

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 632.952:581.112]:635.658

doi: 10.25128/2078-2357.25.1–2.7

В. О. КОЗАК, С. В. ПИДА

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027
e-mail: shelest.1995@ukr.net; spyda@ukr.net

ВПЛИВ МІКРОБНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА ФУНГІЦИДІВ НА ПОКАЗНИКИ ВОДООБМІНУ ЛИСТКІВ СОЧЕВИЦІ ХАРЧОВОЇ (*LENS CULINARIS* MEDIK.)

Представлено результати дослідження показників водообміну листків сочевиці харчової (*Lens culinaris* Medik.) сорту Red у фазі формування бобів за монообробки насіння перед сівбою мікробним препаратом Ризобіфіт, *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (*R. leg*) штамів: С4-30, 724, Ф 11-2, Ф 16-1 та на фоні застосування фунгіцидів Лайвіт і Максим за вирощування культури у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Встановлено, що монообробка насіння перед сівбою мікробними препаратами, фунгіцидами та їх сумісне застосування впливають на водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми, знижують водний дефіцит листків *Lens culinaris* та сприяють зростанню загального вмісту води в їх тканинах. Інокуляція насіння Ризобіфітом та штамми *R. leg* на фоні фунгіцидів Лайвіт і Максим суттєво підвищує водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми листків через 2 год в'янення. Найнижче значення втрати води через 2 і 4 год виявлено у варіанті за обробки насіння комбінацією Максим+*R. leg* С4-30: $12,69 \pm 0,14$ % та $23,23 \pm 0,40$ % відповідно, що на 14,2 і 22,0 % менше, порівнюючи із контрольним варіантом, через 24 год. – при моноінокуляції насіння *R. leg* С4-30, що на 5,9 % нижче, порівнюючи із контролем. За впливу сумісного застосування *R. leg* С4-30 з фунгіцидом Максим визначено найбільше обводнення тканин листків культури. Монообробка насіння фунгіцидом Лайвіт суттєво знижувала показники водного дефіциту листків сочевиці харчової, що на 5,2 % нижче за аналогічні показники контрольного варіанту.

Ключові слова: *Lens culinaris* Medik., мікробні препарати, фунгіциди, водний режим, загальний вміст води, водоутримувальна здатність, водний дефіцит.

Показники продуктивності сільськогосподарських культур визначають за ступенем функціонування фізіолого-біохімічних систем, у яких проходять процеси водного обміну, кореневого та позакореневого живлення, дихання, транспортування елементів. Інтенсивність водного режиму рослин визначає рівень їх пристосування до умов навколишнього середовища [7]. Ріст і розвиток рослинного організму залежать від запасів води в ґрунті, нестача якої негативно впливає на метаболізм, а відтак – знижує показники врожайності [8]. Будь-які порушення в процесах водного режиму спричиняють денатурацію білків і зміну їх ферментних властивостей, як наслідок – руйнування гідратних оболонок, які властиві білкам [5].

Однією з найбільш конкурентоздатних культур родини Бобові (*Fabaceae*) є сочевиця харчова (*Lens culinaris* Medik., 1787), товарне насіння якої за своїм біохімічним складом та харчовими якостями є найціннішим серед культур цієї групи, що має великий попит на

місцевому і світовому ринках [16]. Сочевиця харчова відноситься до вологолюбних рослин, найбільшу кількість води використовує на початку вегетації. Для проростання культура потребує 100–120 % води від маси насіння. *Lens culinaris* належить до відносно посухостійких рослин, нестачу води витримує краще, порівнюючи з горохом і кормовими бобами, але гірше, порівнюючи з чиною та нутом. Великою посухостійкістю характеризуються дрібнонасінні форми сочевиці [6].

Значущою властивістю сочевиці як представника бобових є здатність до симбіотичної фіксації азоту – макроелемента, який входить до складу білків, нуклеїнових кислот, ензимів, хлорофілів та є важливим фактором у живленні сільськогосподарських культур [13]. Сочевиця харчова формує симбіотичні зв'язки із бульбочковими бактеріями, засвоюючи до 80 кг/га атмосферного нітрогену, залишає у ґрунті 90–120 кг/га біологічного азоту за рахунок азотфіксації [4], що не лише підвищує показники врожайності наступної культури у сівозміні, але і поліпшує якісні характеристики шляхом збільшення вмісту білків та вітамінів [9, 12].

