



О.В. ПАЦКО¹, Л.М. БАЦМАНОВА¹, Н.Ю. ТАРАН¹,
Н.А. ВОРОБЕЙ², С.Я. КОЦЬ²

¹ Київський національний університет імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64, м. Київ, 01033, Україна
patsko_lena@ukr.net

² Інститут фізіології рослин і генетики НАН України
вул. Васильківська, 31/17, м. Київ, 03022, Україна

**ВПЛИВ АЛЬГО-РИЗОБІАЛЬНОЇ
ІНОКУЛЯЦІЇ НАСІННЯ НА АКТИВНІСТЬ
СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗИ ТА
ПІГМЕНТНИЙ СКЛАД РОСЛИН *MEDICAGO
SATIVA L.* ЗА ДІЇ ДИКВАТУ**

*К л ю ч о в і с л о в а: супероксиддисмутаза, каротиноїди,
хлорофіли, інокуляція, ризобії, ціанобактерії*

Вступ

Різноманітні азотфіксувальні мікроорганізми та їхні асоціації [5, 8] можна розглядати як природні регулятори росту, однак їх значення у збереженні життєдіяльності рослин у стресових умовах потребує глибшого вивчення.

Наші попередні дослідження показали позитивний вплив інокуляції різними штамми бульбочкових бактерій та їхніх бінарних асоціацій із ціанобактеріями на азотфіксувальну активність, динаміку формування вегетативної маси та накопичення фотосинтетичних пігментів, урожайність люцерни [1, 9]. Проте питання впливу моно- та бінарної інокуляції діазотрофами на формування стійкості рослин до дії стресорів, які спричинюють окиснювальні ушкодження, залишаються маловивченими.

Одним із ключових компонентів системи захисту клітин і тканин від окиснювальних деструкційних процесів є фермент супероксиддисмутаза (СОД). СОД забезпечує первинну лінію захисту рослинного організму, зупиняючи окиснення клітинних макромолекул ще на стадії ініціювання [21].

© О.В. ПАЦКО,
Л.М. БАЦМАНОВА,
Н.Ю. ТАРАН,
Н.А. ВОРОБЕЙ,
С.Я. КОЦЬ, 2012

Дослідження СОД у рослинах, які відрізняються за стійкістю до стресових чинників різної природи, виявили, що стійкі рослини, порівняно з чутливими, характеризуються вищою активністю СОД і менш вираженими окиснювальними ушкодженнями, що забезпечує їм можливість існування в умовах дії стресорів [20].

Метою нашої роботи було дослідження впливу гербіциду диквату на вміст пігментів та активність супероксиддисмутази (СОД) у фотосинтетичних тканинах люцерни, інокульованої штамми аналітичної селекції і Tn5-мутантами бульбочкових бактерій *Sinorhizobium meliloti* й азотфіксувальної синьозеленої водорості *Nostoc punctiforme* (Kutz.) Hariot, що сприяють поліпшенню азотного живлення рослин.

Матеріали та методи досліджень

Матеріалом для досліджень були рослини люцерни посівної (*Medicago sativa* L.), які вирощували в умовах вегетаційних досліджень на піщаному субстраті, збідненому на азот — 0,25 норми (1 норма відповідає $708 \text{ мг Ca(NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ на 1 кг піску), та збагаченому поживною сумішшю Гельрїгеля. Насіння люцерни перед посівом поверхнево стерилізували впродовж 5-ти хв концентрованою сірчаною кислотою, промивали проточною водопровідною водою та протягом 60-ти хв інокульовали моно- й бінарними суспензіями, виготовленими на основі бульбочкових бактерій *S. meliloti* та синьозеленої водорості *N. punctiforme*.

