

**ФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАКЦІЇ РОСЛИН
PHASEOLUS VULGARIS L. НА ДІЮ НАНОМОЛІБДЕНУ
РІЗНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ**

А. І. Герц, О. Б. Конончук

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

E-mail: herts@chem-bio.com.ua

Молібден відіграє важливу роль у багатьох фізіологічних процесах рослин, оскільки входить до складу більше, ніж двадцяти ферментів. Перш за все, цей мікроелемент впливає на азотний обмін рослин, оскільки є компонентом нітратредуктази, нітрогенази, активує реакції амінування і переамінування, необхідний для синтезу леггемоглобіну тощо, що особливо важливо для бобових культур [5].

Підвищити ефективність застосування молібдену може його використання у формі нанопрепаратів, які володіють значно вищою біологічною активністю, порівняно із звичайними мікродобривами, завдяки активнішому і тривалішому проникненню діючої речовини з наночастинок у рослини та менш вираженою фітотоксичною дією [2].

Отже, метою нашого дослідження було за ростовими процесами і станом фотосинтетичного апарату рослин квасолі звичайної встановити найефективнішу концентрацію наномолібденового препарату Інституту біологічної хімії ім. Ф.Д. Овчаренка НАН України для позакореневого підживлення.

У досліджах використовували квасолю звичайну (*Phaseolus vulgaris* L.) сорту Буковинка, яку у вегетаційній ґрунтовій культурі у фазу перших справжніх листків обприскували водними розчинами нанопрепарату концентрації 120, 240 і 360 мг/л молібдену (варіанти, відповідно, Мо₁₂₀, Мо₂₄₀, Мо₃₆₀) чи дистильованою водою (контроль).

Вирощування квасолі звичайної до фази третього лиска

**Фізіолого-біохімічні аспекти адаптації організмів
та дослідження біорізноманіття**

показало, що позакореневе підживлення рослин розчинами молібдену з різною інтенсивністю стимулює ростові процеси, за виключенням рівномірного зростання на 13,4-15,5% до контролю (18,7±1,3 см) у всіх дослідних варіантах росту стебел у висоту та накопичення у них сухої речовини – на 55,6-61,1% порівняно з контролем (0,18±0,02 г).

Маса сирої надземної частини рослин квасолі зростала достовірно на 128,4% після обробки молібденом концентрації 240 мг/л та на 46,3% і 39,7% до контролю (3,48±0,29 г), відповідно, 120 і 360 мг/л. Аналогічна тенденція виявлена і за підвищенням маси сирих листків, за варіантами, на 172,4%, 48,3% і 42,4% (контроль – 2,03±0,19 г) та їх загальної площі – на 64,0%, 29,6% і 22,8% до контролю (176,7±16,8 см²), відповідно.

Спектрофотометричне визначення вмісту в листках хлорофілу *a* виявило його найвище зростання у дослідному варіанті Мо₂₄₀ – на 18,4% до контролю (70,0±1,5 мг/100 г сирої маси), а після обробки мікроелементом концентрації 120 і 360 мг/л, відповідно, на 6,3% і 10,0%. Підвищення вмісту хлорофілу *b* і основних каротиноїдів було значніше після застосування максимальної досліджуваної концентрації молібдену у 360 мг/л – на 36,2% і 39,3% порівняно з контролем (155,4±2,7 мг/100 г сирої маси). Молібден концентрації 240 мг/л індукував зростання вмісту зазначених пігментів на 18,5% і 5,3% та 120 мг/л – 4,2% і 7,0% до контролю, відповідно.

Така неоднакова зміна зазначених показників може свідчити про певну специфічність метаболічних процесів, зумовлених дією молібдену та можливим негативним впливом високої концентрації мікроелементу у 360 мг/л, адже відомо, що зростання каротиноїдів відіграє важливу роль у формуванні захисних механізмів фотосинтетичного апарату рослин до несприятливих факторів [3].

З метою обґрунтування вищеописаних морфо-фізіологічних відмінностей, очевидно обумовлених дією йонів молібдену, здійснено оцінку стану ФС II у квасолі методом індукованої флуоресценції хлорофілу *a* (ІФХ) [1, 3].

