

**ЕФЕКТ СИМБІОЗУ ГРИБІВ І БАКТЕРІЙ З КОРЕНЕВОЮ СИСТЕМОЮ РОСЛИН
СОНЯШНИКУ ОДНОРІЧНОГО *HELIANTHUS ANNUUS L.***

ДИМИТРОВ С. Г. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0000-0002-0377-9596
Український інститут експертизи сортів рослин

Постановка проблеми. Однією із світових проблем XXI ст. є глобальна енергетична криза. У зв'язку з цим важливого значення набувають дослідження, які направлені на поліпшення стабільності сільськогосподарського виробництва і зниження його втрат [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку зі значним впливом мікоризоутворювальних грибів на рослину-господаря останнім часом активно розвивається напрям біотехнології, пов'язаний із застосуванням інокулянтів цих організмів у сільському господарстві в якості біопрепаратів-підсилювачів росту та розвитку рослин [3; 4].

Для цього використовують симбіотичні мікроорганізми з різною домінуючою функцією: мікоризоутворення, азотфіксацією, фосфатмобілізацією, захистом від фітопатогенів тощо, що сприяє покращенню їх живлення та зменшенню пестицидного навантаження на агроценози [5].

Серед мікроорганізмів особливе місце належить грибам арбускулярної мікоризи (АМ), які мають багатофункціональний характер впливу на рослини. Вони передусім сприяють збільшенню поглинальної здатності кореневої системи, що підсилює інтенсивність засвоєння сполук біогенних елементів і послаблює негативний вплив посухи та засолення ґрунтів [6].

Для рослин вода є найважливішим ресурсом і умовою існування. Водне середовище необхідне для протікання всіх типів біохімічних реакцій, які мають місце в рослинах [7].

Зміни водного балансу рослин обумовлено нестійкістю різних факторів середовища, що відтворюється на інтенсивності проходження фізіологічних процесів, які визначають формування врожаю і його якості [2].

Зменшення вмісту води викликає цілий ряд біохімічних реакцій в рослині, що природно позначається на процесі фотосинтезу. При незначній втраті води, як це встановила В. Н. Бриллiант, відбувається деяке підвищення інтенсивності фотосинтезу. Це явище одержало назву «феномен Бриллiант». Подальше обезводнення позначається вже несприятливо на даному процесі [8].

В усіх зелених рослин тільки частина сонячної енергії, що поглинається, витрачається на фотосинтез, а значна її частка лише нагріває листки рослин. Перешкоджає перегріванню випаровування води з поверхні листя – транспірація [9].

Рослина починає витрачати вологу з моменту проростання насіння. Проте її витрата на даному етапі в цілому незначна. Багато вологи рослина починає вбирати після появи сходів, причому майже вся вона йде на випаровування (транспірацію) [10].

За нестачі води біосинтез хлорофілу загальмовується. У посуху часто відбувається руйнація хлорофілу. Пожовтіння листків при сильних посухах є звичайним зовнішнім проявом водного дефіциту [11].

Стресова дія посухи і недостатня аерація ґрунту індукують зниження вмісту води в тканинах рослин, що призводить до уповільнення або припинення їх росту, побуріння, засихання та опадання листків. Водночас відбувається масове відмирання дрібних коренів і гальмування приростів як за дії посухи, так і після неї [12].

Використання мікоризоутворювальних грибів сприяє кращому вологозабезпеченню рослин, а відтак і поживними речовинами. Результати наших досліджень підтверджують висновки ряду авторів про те, що симбіоз грибів і бактерій з кореневою системою рослин сприяє покращенню їх росту та розвитку і підвищенню продуктивності. Зокрема в роботі Полякова О. І. (2011 р.) вказується на те, що використання окремих видів грибів викликає симбіотичний ефект з кореневою системою рослин, що позитивно позначається на їх рості та розвитку і відповідає нашим даним [13].

Мета досліджень – встановити ефект симбіозу мікоризоутворювальних грибів і азотфіксуючих бактерій з кореневою системою рослин соняшнику однорічного у покращенні їх росту та розвитку та підвищенні продуктивності.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили з соняшником однорічним *Helianthus annuus L.* Досліди закладались в Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України в умовах Веселоподільської дослідно-селекційної станції (ВПДСС), яка знаходиться на Лівобережжі Дніпра в зоні типового Лісостепу. У ґрунтовому покриві переважають чорноземи солонцюваті, слабосолонцюваті та глибоко слабосолонцюваті.