Культури бульбочкових бактерій *S. meliloti* — виробничий штам 425a, реїзолят АС48 і Tn5-мутанти I-7 і T17 — взяті з колекції азотфіксувальних мікроорганізмів Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРiГ) (Київ). Tn5-мутанти отримані співробітниками відділу симбіотичної азотфіксації ІФРiГ (С.М. Маліченко, Н.А. Воробей та ін.) унаслідок міжродової кон'югації між *Escherichia coli* (pSUP2021::Tn5) і *S. meliloti* за методикою, описаною в літературі [7], і відібрані ними за поліпшеними симбіотичними властивостями з-поміж інших генетично змінених бульбочкових бактерій. Штами *S. meliloti* 425a та АС48 вирощували на агаризованому середовищі 79 [14], а Tn5-мутанти — на цьому ж середовищі з канаміцином (200 мкг/мл) за температури +28° С. Ціанобактерію *N. punctiforme*, взятую з колекції Інституту гідробіології НАН України, культивували на середовищі Фітцджеральда в модифікації Цендера й Горема № 11 [9] у колбах Ерленмейєра за температури +22±2° С та освітленості 4500—5000 лк до стаціонарної фази росту. Шляхом змішування монокультур бульбочкових бактерій (1×10^9 клітин / мл) і синьозеленої водорості ($C_{\text{хл, мкг/л}} = 1506,6 \pm 13,4$, $\Delta F = 0,15$) в об'ємному співвідношенні 1:1 отримували бінарні композиції мікроорганізмів. Концентрацію хлорофілу ($C_{\text{хл}}$) в клітинах водорості визначали методом диференціальної флуорометрії із використанням Planctofluorometer FL300 3М розробки Красноярського університету [3]. Життєздатність клітин або величину їхньої потенційної фотосинтетичної активності (ΔF) встановлювали за різницею в інтенсивності флуоресценції до і після внесення симазину як інгібітору електронного транспорту фотосинтезувальних клітин [6].

Як стресовий фактор використовували розчин гербіциду диквату ($1 \cdot 10^{-3}$ М), який є індуктором оксидного стресу. Ця сполука здатна відновлюватись у хлоропластах, а також у мембранах ендоплазматичного ретикулуму до аніон-радикалів і після взаємодії з киснем продукувати велику кількість супероксидних радикалів [15]. У фазу бутонізації рослини обприскували гербіцидом. Проби листків із середніх ярусів семи рендомізованих рослин одного варіанта для аналізу відбирали через 30, 60 хв та 24 години після обробки гербіцидом. Контролем були варіанти без обробки дикватом та без інокуляції зі зволоженням насіння водопровідною водою, а також інокульовані відповідними композиціями мікроорганізмів без обприскування гербіцидом, а лише дистильованою водою.

Стійкість рослин до дії гербіциду оцінювали за активністю супероксиддисмутази (СОД) (КФ 1.15.1.1) [13], оскільки саме цей фермент відіграє основну роль у зниженні рівня супероксидного радикала. Метод ґрунтується на здатності супероксиддисмутази конкурувати з нітросинім тетразолієм (НСТ) за супероксидні аніони. В результаті цієї реакції НСТ відновлюється з утворенням гідразинтетразолію. За наявності СОД відсоток відновлення НСТ зменшується.

Вміст фотосинтетичних пігментів визначали за методикою Вельбурна [18]. Пігменти екстрагували 3 години диметилсульфоксидом (на 0,1 г рослинного матеріалу — 10 мл ДМСО) за температури $+67^{\circ}$ С до повної екстракції, після чого вимірювали оптичну густину отриманих розчинів на спектрофотометрі СФ—26 (ЛОМО, Росія) за довжини хвиль 480, 649 та 665 нм.

Математичне опрацювання одержаних результатів здійснювали за допомогою методів статистичного аналізу [4]. Відмінності вважали суттєвими, якщо значення $P \leq 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення

Визначення активності СОД у фотосинтетичних тканинах рослин люцерни за моно- та бінарної інокуляції її насіння виробничим штамом *S. meliloti* 425a та у поєднанні з ціанобактерією *N. punctiforme* показало, що за бінарної інокуляції люцерни композицією 425a+*N. punctiforme* у разі короточасної (30 хв) і тривалої (60 хв) дії стресового чинника її активність була найвищою. Тоді як за монокультуральної інокуляції ризобіями спостерігали зниження активності ферменту, але ці варіанти все одно на 117,1 % і 31,6 % перевищували контрольні рослини, оброблені дикватом. В умовах стійкого стресового впливу (24 год) відзначали поступове інгібування СОД (рис. 1).