Не зважаючи на стійкість сочевиці до хвороб і шкідників, її посіви є вразливими до низки захворювань, спричинених грибами, вірусами, нематодами, комахами-шкідниками тощо. У зв'язку із цим, обов'язковим агроприйомом у технології вирощування бобових культур є передпосівна інокуляція насіння біопрепаратами на основі селекціонованих штамів специфічних ризобій та використання нових препаративних форм фунгіцидів із різним спектром дії, що сприяють захисту рослин від збудників хвороб.

Метою роботи було дослідити параметри водообміну листків сочевиці харчової сорту Red за впливу монообробки насіння мікробним препаратом Ризобофіт (МБП), *Rhizobium leguminosarum* biovar *viceae* (*R. leg*) штамів С4-30, 724, Ф 11-2, Ф 16-1 та на фоні застосування фунгіцидів Лайвіт і Максим в умовах Західного Лісостепу України.

Матеріали та методи дослідження

Експериментальну частину роботи виконували в польових і лабораторних умовах: агробіолабораторія Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка й лабораторія фізіології рослин і мікробіології кафедри ботаніки та зоології. У фазі формування бобів визначали загальний уміст води в листках сочевиці шляхом висушування 1 г наважки матеріалу в сушильній шафі за температури 105⁰С упродовж 2–3 годин до маси, що не змінюється, водоутримувальну здатність (ВУЗ) листків – за А. Арландом: на електронній вазі спочатку визначали сиру масу листків, а потім зважували їх через 2, 4, 24 год в'янення від початку закладання дослідів, а також масу сухих листків [2]. Водний дефіцит (ВД) встановлювали у відсотках від загальної кількості води за повного водонасичення листків. Статистичну обробку результатів дослідження здійснювали за допомогою програми Excel.

Схема дослідів включала наступні варіанти:

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| 1. Контроль | 10. Лайвіт +R. leg 724 |
| 2. Ризобофіт | 11. Лайвіт +R. leg Ф 11-2 |
| 3. R. leg C4-30 | 12. Лайвіт +R. leg Ф 16-1 |
| 4. R. leg 724 | 13. Максим |
| 5. R. leg Ф 11-2 | 14. Максим+ Ризобофіт |
| 6. R. leg Ф 16-1 | 15. Максим+ R. leg C4-30 |
| 7. Лайвіт | 16. Максим+ R. leg 724 |
| 8. Лайвіт +Ризобофіт | 17. Максим+ R. leg Ф 11-2 |
| 9. Лайвіт +R. leg C4-30 | 18. Максим+ R. leg Ф 16-1 |

За 6 днів до сівби насіння сочевиці варіантів 7–12 та 13–18 обробляли фунгіцидами Лайвіт (діюча речовина – дифеноконазол 50 г/л, піраклостробін 25 г/л, протіокконазол 50 г/л) та Максим (діюча речовина – флудиоксоніл 25 г/л) згідно з нормами виробників. Перед сівбою насіння варіантів контроль (1), Лайвіт (7) і Максим (13) змочували водою з розрахунку 1,5 % від його маси, а дослідних – рідкою формою Ризобофіту (варіанти 2, 8, 14), культурами бульбочкових бактерій сочевиці (*R. leg*) зазначених вище штамів (варіанти 3–6, 9–12 і 15–18). Культури бульбочкових бактерій і МБП отримали з Інституту сільськогосподарської

мікробіології та агропромислового виробництва НААН України (Ризобофіт, R. leg C4-30) та Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (R. leg 724, R. leg Ф 11-2, R. leg Ф 16-1).

Результати досліджень та їх обговорення

Водоутримувальні сили колоїдів цитоплазми регулюють процеси водного обміну рослин [3]. Водоутримувальна здатність тканин є критерієм, що визначає посухостійкість культури: вищий показник характерний для рослин із більшою стійкістю до посухи [8]. В умовах дефіциту вологи пристосувальна реакція структурних елементів цитоплазми (білків і води) забезпечує її стабільність та підвищує рівень водоутримувальної здатності клітин. При цьому співвідношення вільної та зв'язаної води в клітинах листків рослин варіюється, що безпосередньо пов'язано з посухостійкістю культури.