Досліди проводили у польовій сівозміні в 4-х кратній повторності, розмір облікової ділянки 25 м². Для дослідів використовували гриби везикулярно-арбускулярної мікоризації *Tuber melanosporum VITTAD.* (препарат Міковітал) та *Glomus VS* і *Trichoderma harzianum RIFAI* (препарат Мікофренд) та бактерії *Bacillus subtilis Cohn.* (препарат Флоробацілін).

Відповідно до програми досліджень визначали масу листків і кореневої системи, площу листової поверхні на 30, 60 і 90 дні вегетації, вологоутримуючу здатність ґрунту, його агрегатний стан та врожайність.

Зокрема, для встановлення обводненості листків рослин соняшнику однорічного через визначення їх маси проводили збір через 30, 60 і 90 днів вегетації. Відбирали по 100 листків у кожному варіанті (по 25 листків з кожної

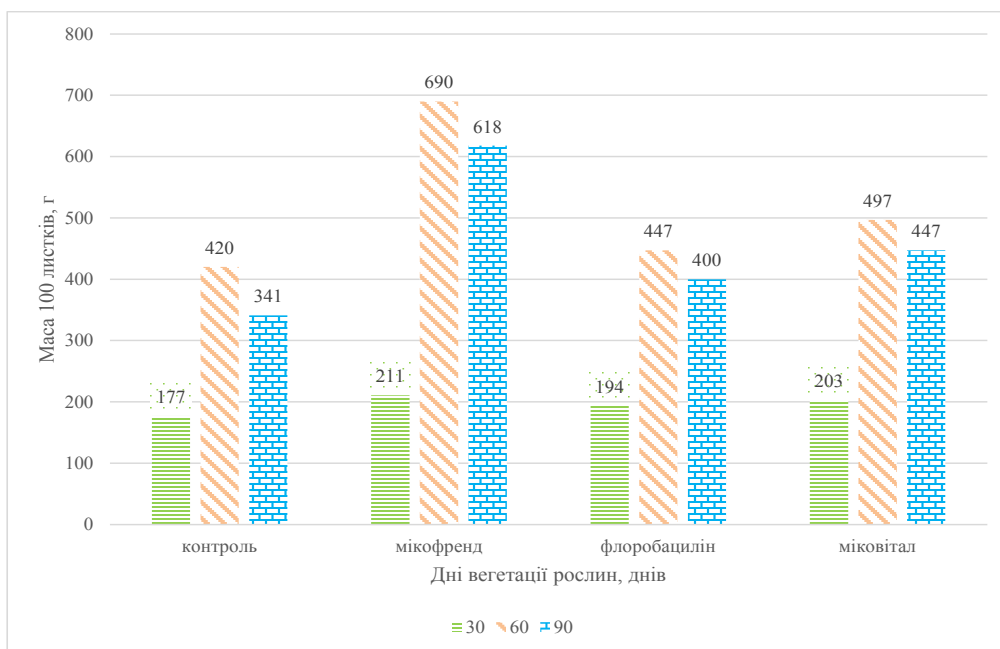


Рис. 1. Маса листків рослин соняшника залежно від використання мікоризоутворювальних грибів та азотфіксуючих бактерій, ВПДСС, 2017–2019 рр.