У рослин, інокульованих реізолятом АС48, активність СОД за короточасної (30 хв) і тривалої (60 хв) дії стресового чинника порівняно з контролем була найвищою у разі моноінокуляції ризобіями АС48, а в бінарних асоціаціях з *N. punctiforme* знижувалася на 42,5 і 43,03 % відповідно. За наростаючого впливу стресора (24 год) активність СОД практично не змінювалася і залишалася на такому самому рівні, як і на 60-й хвилині дії диквату.

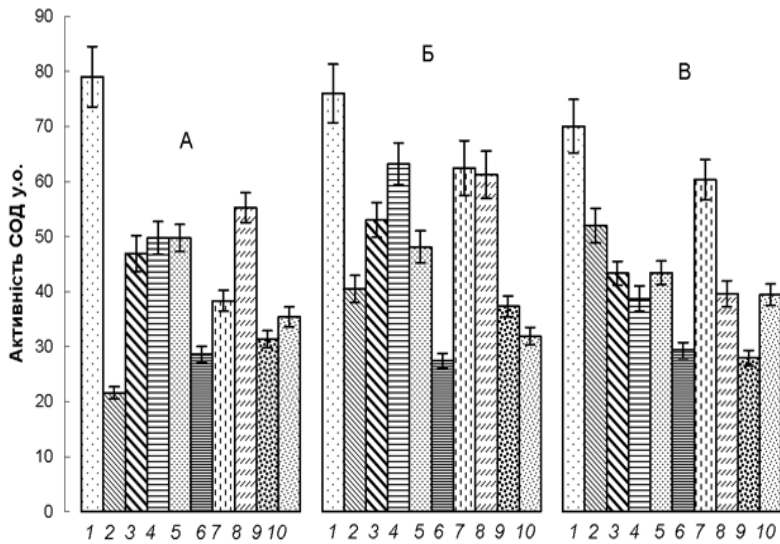


Рис. 1. Активність СОД у листках люцерни після обробки гербіцидом дикватом: А — через 30 хв, Б — через 60 хв, В — через 24 год. 1 — контроль (без інокуляції й обробки гербіцидом), 2 — контроль (без інокуляції, обробка гербіцидом), 3 — інокуляція виробничим штамом 425а *S. meliloti*, 4 — бінарна інокуляція 425а + *Nostoc punctiforme*, 5 — інокуляція штамом аналітичної селекції АС48, 6 — бінарна інокуляція АС48 + *Nostoc punctiforme*, 7 — інокуляція Тn5-мутантом *S. meliloti* Т17, 8 — бінарна інокуляція Т17 + *Nostoc punctiforme*, 9 — інокуляція Тn5-мутантом *S. meliloti* І-7, 10 — бінарна інокуляція І-7 + *Nostoc punctiforme*

Fig. 1. SOD activity in alfalfa leaves after diquat treatment: А – in 30 min, Б – in 60 min, В – in 24 hours. 1 – control (without inoculation and diquat treatment), 2 – control (without inoculation, with diquat treatment), 3 – inoculation by commercial strain 425a *S. meliloti*, 4 – binary inoculation by 425a + *Nostoc punctiforme*, 5 – inoculation by strain of analytical selection АС48, 6 – binary inoculation by АС48 + *Nostoc punctiforme*, 7 – inoculation by Tn5-mutant of *S. meliloti* Т17, 8 – binary inoculation by Т17 + *Nostoc punctiforme*, 9 – inoculation by Tn5-mutant of *S. meliloti* І-7, 10 – binary inoculation by І-7 + *Nostoc punctiforme*