Встановлено, що інокуляція насіння мікробними препаратами на фоні використання фунгіцидів Лайвіт і Максим суттєво підвищувала ВУЗ колоїдів цитоплазми листків сочевиці через 2 та 4 год в'янення, більший ВУЗ відповідала менша водовіддача та навпаки. Найнижче значення втрати води через 2 і 4 год виявлено у варіанті за обробки насіння комбінацією Максим+ R. leg C4-30, що на 14,2 і 22,0 % менше (табл. 1), порівнюючи із контролем, дані статистично вірогідні. За моно впливу бульбочкових бактерій штамів R. leg C4-30, R. leg Ф 11-2 та R. leg Ф 16-1 через 2 год показник ВУЗ листків достовірно знижувався на 5,9 %, 4,2 % та 2,9 %, через 4 год – на 10,9 %, 5,9 % та 4,3 % відповідно, порівнюючи із неінокульованими рослинами.

Таблиця 1

Вплив мікробних препаратів та фунгіцидів на водоутримувальну здатність (%) листків рослин сочевиці харчової сорту Red, M ± m, n=4. Фаза росту і розвитку рослин – формування бобів (липень 2024 р.)

Варіант	Час:	Кількість втраченої води (%) через		
		2 год	4 год	24 год
1. Контроль		26,9±1,14	45,3±1,47	71,4±0,13
2. Ризобофіт		24,2±1,02	40,4±0,98*	69,0±0,31*
3. R. leg C4-30		20,9±0,90*	34,4±1,37*	65,5±0,95*
4. R. leg 724		24,9±1,64	42,1±1,82	69,3±0,27*
5. R. leg Ф 11-2		22,7±1,06*	39,4±1,31*	73,3±0,45
6. R. leg Ф 16-1		24,0±0,54*	41,0±0,72*	69,6±0,45*
7. Лайвіт		21,5±0,95*	40,5±1,37*	71,6±0,18
8. Лайвіт +Ризобофіт		25,4±1,54	44,4±2,14	70,4±0,38
9. Лайвіт +R. leg C4-30		22,1±1,62*	45,9±1,58	76,2±1,23
10. Лайвіт +R. leg 724		30,3±2,35	41,5±2,76	70,8±0,53
11. Лайвіт +R. leg Ф 11-2		23,5±1,78	31,9±1,74*	70,9±0,30
12. Лайвіт +R. leg Ф 16-1		29,2±0,94	35,0±1,19*	69,1±0,48*
13. Максим		22,1±1,32	30,6±1,91*	65,6±1,15*
14. Максим+ Ризобофіт		20,9±0,65*	35,4±1,36*	69,0±0,36*
15. Максим+ R. leg C4-30		12,7±0,14*	23,2±0,40*	70,2±2,68
16. Максим+ R. leg 724		22,3±1,58	33,9±1,73*	70,4±0,26*
17. Максим+ R. leg Ф 11-2		27,5±1,44	36,9±1,37*	68,9±0,21*
18. Максим+ R. leg Ф 16-1		19,2±0,73*	30,0±1,18*	66,5±0,28*

Примітка: *відмінності, порівнюючи з контролем, вірогідні при P≤0,05.

Показано, що обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак і Скарб перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та комплексним МБП Ризогумін підвищує водоутримувальну здатність колоїдів цитоплазми їх листків за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) [10, 11]. Варто зауважити, що у варіанті за монообробки насіння фунгіцидом Максим, порівнюючи з Лайвітом, виявлено вищу ефективність, оскільки за його впливу показник ВУЗ листків сочевиці харчової зменшився на 14,7 %, а за обробки фунгіцидом Лайвіт – на 4,8 % через 4 год в'янення, відносно контролю.

Через 24 год в'янення листків *Lens culinaris* найнижче статистично вірогідне значення водовіддачі в досліджуваній фазі онтогенезу рослин виявлено за моноінокуляції насіння *R. leg* C4-30, що на 5,9 % нижче контролю. Встановлено суттєве зниження втрати води через 24 год в'янення за інокуляції насіння сочевиці Ризобофітом (2,4 %) та *R. leg* штамми C4-30 (5,9 %), 724 (2,2 %) і Ф16-1 (1,9 %), порівнюючи із контролем. За використання фунгіциду Лайвіт спостерігали незначне підвищення водовіддачі через 24 год, що на 5,9 % більше, порівнюючи із варіантом застосування фунгіциду Максим.