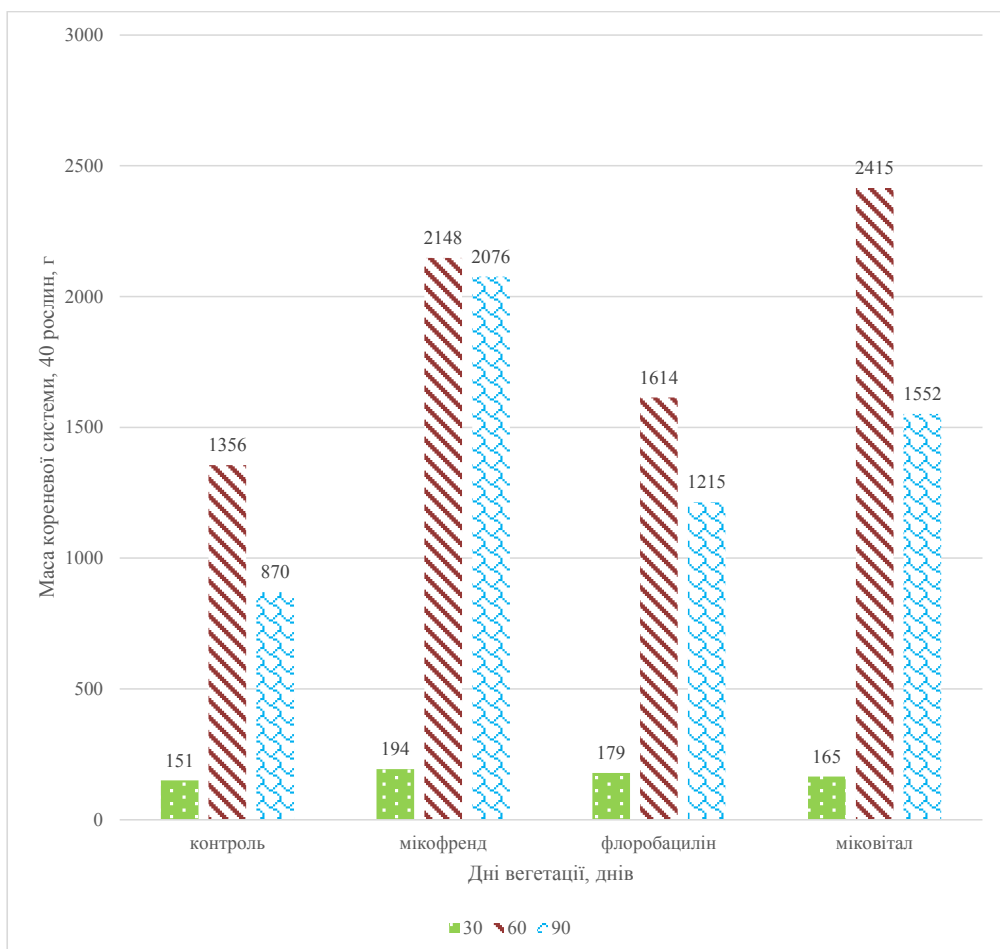


Рис. 2 Маса кореневої системи рослин соняшника залежно від використання мікоризоутворювальних грибів та азотфіксуючих бактерій, ВПДСС, 2017–2019 рр.

Таблиця 1

Площа листової поверхні рослин соняшника за симбіозу грибів і бактерій з його кореневою системою, ВПДСС, 2017–2019 р.р.

Дні вегетації	Площа листової поверхні										НІР ₀₅
	контроль, тис. м ² /га	мікофренд			флоробацилін			міковітал			
		тис. м ² /га	+- до контролю		тис. м ² /га	+- до контролю		тис. м ² /га	+- до контролю		
			тис. м ² /га	%		тис. м ² /га	%		тис. м ² /га	%	
30	4,26	5,14	0,88	20,5	4,68	0,41	9,7	4,80	0,54	12,6	0,39
60	24,2	41,2	17,0	70,0	28,5	4,27	17,6	32,6	8,38	34,6	3,42
90	14,2	29,4	15,2	106,4	21,0	6,77	47,5	26,2	12,0	84,0	2,89

повторності) і не пізніше години зважували на лабораторних вагах. Отримані дані обробили з використанням методів статистичного обрахунку [14; 15].

Для визначення маси кореневої системи рослин соняшнику однорічного на захисній смужі відбирали у кожній повторності по 10 рослин у ці ж терміни. Кореневу систему викопували на глибину 30 см, обрізали до кореневої шийки, очищали від землі, промивали водою, висушували упродовж 1 години, зважували на лабораторних вагах.

Площу листової поверхні соняшнику однорічного також визначали на 30, 60 і 90 день вегетації рослин за методикою Ничипоровича А. О. [16], а також використовуючи програмне забезпечення «Petiole» [17; 18; 19].