За активністю СОД у фотосинтезувальних тканинах варіант бінарної інокуляції Т17 + *N. punctiforme* за короткочасної дії диквату (30 хв) виявився найефективнішим і у 2,5 рази перевищував контроль та варіант монокультуральної обробки штамом Т17 (на 42,5 %). Через 60 хв після обробки гербіцидом суттєвої зміни активності СОД у рослинах за моно- та бінарної інокуляції не спостерігали, однак порівняно з контролем різниця була істотною — зростала на 54 %. Після тривалої дії стресора (24 год) активність СОД залишалася на такому самому рівні, як і за короткочасного впливу в разі моноінокуляції Т17, на 23,4 % зменшувалася щодо контролю за бінарної інокуляції з ціанобактерією та на 34,4 % — порівняно з варіантом моноризобіальної обробки Т17.

У рослин люцерни, інокульованих Тn5-мутантом І-7 та альго-ризобіальною композицією І-7 + *N. punctiforme*, за короткочасної дії гербіциду (30 хв) активність СОД підвищувалася на 43,9 і 63,8 % відповідно порівняно з контрольним

варіантом досліду. Збільшення тривалості впливу стресора (60 хв) спричинювало зниження активності СОД. У результаті тривалої дії диквату (24 год) у рослинах люцерни за бінарної інокуляції I-7 + *N. punctiforme* досліджуваний показник зростав на 41,2 % стосовно відповідного йому варіанта монообробки, проте знижувався порівняно з контролем.

Активність СОД залежить від кількості накопичених інтермедіатів. За короткочасної (30 хв) і тривалої (60 хв) дії токсиканта спостерігається підвищення активності СОД в інокульованих рослин, що вказує на вчасну мобілізацію їхніх захисних механізмів, порівняно з рослинами без інокуляції. Це пояснюється тим, що за моно- та бінарної інокуляції інтенсифікується процес азотфіксації (підтверджено нами у попередніх дослідженнях [1, 9]). Отже, зростає вміст доступних рослинам форм азоту, зокрема NO, який може виступати в ролі сигнальної молекули, що запускає каскад реакцій, котрі зумовлюють експресію певних генів [2, 19]. За своїми хімічними та фізичними властивостями (мала молекула, швидкий метаболізм, відсутність заряду та високий коефіцієнт дифузії) NO сповна годиться на роль внутрішньоклітинного сигнального медіатора рослинних стресових відповідей [2]. Підвищення оксидантного навантаження шляхом зростання часу дії гербіциду до 24 годин знижує активність СОД. Це може спричинюватися безпосереднім впливом H₂O₂, який накопичується у клітинах за умов стресу, або виснаженням пулу СОД за тривалої дії стресового фактора [16].

У результаті досліджень впливу диквату на вміст у листках люцерни фотосинтетичних пігментів з'ясовано, що застосування штамів бульбочкових бактерій *S. meliloti* та їхніх консорціумів із *N. punctiforme* для інокуляції насіння сприяло збільшенню концентрації фотосинтетичних пігментів у листках люцерни порівняно з контролем (рис. 2, 3).

Як свідчать дані, наведені на рис. 2, вміст хлорофілу *a* в листках рослин, оброблених моно- та бінарними композиціями азотфіксувальних мікроорганізмів, відрізнявся від контрольного варіанта мінімум на 22,3 % за монообробки штамом аналітичної селекції AC48 та максимум на 53,7 % — у разі інокуляції виробничим штамом 425a; хлорофілу *b* — мінімум на 23,9 % і максимум — на 52,4 % відповідно. Слід відзначити і бінарні альго-ризобіальні композиції Tn5-мутанта T17 + *N. punctiforme* та реізоляту AC48 + *N. punctiforme*: унаслідок обробки ними насіння вміст хлорофілу *a* зростав на 12 % (в обох варіантах) порівняно з відповідними їм варіантами моноінокуляції. Позитивний вплив ризобій і ціанобактерій на досліджувані показники можна пояснити тим, що концентрація хлорофілів у листках перебуває у прямопропорційному зв'язку з інтенсивністю азотфіксації та залежить від симбіотичних властивостей бульбочкових бактерій [12]. У нашому випадку збільшення кількості цих пігментів у листках за інокуляції люцерни бінарними композиціями діазотрофів може слугувати доказом здатності ціанобактерій впливати на метаболізм ризобій, що позначається на їхніх симбіотичних властивостях.