Водний дефіцит, спричинений посухою – чинник, що найбільш негативно впливає на процеси росту та розвитку сільськогосподарських культур. Посуху можна вважати фізіологічною формою ВД, при якій кількість доступних форм ґрунтової води для рослин є недостатньою [14]. Справляючись з дефіцитом води, рослинний організм розвиває складні механізми адаптації, включаючи різноманітні фізіологічні та біохімічні реакції [15]. За втрати листками вологи понад 20 %, показник інтенсивності фотосинтезу різко знижується, понад 50 % – процес взагалі припиняється [1]. Саме тому, важливою є оцінка ступеня дефіциту води, якого зазнають досліджувані рослини.

Передпосівна обробка насіння мікробними препаратами, фунгіцидами та їх поєднане застосування суттєво знижували параметри ВД листків сочевиці харчової. Зокрема, найнижче значення показника виявлено за обробки насіння перед сівбою фунгіцидом Лайвіт, що на 5,2 % менше, порівнюючи із контролем (табл. 2). Використання зазначеного вище фунгіциду в наступній комбінації Лайвіт +*R. leg* Ф 11-2 також сприяло зменшенню ВД на 4,4 %, порівнюючи із контрольним варіантом. За впливу Ризобофіту ВД листків сочевиці достовірно знижувався на 2,3 %, порівнюючи з неінокульованими рослинами контрольного варіанту. Показано, що обробка насіння нуту звичайного сортів Буджак і Скарб перед сівбою *Mesorhizobium ciceri* ND-64 та комплексним мікробним препаратом Ризогумін знижувала водний дефіцит їх листків за вирощування в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) [10, 11]. За сумісного застосування Ризобофіту та фунгіциду Максим виявлено статистично вірогідне зниження показника ВД листків рослин сочевиці харчової на 2,6 %, порівнюючи зі значенням контролю.

Таблиця 2

Вплив мікробних препаратів на показники водообміну в листках сочевиці харчової сорту Red, $M \pm m$, $n=4$. Фаза росту і розвитку рослин – формування бобів (липень 2024 р.)

Варіант	Водний дефіцит, %	Загальний вміст води, %
1. Контроль	11,0±0,76	72,5±0,08
2. Ризобофіт	8,7±0,14*	68,7±0,59
3. <i>R. leg</i> C4-30	10,1±0,48	70,7±0,27
4. <i>R. leg</i> 724	10,2±0,38	69,9±0,27
5. <i>R. leg</i> Ф 11-2	13,0±0,91	72,5±1,12
6. <i>R. leg</i> Ф 16-1	9,66±0,50	71,6±0,21
7. Лайвіт	5,8±0,08*	72,8±0,32
8. Лайвіт +Ризобофіт	9,9±0,97	72,7±0,34
9. Лайвіт + <i>R. leg</i> C4-30	9,5±0,67	70,8±0,55
10. Лайвіт + <i>R. leg</i> 724	12,0±0,31	72,8±0,55
11. Лайвіт + <i>R. leg</i> Ф 11-2	6,7±0,44*	72,5±0,26
12. Лайвіт + <i>R. leg</i> Ф 16-1	10,4±0,09	70,3±0,41
13. Максим	9,8±0,26	71,9±0,27
14. Максим+ Ризобофіт	8,4±0,21*	73,9±0,34*
15. Максим+ <i>R. leg</i> C4-30	12,9±0,95	76,3±1,52*
16. Максим+ <i>R. leg</i> 724	9,3±0,59	71,3±0,32
17. Максим+ <i>R. leg</i> Ф 11-2	11,1±1,29	70,5±0,27
18. Максим+ <i>R. leg</i> Ф 16-1	9,7±0,56	69,0±0,34

Примітка: *відмінності, порівнюючи з контролем, вірогідні при $P \leq 0,05$.