Визначали вологоутримуючу здатність ґрунту за використання мікоризоутворювальних грибів. Для цього на кожній повторності через 30, 60 і 90 днів вегетації рослин відбирали по одному зразку ґрунту на глибині 30 см у б'ювети, зважували на лабораторних вагах і поміщали у сушильну шафу за температури 100°C на

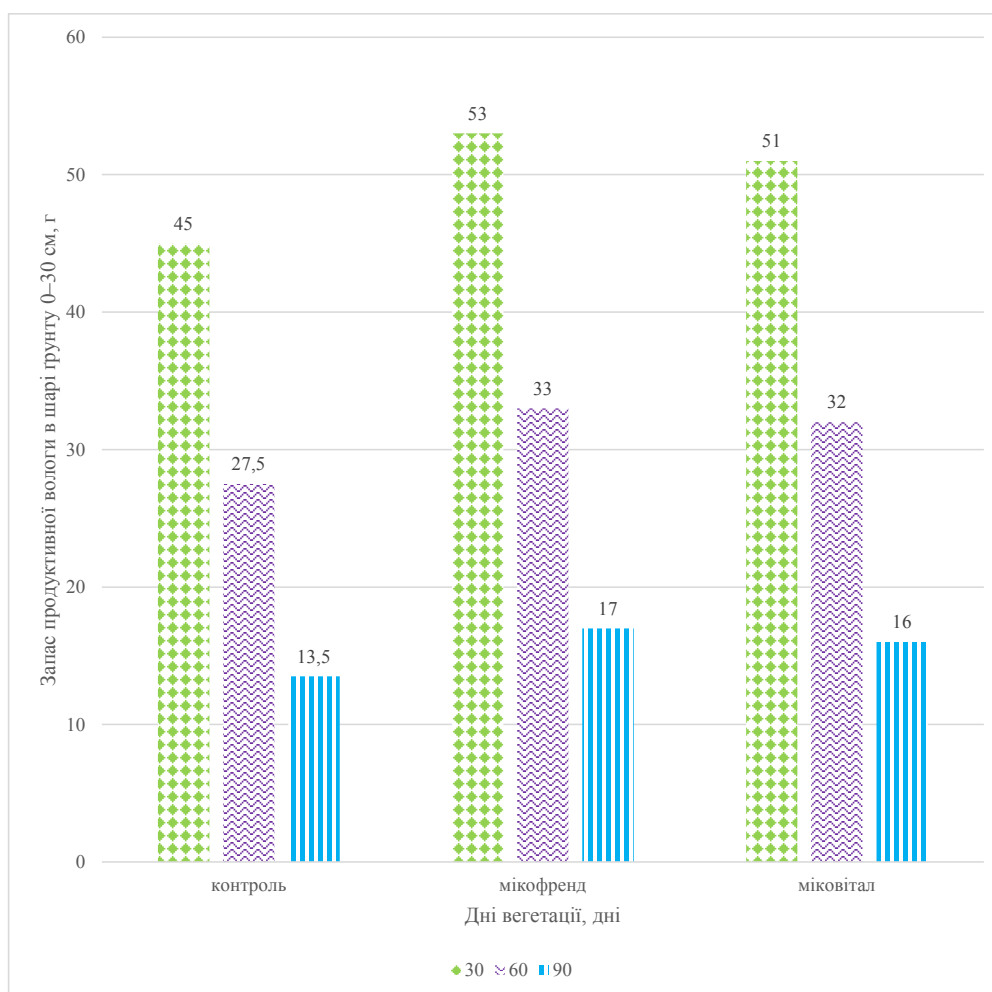


Рис. 3. Вологоутримуюча здатність ґрунту за симбіозу грибів з кореневою системою рослин соняшнику, ВПДСС, 2017–2019 рр.