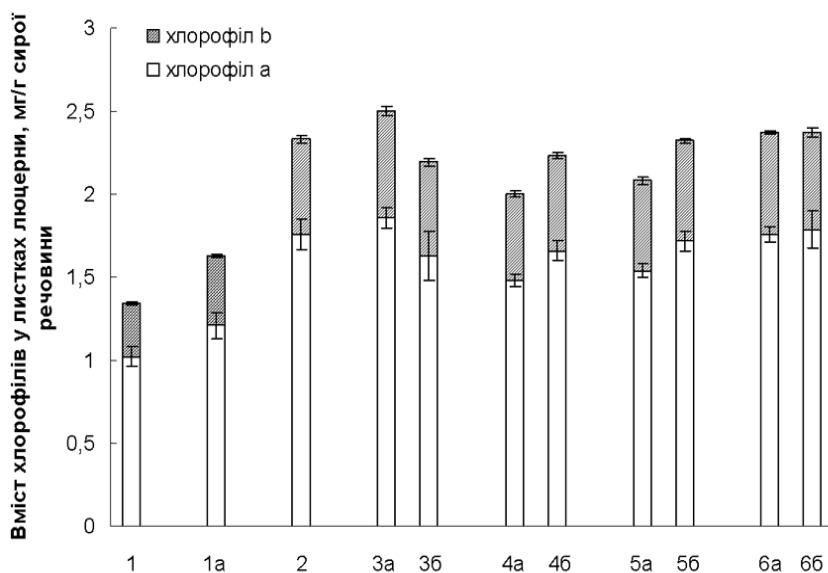


Рис. 2. Вміст хлорофілів у листках люцерни після 60 хвилин обробки гербіцидом дикватом: 1 — контроль (без інокуляції та обробки гербіцидом), 1а — контроль (без інокуляції, обробка гербіцидом), 2 — моноінокуляція ціанобактерією *Nostoc punctiforme*, 3а — інокуляція виробничим штамом 425а *S. meliloti*, 3б — бінарна інокуляція 425а+*Nostoc punctiforme*, 4а — інокуляція штамом аналітичної селекції АС48, 4б — бінарна інокуляція АС48+*Nostoc punctiforme*, 5а — інокуляція Тn5-мутантом *S. meliloti* Т17, 5б — бінарна інокуляція Т17+*Nostoc punctiforme*, 6а — інокуляція Тn5-мутантом *S. meliloti* І-7, 6б — бінарна інокуляція І-7+*Nostoc punctiforme*

Fig. 2. Content of chlorophylls in alfalfa leaves after 60-min diquat treatment: 1 – control (without inoculation and diquat treatment), 1a – control (without inoculation, with diquat treatment), 2 – monoinoculation by cyanobacteria *Nostoc punctiforme*, 3a – inoculation by commercial strain 425a *S. meliloti*, 3b – binary inoculation by 425a+*Nostoc punctiforme*, 4a – inoculation by strain of analytical selection AC48, 4b – binary inoculation by AC48+*Nostoc punctiforme*, 5a – inoculation by Tn5-mutant of *S. meliloti* T17, 5b – binary inoculation by T17+*Nostoc punctiforme*, 6a – inoculation by Tn5-mutant of *S. meliloti* I-7, 6b – binary inoculation by I-7+*Nostoc punctiforme*

У вегетаційних дослідженнях спостерігалось також підвищення вмісту каротиноїдів на 62,5—81,3 % порівняно з контролем як за моно-, так і бінарної інокуляції (рис. 3). Суттєвої різниці між варіантами моно- та бінарної інокуляції за цим показником не відзначали.

