, P. P., Kolesnichenko, O. V. (2004) Biologiya kashtaniv [Biology of chestnut]. Kyiv: Logos, 380.
3. Lapin, P. I. ed. (1972) V myre rastenyi [In the plant world]. Moscow: Mir, 192.
4. Glukhov, A. Z. (2003) Promushlennaja botanyka v aspekte sovremennukh tendencuy razvytyja ekonomyky [Industrial botany aspect in modern trends of economical development]. Donetsk, 350.
5. Sokolov, V. B. (1984) Kashtanu [Chestnuts]. Moscow: Forest prom, 80.
6. Shimanyuk, A. P. (1974) Dendrologija [Dendrology]. Moscow: Forest prom, 263.
7. Wiech, K., Sliwa, P. (2004). Phenological observations as tool of forecasting the appearance of some important ornamental plant pests in botanical gardens, 36, 235-239.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ДИАГНОСТИКИ ДЕФИЦИТА ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ВОДЫ В ЛИСТЬЯХ РАСТЕНИЙ КАШТАНА КОНСКОГО ОБЫКНОВЕННОГО ПО СПЕКТРАЛЬНЫМ КОЭФФИЦИЕНТАМ ОТРАЖЕНИЯ

***Е. С. Пентелюк, Н. Г. Нестерова, И. П. Григорюк***

**Аннотация.** Приведены нормы полива полива и подкормки растений минеральными удобрениями в условиях водного и минерального дефицита. Разработано методика листовой диагностики дефицита азота, фосфора, калия и воды в листьях растений каштана конского обыкновенного по спектральным коэффициентам отражения.

**Ключевые слова:** каштан конский обыкновенный, водный и минеральный дефицит, листовая диагностика, спектральный коэффициент отражения, нормы полива и подкормки.

**METHODOLOGICAL PRINCIPLES OF DIAGNOSTICS OF MINERAL NUTRIETION AND WATER DEFICIT IN LEAVES OF PLANTS OF HORSE CHESTNUT BY SPECTRAL REFLECTION COEFFICIENTS**

***O. Penteliuk, N. Nesterova, I. Grigoryuk***

**Abstract.** *Presents the norms of water irrigation and additional fertilizing of plants with mineral fertilizers on the conditions of water and mineral deficits. Designed a methodology of leaf diagnostics of nitrogen, phosphorus, potassium and water deficiency in the leaves of horse chestnut plants by spectral reflectance coefficients.*

**Keywords:** *Horse chestnut, water and mineral deficit, leaf diagnosis, spectral reflectance coefficient, norms of irrigation and fertilizing.*