Рівень обводненості тканин організму рослин є однією із важливих умов їх нормального росту та розвитку. Важливим критерієм, що характеризує процеси водного обміну рослин, є вміст води у їх листках. У результаті досліджень встановлено, що інокуляція насіння *Lens culinaris* перед сівбою МБП на фоні обробки фунгіцидами сприяли не значному підвищенню загального вмісту води у листках рослин упродовж фази формування бобів. Найбільший статистично вірогідний показник загального умісту води в листках культури виявлено за впливу R. leg C4-30 на фоні застосування фунгіциду Максим, що на 3,7 % більше, порівнюючи з контролем (табл. 2). Також використання даного фунгіциду у наступній комбінації: Максим+Ризобіфіт сприяло підвищенню зазначеного вище показника на 1,5 %, порівнюючи із необробленим варіантом. За інокуляції насіння мікробними препаратами на фоні обробки фунгіцидом Лайвіт спостерігалася тенденція до підвищення показників загального вмісту води в тканинах листків у середньому до 0,5 %, порівняно із контролем.

Висновки

Сочевиця харчова завдяки біохімічному складу насіння та високим харчовим якостям, здатності до симбіотичної фіксації азоту, хорошій посухо- та жаростійкості є перспективною бобовою культурою в умовах зміни клімату для Західного Лісостепу України. Моноінокуляція насіння активними штамами *R. leg biovar viceae* та поєднане застосування мікробних препаратів на основі бульбочкових бактерій сочевиці з фунгіцидами Максим і Лайвіт є дієвими заходами зниження депресивного впливу посухи на дану культуру, адже за їх впливу виявлено зростання водоутримувальної здатності колоїдів цитоплазми клітин листків сочевиці харчової та загального вмісту води у їх тканинах, а також – зменшення їх водного дефіциту.

1. Богданов О. І., Осипчук А. А., Кравець О. Ф. Важливий резерв підвищення врожайності картоплі. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1986. № 6. С. 21–23.
2. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. Київ : Вища школа. Головне видавництво, 1984. 240 с.
3. Долгова Л. Г., Демура Т. А., Коваль І. В. Особливості водного обміну рослин інтродуцентів роду *Rosa* L. *Вісн. Дніпропетр. ун-ту*. 2003. С. 28–32.
4. Квітко Г. П., Сауляк О. М. Формування урожаю насіння сочевиці харчової в умовах Лісостепу Правобережного. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : зб. матеріалів доп. учасн. III Міжнар. наук.-практ. конф. Житомир : Полісся, 2015. С. 564–568.
5. Козаков Є. О. Онтогенетична чутливість до водних стресів процесів формування зернової продуктивності у гібридів кукурудзи. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. Т. 33. № 1. С. 19–14.
6. Колосовська В. В., Сербінов Б. М. Агрометеорологічні умови вирощування сочевиці. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти* : зб. матеріалів VI Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2023. С. 64–66.
7. Моргун В. В., Григорюк І. П., Ткачов В. І., Яворовський П. П. Застосування полімерних регуляторів росту і добрив для підвищення життєздатності саджанців деревних порід : Наукові основи і рекомендації. Київ : Наук. світ, 2001. 42 с.
8. Пида С. В., Чернік І. В., Москалюк Н. В., Мацюк О. Б., Гончар Ю. О. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.). *Тернопільські біологічні читання – Ternopil Bioscience – 2023* : матер. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 100-річчю від дня народження відомої вченої-ботаніки к.б.н., доц. Валентини Омелянівни Шиманської. Тернопіль : Вектор, 2023. С. 73–76.
9. Сухова Г. І. Формування елементів продуктивності сочевиці залежно від особливостей сорту. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2012. № 2. С. 106–111.
10. Чернік І. В. Параметри водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.) за впливу мікробних препаратів. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія*. 2024. Т. 84, № 3–4. С. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.8>.
11. Чернік І. В., Пида С. В., Тригуба О. В. Вплив мікробних препаратів на показники водообміну листків нуту звичайного (*Cicer arietinum* L.): *Scientific and practical almanac «Innovative science»*. 2025. Т. 1. С. 223–229.

12. Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, No 2. P. 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.169>.
13. Mo'ez Al-Islam E. Faris, Mohammad G. Mohammad, Sameh Soliman. Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*. 2020. P. 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816151-7.00006-5>.
14. Oo A. Tun, G. Van Huylenbroeck, S. Speelman. Measuring the Economic Impact of Climate Change on Crop Production in the Dry Zone of Myanmar: A Ricardian Approach. *Climate*. 2020. Vol. 8, No 1. P. 9–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8010009>.
15. Oguz M., Aycan M., Oguz E., Poyraz I., Yildiz M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. *Physiologia*. 2022. Vol. 2, No 4. P. 180–197. DOI: <https://doi.org/10.3390/physiologia2040015>.
16. Wellburn A. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total caroteinds, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. of Plant Physiology*. 1994. Vol. 144, No 3. P. 307–313. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2).

References

1. Bohdanov O. I., Osypchuk A. A., Kravets O. F. Vazhlyvyi rezerv pidvyshchennia vrozhaynosti kartopli. *Visnyk silskohospodarskoï nauky*. 1986. No 6. S. 21–23. [in Ukrainian]
2. Vekirchuk K. M. Fiziologhiia roslyn. Praktikum. Kyiv : Vyshcha shkola. Holovne vydavnytstvo, 1984. 240 s. [in Ukrainian]
3. Dolhova L. H., Demura T. A., Koval I. V. Osoblyvosti vodnoho obminu roslyn introdutsentiv rodu *Rosa* L. *Visn. Dnipropetr. un-tu*. 2003. S. 28–32. [in Ukrainian]
4. Kvitko H. P., Sauliak O. M. Formuvannia urozhaiu nasinnia sochevytsi kharchovoi v umovakh Lisostepu Pravoberezhnoho. *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka: zb. materialiv dop. uchasn. III Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Zhytomyr : Polissia*, 2015. S. 564–568. [in Ukrainian]
5. Kozakov Ye. O. Ontohenetychna chutlyvist do vodnykh stresiv protsesiv formuvannia zernovoi produktyvnosti u hibrivid kukurudzy. *Fiziologhiia i biokhimiia kulturnykh rastenii*. 2001. T. 33. № 1. S. 19–14. [in Ukrainian]
6. Kolosovska V. V., Serbinov B. M. Ahrometeorologichni umovy vyroshchuvannia sochevytsi. *Klimatychni zminy ta silske hospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarnoi nauky ta osvity : zbirnyk materialiv VI Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kyiv*, 2023. S. 64–66. [in Ukrainian]
7. Morhun V. V., Hryhoriuk I. P., Tkachov V. I., Yavorovskyi P. P. Zastosuvannia polimernykh rehulatoriv rostu i dobryv dlia pidvyshchennia zhyttiezdatnosti sadzhantsiv derevnykh porid : Naukovi osnovy i rekomendatsii. Kyiv: Nauk. svit, 2001. 42 s. [in Ukrainian]
8. Pyda S. V., Chernik I. V., Moskaliuk N. V., Matsiuk O. B., Honchar Yu. O. Vplyv mikrobynykh preparativ na pokaznyky vodoobminu lystkiv nutu zvychnaynoho (*Cicer arietinum* L.). *Ternopilski biolohichni chytannia – Ternopil Bioscience – 2023 : mater. Mizhnar. nauk.-prakt. konf. prysviachenoï 100-richchiu vid dnia narodzhennia vidomoi vchenoi-botanika k.b.n., dots. Valentyny Omelianivny Shymanskoi. Ternopil : Vektor*, 2023. S. 73–76. [in Ukrainian]
9. Sukhova H. I. Formuvannia elementiv produktyvnosti sochevytsi zalezhno vid osoblyvostei sortu. *Visnyk KhNAU. Serii: Roslynnnytstvo, selektsiia i nasinnytstvo, plodoovochivnytstvo*. 2012. № 2. S. 106–111. [in Ukrainian]
10. Chernik I. V. Parametry vodoobminu lystkiv nutu zvychnaynoho (*Sicer arietinum* L.) za vplyvu mikrobynykh preparativ. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii : Biologhiia*. 2024. T. 84, No 3–4. S. 68–75. DOI: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.3-4.8>. [in Ukrainian]
11. Chernik I. V., Pyda S. V., Tryhuba O. V. Vplyv mikrobynykh preparativ na pokaznyky vodoobminu lystkiv nutu zvychnaynoho (*Sicer arietinum* L.): *Scientific and practical almanac «Innovative science»*, 2025. T. 1. S. 223–229. [in Ukrainian]
12. Kaale L. D., Siddiq M., Hooper S. Lentil (*Lens culinaris* Medik) as nutrient-rich and versatile food legume: A review. *Legume Science*. 2023. Vol. 5, No 2. P. 169–179. DOI: <https://doi.org/10.1002/leg3.169>.
13. Mo'ez Al-Islam E. Faris, Mohammad G. Mohammad, Sameh Soliman. Lentils (*Lens culinaris* L.): A candidate chemopreventive and antitumor functional food. *Functional Foods in Cancer Prevention and Therapy*. 2020. P. 99–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816151-7.00006-5>.
14. Oo A. Tun, G. Van Huylenbroeck, S. Speelman. Measuring the Economic Impact of Climate Change on Crop Production in the Dry Zone of Myanmar: A Ricardian Approach. *Climate*. 2020. Vol. 8, No 1. P. 9–23. DOI: <https://doi.org/10.3390/cli8010009>.