Отже, монобактеріальна та бінарна альго-ризобіальна інокуляції позитивно впливають на динаміку накопичення вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах, зокрема каротиноїдів. А вони, як відомо, є гідрофобними антиоксидантами, які, виконуючи функції фотопротекторів, захищають фотосинтетичний апарат від фотоокиснювальних ушкоджень шляхом «гасіння» триплетного стану хлорофілів, ліквідують надлишок активних форм кисню, оберігаючи пігменти та ненасичені жирні кислоти ліпідів від окиснювального ушкодження.

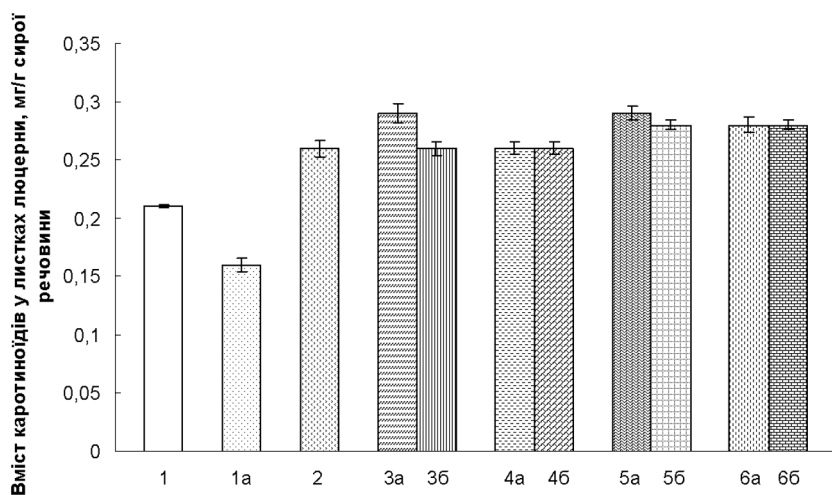


Рис. 3. Вміст каротиноїдів у листках люцерни після 60 хвилин обробки гербіцидом дикватом: 1 — контроль (без інокуляції та обробки гербіцидом), 1а — контроль (без інокуляції, обробка гербіцидом), 2 — моноінокуляція ціанобактерією *Nostoc punctiforme*, 3а — інокуляція виробничим штамом 425а *S. meliloti*, 3б — бінарна інокуляція 425а+*Nostoc punctiforme*, 4а — інокуляція штамом аналітичної селекції АС48, 4б — бінарна інокуляція АС48+*Nostoc punctiforme*, 5а — інокуляція Тn5-мутантом *S. meliloti* Т17, 5б — бінарна інокуляція Т17+*Nostoc punctiforme*, 6а — інокуляція Тn5-мутантом *S. meliloti* I-7, 6б — бінарна інокуляція I-7+*Nostoc punctiforme*

Fig. 3. Content of carotenoids in alfalfa leaves after 60-min diquat treatment:

1 – control (without inoculation and diquat treatment), 1a – control (without inoculation, with diquat treatment), 2 – monoinoculation by cyanobacteria *Nostoc punctiforme*, 3a – inoculation by commercial strain 425a *S. meliloti*, 3b – binary inoculation by 425a+*Nostoc punctiforme*, 4a – inoculation by strain of analytical selection AC48, 4b – binary inoculation by AC48+*Nostoc punctiforme*, 5a – inoculation by Tn5-mutant of *S. meliloti* T17, 5b – binary inoculation by T17+*Nostoc punctiforme*, 6a – inoculation by Tn5-mutant of *S. meliloti* I-7, 6b – binary inoculation by I-7+*Nostoc punctiforme*

За дії стресових факторів, як відомо, активність антиоксидантних ферментів негативно корелює з інтенсивністю фотосинтезу [11], що спричинює зниження активності фотосинтетичного апарату. Можливо, саме антиоксидантні ферменти запобігають остаточному її пригніченню. Оскільки стійкість рослин до стресорів визначається, зокрема, й активністю антиоксидантних ферментів [17], підвищення активності СОД та збільшення вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах, інокульованих азотфіксувальними композиціями, за дії гербіциду є адаптивним і сприяє формуванню неспецифічної резистентності.