Матриці кореляції маси сирої надземної частини, площі

**Фізіолого-біохімічні аспекти адаптації організмів
та дослідження біорізноманіття**

листяної пластинки та показників флуоресценції хлорофілу а дозволила виділити наступні параметри: відносний вміст хлорофілу (SPAD) [4], Φ_{PSII} [3], індекс життєздатності (Rfd) [1], які позитивно корелюють із збільшенням вегетативної маси рослин – коефіцієнт кореляції становить 0,51-0,53.

Встановлено, що збільшення маси сирової надземної частини, маси окремо взятих сирих листків та площі листкової поверхні обумовлене зростанням вмісту хлорофілу та рівня квантового виходу електронного транспорту у ФС II. Зростання частки нефотохімічних процесів ϕNPQ ($r = -0,50$) у ФС II [4] знижує фотосинтетичну продуктивність рослин.

Для оцінки впливу різних концентрацій йонів молібдену на вищезгадані параметри, що характеризують стан ФС II, поряд із однофакторним дисперсійним аналізом (ANOVA), було проведено додатковий після-аналіз (post-hoc) із застосуванням критерію Тьюкі.

З'ясовано, що Φ_{PSII} , ϕNPQ , частка реакційних центрів ФС II (РЦ ФС II), які знаходяться у відкритому стані (qL) [1, 3-4], відносний вміст хлорофілу та індекс життєздатності чутливі ($P < 0,05$) до зміни концентрації наномолібдену у розчині для позакореневого підживлення рослин.

Зауважимо, що концентрація наномолібдену 240 мг/л позитивно впливає на перебіг первинних процесів фотосинтезу. У *Phaseolus vulgaris*, за таких умов, на фоні високого вмісту хлорофілів у листках, збільшується частка світла, яка реалізується через фотохімічні процеси, про що свідчить параметр Φ_{PSII} , та суттєво знижується рівень квантового виходу нефотохімічного гасіння флуоресценції (ϕNPQ). Концентрація наномолібдену 360 мг/л у розчині для позакореневого живлення рослин знижує Fm' -рівень флуоресценції [1, 3], що зумовлений максимальною відновленістю Q_A та закритістю центрів ФС II. Як наслідок, зростає роль нефотохімічного шляху гасіння енергії квантів світла. Відтак, через пригнічення фотосинтетичної ефективності ФС II та зростаючу роль нефотохімічних процесів трансформації світлової енергії рослиною, збільшення концентрації наномолібдену з 240 мг/л до 360 мг/л є недоцільним.

**Фізіолого-біохімічні аспекти адаптації організмів
та дослідження біорізноманіття**

Отже, максимальну стимулюючу дію за показниками накопичення сирі маси у надземній частині, площею листової поверхні і вмістом хлорофілів *a* і *b* у рослин квасолі звичайної сорту Буковинка має концентрація наномолібдену 240 мг/л. Отримано ряд параметрів флуоресценції хлорофілу *a*, що можуть продемонструвати не лише короткотривалу, а й довготривалу післядію молібдену на фотосинтетичну активність квасолі. Виокремлено групу параметрів флуоресценції хлорофілу *a*, які доцільно використовувати для експрес-оцінки стану рослин за довготривалій дії мікроелементу.

Література

1. *Корнеев Д. Ю.* Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла / Д. Ю. Корнеев. — К. : Альтерпрес, 2002. — 187 с.
2. *Нанотехнології в сучасному сільському господарстві* / [Ситар О. В., Новицька Н. В., Таран Н. Ю. та ін.]// Фізика живого. — 2010. — Т. 18, № 3. — С. 113—116.
3. *Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти* / [Т. М. Шадчина, Б. І. Гуляев, Д. А. Кірізіт та ін.]. — К. : Фітосоціоцентр, 2006. — 384 с.
4. *Multispe Q Beta: a tool for large-scale plant phenotyping connected to the open PhotosynQ network* [Електронний документ] / Sebastian Kuhlger, Greg Austic, Robert Zegarac et al // R. Soc. open sci. — 2016. — Vol. 3, №10. — Режим доступу до журн.: <http://rsos.royalsocietypublishing.org/content/3/10/160592>. Перевірено: 22.01.2017.
5. *The role of molybdenum in agricultural plant production* [Електронний документ] / Kaiser B. N., Gridley K. L., Brady J. N. et al // Ann. Bot. — 2005. — Vol. 96, № 5. — P. 745—754. — Режим доступу до журн.: <http://aob.oxfordjournals.org/content/96/5/745.full.pdf+html>. Перевірено: 22.01.2017.