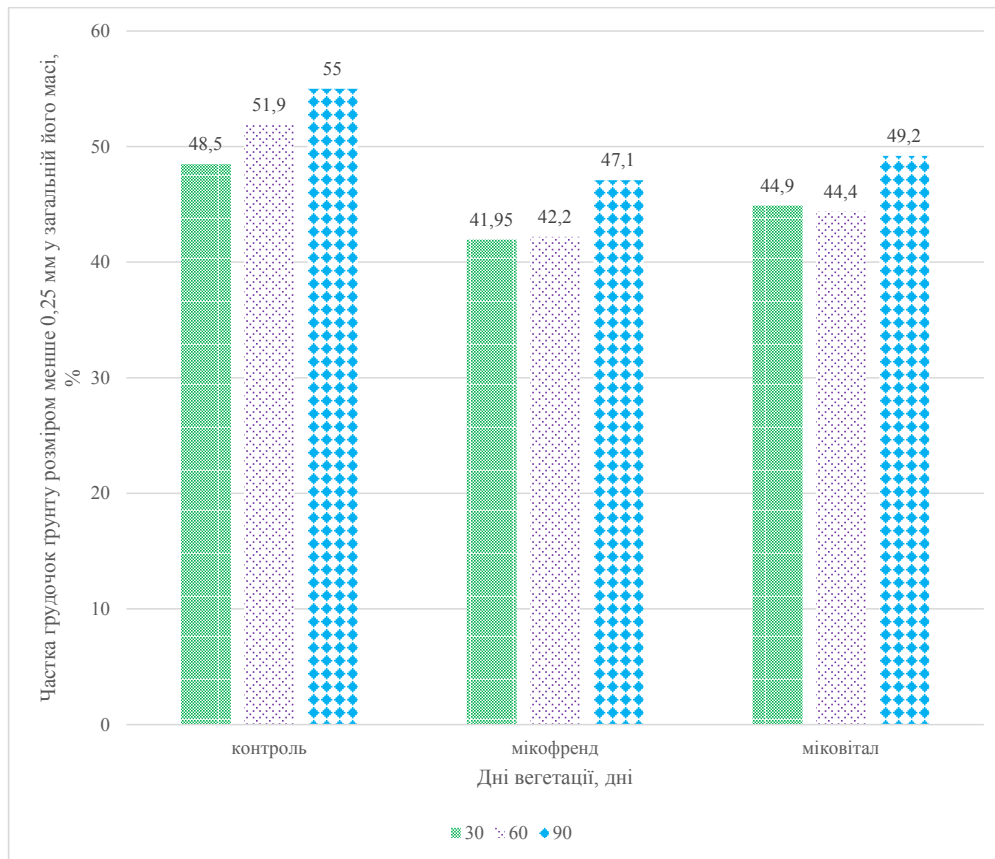


Рис. 4. Агрегатний стан ґрунту за використання мікоризоутворювальних грибів у посівах соняшника, ВПДСС, 2017–2019 рр.

60 хв. і повторно зважували. За різницею у масі землі до висушування і після цього визначали цей показник.

Встановлювали агрегатний стан ґрунту. Для цього на кожній повторності відбирали 100–150 г. ґрунту, зважували на лабораторних вагах, просівали на ситах і визначали частку фракції менше 0,25 мм у загальній його масі.

Результати досліджень. Отримані дані за 2017–2019 рр. свідчать про те, що мікоризоутворювальні гриби та азотфіксуючі бактерії за їх симбіозу із коріннями рослин соняшнику сприяють покращенню їх росту та розвитку порівняно з контролем. Зокрема, у цих варіантах відмічається значне збільшення маси листків і кореневої системи, а також площі листового апарату рослин цієї культури упродовж усіх термінів обліків порівняно з контролем.

Так, маса 100 листків соняшника через 30 днів вегетації рослин у варіантах з грибами *Glomus VS* і *Trichoderma harzianum* RIFA1. та *Tuber melanosporum* Vittad. і бактеріями *Bacillus subtilis* Cohn. була на 17–34 г більшою порівняно з контролем. На 60 і 90 дні вегетації ці показники були більшими від контрольних на 9,9–81,3%, що позитивно вплинуло на фотосинтез та накопичення сухої речовини (Рис. 1).

Подібна тенденція відмічається щодо маси кореневої системи рослин соняшнику. Як свідчать дані рисунку 2, цей показник у всі терміни обліків перевищує контрольні на 8,7–138,8%, що в свою чергу сприяє кращій забезпеченості рослин вологою та поживними речовинами і таким чином дозволяє їм конкурувати з бур'янами за використання сонячної енергії та інших засобів існування.

Таблиця 2

Урожайність насіння соняшнику за симбіозу грибів і бактерій з його кореневою системою, ВПДСС, 2017–2019 рр.