Висновки

Таким чином, показано, що інокуляція насіння люцерни штамми бульбочкових бактерій *Sinorhizobium meliloti* та азотфіксувальної синьозеленої водорості *Nostoc punctiforme* підвищувала активність СОД, уміст фотосинтетичних пігментів за дії гербіциду диквату, що сприяло формуванню стійкості рослин до впливу окиснювальних ушкоджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Воробей Н.А., Пацко О.В., Коць С.Я., Паришкова Т.В. Фізіологічні особливості розвитку люцерни за інокуляції змішаними культурами азотфіксувальних мікроорганізмів // Физиология и биохимия культ. растений. — 2009. — **41**, № 4. — С. 344—352.
2. Глянько А.К., Васильева Г.Г. Особенности действия активных форм кислорода и азота при бобово-ризобияльном симбиозе // Вісн. Харків. аграр. ун-ту. Сер. Біологія. — 2007. — **3**. — С. 27—41.
3. Гольд В.М., Гаевский Н.А., Григорьев Ю.С. и др. Теоретические основы и методы изучения флуоресценции хлорофилла. — Красноярск: КГУ, 1984. — 84 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
5. Коць С.Я., Михалків Л.М. Фізіологія симбіозу та азотне живлення люцерни. — К.: Логос, 2005. — 300 с.
6. Мусієнко М.М., Паришкова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології і біохімії та екології рослин. — К.: Фітосоціоцентр, 2002. — 200 с.
7. Новикова Н.И., Шарыпова Л.А., Симаров Б.В. Транспозоновый мутагенез у штамма СХМ1—105 *Rhizobium meliloti* // Молек. ген., микробиол., вирусол. — 1986. — № 8. — С. 32—35.
8. Патыка В.Ф., Толкачев Н.З., Бутвина Ю.З. Основные направления оптимизации симбиотической азотфиксации в современной земледелии Украины // Физиол. и биохим. культ. раст. — 2005. — **37**, № 5. — С. 384—393.
9. Пацко О.В., Воробей Н.А., Коць С.Я., Паришкова Т.В. Дослідження ефективності агроконсорціумів азотфіксуючих мікроорганізмів // Физиол. и биохим. культ. раст. — 2010. — **42**, № 2. — С. 323—331.
10. Сиренко Л.А., Рыбак Н.В., Паришкова Т.В., Пахомова М.Н. Коллекция живых культур микроскопических водорослей. — К.: Фитосоциоцентр, 2005. — С. 54.
11. Стороженко В.О., Шатчина Т.М. Роль антиоксидантних ферментів у захисті фотосинтетичного апарату від оксидного стресу // Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. — К.: Фітосоціоцентр, 2006. — С. 100—130.
12. Коць С.Я., Маліченко С.М., Кругова О.Д., Мандровська Н.М., Кириченко О.В. Фізіолого-біохімічні особливості живлення рослин біологічним азотом. — К.: Логос, 2001. — 271 с.
13. Чевари С., Чаба И., Секей И. Роль супероксиддисмутазы в окислительных процессах клетки и метод определения ее в биологических материалах // Лаб. дело. — 1985. — № 11. — С. 678 — 681.

