

УДК 581.132:546.56:581.1

ВПЛИВ КУПРУМУ НА ФОТОСИНТЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ

***CARLINA ONOPORDIFOLIA* BESSER EX SZAFER, KULCZ.**

ET PAWL

Метельська І. С., Тарасенко У. П., Прокоп'як М. З.,

Дробик Н. М.

Тернопільський національний педагогічний університет

імені Володимира Гнатюка

E-mail: irametelska020@gmail.com

В умовах зростаючої індустріалізації і мілітарного забруднення довкілля, зокрема важкими металами, суттєво змінюється стан екосистем в Україні. Індикаторами забруднення ґрунтового покриву, у першу чергу, виступають рослини. Забруднення рослин важкими металами створює стресові умови для їх росту і розвитку, порушує фізіолого-біохімічні процеси, зокрема фотосинтез, дихання і водний обмін. Високі концентрації важких металів у ґрунті або воді можуть спричиняти порушення фізіологічних процесів рослин, зокрема одним із чутливих є фотосинтез. Вплив важких металів на фотосинтез досліджувався у багатьох роботах, причому більшість з них присвячена вивченню ефекту окремих металів на конкретні ланки цього процесу.

Купрум (Cu) – є мікроелементом, який є необхідним для нормального росту та розвитку рослин. Він входить до складу ферментів як кофермент, є компонентом окиснювальних ферментів, що беруть участь у клітинних процесах, процесах дихання рослин [1]. Купрум входить до складу переносників електронів при фотосинтезі (пластоціаніну) і диханні (цитохром с оксидази), включається в лігніфікацію. Дефіцит цього мікроелементу призводить до пригнічення росту рослин, деформації та пожовтіння молодих листків (хлороз), скручування країв листків, призводить до пошкодження апікальних меристем й ін. [2].

Купрум може чинити як стимулювальний, так і пригнічувальний вплив на накопичення флавоноїдів у рослинах. Оптимальна кількість міді сприяє активності ферментів і підвищує синтез флавоноїдів. Метал купрум може впливати на

рослини як прямо, так і опосередковано через зміну фізико-хімічних і біологічних властивостей ґрунту. Однак надлишок міді може інгібувати ферменти та порушувати метаболізм рослин, пригнічувати фотосинтез [4]. Надмірне накопичення купруму призводить до змін структури хлоропластів і тилакоїдних мембран, що може спричинити розвиток оксидативного стресу в клітинах рослин. Унаслідок цього знижується вміст фотосинтетичних пігментів і компонентів електронно-транспортного ланцюга, що порушує процес перенесення електронів під час фотосинтезу. Однією з характерних ознак токсичної дії іонів Cu^{2+} є пожовтіння листків. Підвищені концентрації цього металу можуть негативно впливати на функціонування світлозбирального комплексу II і фотосистеми II. Отже, надлишкові кількості купруму можуть істотно знижувати інтенсивність фотосинтезу шляхом пригнічення синтезу хлорофілу та порушення функціонування фотосистеми II, що негативно позначається на загальному стані рослин [2].

Нами було вивчено вплив іонів Cu^{2+} (1 мМ) на функціонування фотосинтетичного апарату рослин *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer, Kulcz. et Pawł. Насіння було замочене у 1 мг/мл індол-3-оцтової кислоти (IAA), після чого висівалося в стерильні чашки Петрі на середовище Мурасіге і Скуга з половиною концентрацією макро-та мікроелементів (МС/2) без регуляторів росту. Свіжі зразки листків поміщали в пробірки з диметилсульфоксидом та інкубували в термостаті при $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$ до повного знебарвлення тканин листка. Вміст хлорофілу а (Chl a), хлорофілу b (Chl b) та сумарних каротиноїдів (Carot) визначали за допомогою спектрофотометра ULAB 102UV за довжин хвиль 663 нм, 645 нм та 440,5 нм відповідно. Якісний та кількісний склад пігментів служить (з фізіологічної точки зору) показником здатності рослини пристосовуватися до умов навколишнього середовища. Нами встановлено, що концентрація 1 мМ іонів Cu^{2+} значно впливала на фотосинтетичний апарат цих рослин, спричинюючи зниження у 2 рази співвідношення Chl a до Chl b. Очевидно, метал більше вплинув на основний фотосинтетичний апарат (асоційований з Chl a), ніж на допоміжні пігменти (Chl b). Співвідношення Chl a + Chl b до Carot знизилося з 2,82 до 2,52, що показує, що каротиноїди збереглися відносно