Роки	Урожайність, т/га										НІР ₀₅
	контроль, т/га	мікофренд			флоробацилін			міковітал			
		т/га	+ до контролю	%	т/га	+ до контролю	%	т/га	+ до контролю	%	
2017	2,34	2,95	+0,61	26,0	2,40	+0,05	2,5	2,83	+0,48	20,6	0,03
2018	2,76	3,09	+0,33	12,0	2,98	+0,22	8,0	3,00	+0,24	8,7	0,04
2019	1,49	2,28	+0,79	53,0	1,96	+0,47	31,5	2,12	+0,63	42,3	0,04
середня	2,13	2,69	+0,58	27,2	2,45	+0,25	10,2	2,65	+0,45	16,9	

У цих варіантах також значно переважають показники контролю і площа листової поверхні рослин соняшнику (Табл. 1). Так, за використання грибів *Glomus VS* і *Trichoderma harzianum* RIFAI. (препарат Мікофренд) площа листової поверхні рослин становила 5,14–41,18 тис. м²/га, що на 20,5–104,6 % більше ніж у контролі. За використання гриба *Tuber melanosporum* VITTAD. (препарат Міковітал) площа листової поверхні рослин дорівнювала 4,80–32,60 тис. м²/га, або була більшою від контролю на 12,6–84,0 %. На ділянках з використанням бактеріального препарату Флоробацилін площа листової поверхні рослин становила 4,68–28,5 тис. м²/га, що на 9,7–47,5 % більше від контролю.

Крім досліджень щодо впливу грибів і бактерій на ріст та розвиток рослин соняшнику нами визначалось вологоутримуюча здатність ґрунту та його агрегатний стан у посівах цієї культури. Встановлено, що у варіантах з мікоризоутворювальними грибами вологоутримуюча здатність ґрунту була на 13,4–33,3% вищою, а частка грудочок розміром менше 0,25 мм на 3,6–9,7% меншою ніж у контролі (Рис. 3, 4).

Ці показники свідчать про те, що під впливом мікоризоутворювальних грибів змінюється агрегатний стан ґрунту і його вологоутримуюча здатність. З літературних джерел відомо [20–22], що ці зміни відбуваються у першу чергу за рахунок створення міцельної сітки і утворення клейкого компонента глюкоропротеїну-гломатину який заключає частину, пилуватої фракції ґрунту і таким чином збільшує частку грудочок розміром 0,25–10,0 мм.

Результати досліджень показали, що допосівне нанесення на насіння соняшнику мікоризоутворювальних грибів і азотфіксувальних бактерій сприяє підвищенню його продуктивності.

Так, урожайність насіння цієї культури у варіантах з грибами *Glomus VS* і *Trichoderma harzianum* RIFAI. і *Tuber melanosporum* VITTAD. (препарати Мікофренд і Міковітал) та бактерій *Bacillus subtilis* Cohn. (препарат Флоробацилін) вища від показників контролю на 0,25–0,58 т/га або на 10,2–27,2 % (Табл. 2).

Результати наших досліджень співпадають з висновками Вінічука М. про те, що збільшення об'єму ризосферного ґрунту відбувається за рахунок симбіозу живих організмів з кореневою системою рослин, що в свою чергу істотно впливає на їх площу листової поверхні та вологоутримуючу здатність і агрегатний стан ґрунту.

Висновки. Використання мікоризоутворювальних грибів і азотфіксуючих бактерій за допосівного нанесення їх на насіння соняшнику сприяють збільшенню маси кореневої системи і листків, покращенню вологоутримуючої здатності та агрегатного стану ґрунту і зростанню врожайності рослин соняшнику *Helianthus annuus* L.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Романенко С. М. Актуальні питання забезпечення екологічної безпеки сільськогосподарської продукції та реалізації законодавства про органічне виробництво. *Органічне виробництво і продовольча безпека* : матер. III Міжнар. наук.-практ. конф., м. Житомир, 23 квіт. 2015 р. Житомир : Полісся, 2015. С. 186–194.