15. Oguz M., Aycan M., Oguz E., Poyraz I., Yildiz M. Drought Stress Tolerance in Plants: Interplay of Molecular, Biochemical and Physiological Responses in Important Development Stages. *Physiologia*. 2022. Vol. 2, No 4. P. 180–197. DOI: <https://doi.org/10.3390/physiologia2040015>.
16. Wellburn A. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total caroteinds, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J. of Plant Physiology*. 1994. Vol. 144, No 3. P. 307–313. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0176-1617\(11\)81192-2](https://doi.org/10.1016/S0176-1617(11)81192-2).

V. O. Kozak, S. V. Pyda

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATIONS AND FUNGICIDES ON THE
PARAMETERS OF WATER EXCHANGE IN THE LEAVES OF FOOD LENTILS
(*LENS CULINARIS* MEDIK.)

This study investigated how treating Red lentil (*Lens culinaris* Medik.) seeds with the microbial preparation Rhizobophytes and various *Rhizobium leguminosarum* biovar viceae (*R. leg*) strains (C4-30, 724, F 11-2, F 16-1) affects water exchange in leaves during the bean formation phase. We also examined these effects when fungicides Laivit and Maxim were applied, both individually and in combination with the microbial treatments, for crops grown in the Western Forest-Steppe of Ukraine. Our research revealed that mono-treatment of seeds with microbial preparations, fungicides, or their combined use positively influenced several water exchange parameters: it impacted the water-holding capacity of cytoplasmic colloids; it reduced the water deficit in *Lens culinaris* leaves; it increased the total water content in leaf tissues.

Specifically, inoculating seeds with Rhizobophytes and *R. leg* strains in the presence of Laivit and Maxim fungicides significantly enhanced the water-holding capacity of leaf cytoplasmic colloids after 2 hours of wilting. The lowest water loss after 2 and 4 hours was observed in the variant where seeds were treated with the Maxim + *R. leg* C4-30 combination: 12.69 % $\pm$ 0.14 % after 2 hours; 23.23 % $\pm$ 0.40 % after 4 hours. This represents a 14.2 % and 22.0 % reduction, respectively, compared to the control group. For water loss after 24 hours, the lowest value was found with mono-inoculation of seeds with *R. leg* C4-30, showing a 5.9 % reduction compared to the control. Significant reductions in water loss after 24 hours of wilting were also observed when lentil seeds were inoculated with Rhizobophytes (2.4 %) and *Rhizobium leguminosarum* strains C4-30 (5.9 %), 724 (2.2 %), and F16-1 (1.9 %) compared to the control. Inoculating *Lens culinaris* seeds with microbial preparations prior to sowing, particularly when combined with fungicide treatment, led to a slight increase in the total water content in the leaves of the studied plants during the bean formation phase. The highest tissue watering was determined under the influence of the combined use of *R. leg* C4-30 with the fungicide Maxim. Furthermore, mono-treatment of seeds with the fungicide Laivit significantly reduced the water deficit of lentil leaves by 5.2 % compared to the control.

Key words: food lentil (*Lens culinaris* Medik.), microbial preparations, fungicides, water regime, total water content, water retention capacity, water deficit.

Надійшла 22.04.2025.