стабільно і дещо компенсують фотострес. За співвідношенням хлорофілу а до каротиноїдів і хлорофіду б до каротиноїдів, можна сказати, що за впливу іонів Cu^{2+} відбувалося сильне пошкодження фотосинтетичного апарату (Chl a / Carot зменшився у 2 рази, порівняно з контролем), а Chl b був більш стабільним, порівняно з Chl a (Chl b / Carot зменшився незначно: контроль – 2,58, дослід – 2,47). Показники свідчать про стресову адаптацію, при якій зниження Chl a частково компенсується стабільністю Chl b та каротиноїдів, що підтримують фотопротекцію рослини. Іншими авторами показано схожий токсичний вплив купруму вже за концентрації 0,1 мМ на фотосинтетичний апарат томатів. Вміст загального хлорофілу (Chl a + Chl b) знижувався приблизно у 2,2 рази, порівняно з контролем [5]. Holtra і співавтори (2015) показали, що у *Salvinia natans* за концентрації іонів Cu^{2+} 5 мг/дм³ загальний хлорофіл зменшився приблизно в 1,1 рази, порівняно з контролем.

Отже, надмірна кількість іонів Cu^{2+} чинить помітний негативний вплив на фотосинтетичний апарат рослин *S. onopordifolia*, ушкоджуючи основні пігменти та знижуючи фотосинтетичну активність. Допоміжні пігменти та каротиноїди частково зберігаються і виконують захисну компенсаторну роль, підтримуючи фотопротекцію. На основі порівняння з літературними даними зроблено висновок, що чутливість фотосинтетичного апарату до купруму залежить від виду рослини і концентрації металу. Це підтверджує загальну тенденцію токсичного впливу важких металів на асиміляційну систему рослин.

Список літератури:

1. Петрушина Г. О., Крамарьов С. М., Максимова Н. М. Вплив купрум гліцинату на проростання насіння ячменю озимого. Наукові читання до 100-річчя від дня народження Філіп'єва Івана Давидовича – видатного вченого у галузі агрохімії та ґрунтознавства : матеріали наук.-практ. конф., присвяченої пам'яті д-ра с.-г. наук, проф., заслуженого діяча науки і техніки України Філіп'єва Івана Давидовича (20 вересня 2024 р., м. Одеса). Одеса : Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства НААН, 2024. С. 98–102.

2. Chen G., Li J., Han H., Du R., Wang X. Physiological and molecular mechanisms of plant responses to copper stress. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022. Vol. 23, № 21. P. 1–17.

3. Hołtra A., Zamorska-Woźdyla D. Assessment of the physiological condition of *Salvinia natans* L. exposed to copper(II) ions. *Environment Protection Engineering*. 2015. Vol. 41, № 3. P. 147–158.

4. Xu E., Li Y., Zhang P., Zhang Y., Gao D., Zhao X., Li J., Zhang K. Molecular mechanisms of plant responses to copper. *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25, № 12. P. 1–24.

5. Zhang T., Wang Y., Ma X., Ouyang Z., Deng L., Shen S., Dong X., Du N., Dong H., Guo Z., Meng G., Piao F., Sun K. Melatonin alleviates copper toxicity via improving ros metabolism and antioxidant defense response in tomato seedlings. *Antioxidants*. 2022. Vol. 11, № 4. P. 1–19.

УДК 504.054:546.815:582.738

СТІЙКІСТЬ *CERCIS CANADENSIS* ДО ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ СВИНЦЕМ

Нужина Н. В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка
E-mail: nuzhynan@knu.ua

Серед наявних полютантів свинець є одним із найбільш токсичних металів для здоров'я людини. Окрім промислового забруднення, військові дії на території України значно посилюють забруднення важкими металами навколишнього середовища. У міських та промислових регіонах, а також у забруднених лісосмугах використання деревних насаджень для фіторе mediaції має ряд важливих переваг над традиційними трав'янистими рослинами: вони можуть очищати глибинні шари ґрунту, акумулювати токсини протягом тривалого часу без необхідності утилізації та зменшувати ерозію ґрунту. Потенційні рослини для забезпечення тривалої фіторе mediaції повинні бути стійкими до впливу важких металів. Отже, метою нашого дослідження було дослідити високодекоративні, морозо- і посухостійкі рослини