14. Allen O. N. Experiments in Soil Bacteriology. 3rd end. — Minneapolis: Burges Publ. Co, 1959. — 54 p.
15. Beligni M., Lamattia L. Nitric oxide interferes with plant photo-oxidative stress by detoxifying reactive oxygen species // *Plant Cell Environ.* — 2002. — **25**. — P. 737—748.
16. Diguseppi J., Fridovich I. Putative superoxide dismutase activity of iron-EDTA: a reexamination // *Arch. Biochem. Biophys.* — 1980. — **203**, № 1. — P. 145—150.
17. Selote D.S., Khanna-Chopra R. Drought acclimation confers oxidative stress tolerance by inducing co-ordinated antioxidant defense at cellular and subcellular level in leaves of wheat seedlings // *Physiol. Plant.* — 2006. — **127**. — P. 494—506.
18. Wellburn A.R. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolutions // *J. Plant Physiol.* — 1994. — **144**, № 3. — P. 307 — 313.
19. Wendehenne D., Pugin A., Klessig D.F., Durner J. Nitric oxide: comparative synthesis and signaling in animal and plant cells // *Trends Plant Sci.* — 2001. — **6**. — P. 177—183.
20. Wu F., Zhang G., Dominy P. Four barley genotypes respond differently to cadmium: lipid peroxidation and activities of antioxidant capacity // *Environ. Exp. Bot.* — 2003. — **50**. — P. 67—78.
21. Zhang J., Kirkham M.B. Drought-stress-induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species // *Plant Cell Physiol.* — 1994 — **35**. — P. 785—791.

Рекомендує до друку
О.К. Золотарьова

Надійшла 15.06.2011 р.

Е.В. Пацко¹, Л.М. Бацманова¹, Н.Ю. Таран¹, Н.А. Воробей², С.Я. Коць²

¹ Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

² Институт физиологии растений и генетики НАН Украины, г. Киев

ВЛИЯНИЕ АЛЬГО-РИЗОБИАЛЬНОЙ ИННОКУЛЯЦИИ СЕМЯН НА АКТИВНОСТЬ СУПЕРОКСИДДИСМУТАЗЫ И ПИГМЕНТНЫЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ *MEDICAGO SATIVA L.* ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ДИКВАТА

Исследовано влияние гербицида диквата на состав пигментов и активность супероксиддисмутазы (СОД) у фотосинтетических структурах люцерны, инокулированной штаммами аналитической селекции и Tn5-мутантами клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti* и азотфиксирующей цианобактерии *Nostoc punctiforme*. Показано, что инокулирование семян люцерны производственным штаммом 425a и Tn5-мутантами T17 и I-7 *Sinorhizobium meliloti*, реизолятом AC48, азотфиксирующей цианобактерией *Nostoc punctiforme*, а также их бинарными альго-ризобиальными композициями, повышало активность СОД, содержание фотосинтетических пигментов под влиянием гербицида диквата, что способствовало формированию стойкости растений к действию окислительных повреждений.

К л ю ч е в ы е с л о в а: супероксиддисмутаза, каротиноиды, хлорофиллы, инокуляция, ризобии, цианобактерии.

O.V. Patsko¹, L.M. Batsmanova¹, N.Yu. Taran¹, N.A. Vorobey², S.Ya.Kots²

¹Taras Shevchenko Kyiv National University, Kyiv

²Institute of plant physiology and genetic of the Ukraine National academy of Science, Kyiv

IMPACT OF ALGAE-RHYZOBIUM INOCULATION OF SEED ON ACTIVITY OF SUPEROXIDE DISMUTASE AND PIGMENT CONTENT OF *MEDICAGO SATIVA L.* UNDER DIQUAT TREATMENT

The influence of herbicide diquat on the pigment content and superoxide dismutase activity (SOD) in photosynthetic tissues of alfalfa inoculated by strains of analytical selection, Tn5-mutants of nodule bacteria *Sinorhizobium meliloti* and nitrogen-fixing blue-green algae *Nostoc punctiforme* was studied. It was shown that inoculation of alfalfa seeds by production strain 425a and Tn5-mutants T17 and I-7 *Sinorhizobium meliloti*, strains of analytical selection AC48, nitrogen-fixing blue-green algae *Nostoc punctiforme* and their binary algae-rhizobium compositions raised SOD activity and content of photosynthetic pigments under herbicide diquat treatment that were favourable for formation of resistance of plants to oxidative damage.

Key words: superoxide dismutase, carotenoids, chlorophyll, inoculation, rhizobium, cyanobacteria.