2. Маменко Т. П., Ярошенко Е. А., Якимчук Р. А. Водный статус и продуктивность озимой пшеницы при действии засухи и салициловой кислоты. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2009. Т. 41, № 5. С. 447–453.
3. Bauma C., El-Tohamy W., Gruda N. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Science Horticulturae*. 2015. Vol. 187. P. 131–141. doi: 10.1016/j.scienta.2015.03.002
4. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments / Nadeem S. M. et al. *Biotechnology Advances*. 2014. Vol. 32, Iss. 2. P. 429–448. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.12.005
5. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія / Волкогон В. В. та ін. ; за ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
6. Smith S. E. Mycorrhizal symbiosis. 3rd ed. London : Academic Press, 2008. 815 p. doi: 10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6
7. Ковалевський С. Б., Кривохатко Г. А. Посухостійкість та водоутримувальна здатність рослин *Thuja occidentalis* L. та її культиварів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 2. С. 77–80. doi: 10.15421/40280214
8. Розумова С. Г. Екологія рослин з основами ботаніки та фізіології : Конспект лекцій. Одеса, 2013. С. 119.
9. Скляр В. Г., Злобін Ю. А. Екологічна фізіологія рослин : підручник / за заг. ред. Ю. А. Злобіна. Суми : Університетська книга, 2015. 271 с.
10. Камінський В. Ф., Гангур В. В. Динаміка продуктивності вологи в ґрунті за вирощування пшениці озимої в сівозмінах Лівобережного Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 3. С. 11–14. doi: 10.31210/visnyk2018.03.01
11. Присяжнюк О. І., Коровко І. І. Динаміка вмісту хлорофілів у листках цукрових буряків. *Новітні агротехнології*. 2015. № 1. doi: 10.21498/na.1(3).2015.118908
12. Колесніченко О. В. Анатомо-морфологічна будова листків *Castanea sativa* Mill. як фактор стабілізації водного режиму рослин в умовах посухи. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2015. № 5. URL: https://nd.nubip.edu.ua/2015_5/31.pdf
13. Поляков О. І. Агротехнічні і біокліматичні особливості формування урожайності і якості насіння соняшнику, сої, льону, кунжуту, рижю, молочаю в Південному Степу України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.09 / Ін-т сіл. госп-ва степ. зони НААН України. Дніпропетровськ, 2011. 38 с.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
15. Комп'ютерні методи в сільському господарстві та біології : навч. посіб. / Царенко О. М. и др. Суми : Університетська книга, 2000. 203 с.
16. Ничипорович А. А., Куперман Ф. М. Фотосинтез и вопросы повышения урожайности растений. *Вестник с.-х. науки*. 1966. № 2. С. 1–12.
17. Petiole – Petiole Leaf Area Meter (Версия 2.0.1) : Мобильное прикладное программное обеспечение. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.petioleapp.petiole>

18. Polunina O. V., Maiboroda V. P., Seleznov A. Y. Evaluation methods of estimation of young apple trees leaf area. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2018. № 2. С. 80–83. doi: 10.31395/2310-0478-2018-21-80-82
19. Вплив світлового режиму на ростові параметри та пігментний склад культивованих *in vitro* рослин *Gentiana lutea* / Грицак Л. П. та ін. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2018. Т. 9, № 2. С. 258–266. doi: 10.15421/021838
20. Kough J. L., Molina R., Linderman R. G. Mycorrhizal responsiveness of *Thuja*, *Calocedrus*, *Sequoia*, and *Sequoiadendron* species of western North America. *Canadian Journal Forest Research*. 1985. Vol. 15, Iss. 6. P. 1049–1054. doi: 10.1139/x85-170
21. Newman E. I., Reddell P. The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New Phytologist*. 1987. Vol. 106, Iss. 4. P. 745–751. doi: 10.1111/j.1469-8137.1987.tb00175.x
22. Wolff J. O. An evolutionary and behavioral perspective on dispersal and colonization of mammals in fragmented landscapes. *Mammal Community Dynamics: Management and Conservation in the Coniferous Forests of Western North America* / C. Zabel, R. Anthony (Eds.). Cambridge : Cambridge University Press. P. 614–630. doi: 10.1017/CBO9780511615757.019
23. Віннічук М. Мікоризація соняшнику арбускулярним мікоризним грибом *Funneliformis mosseae* та її вплив на перехід радіоцезію із ґрунту в рослину. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 72. С. 110–119.
- REFERENCES:**
1. Romanenko, S. M. (2015). Aktualni pytannia zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky silskohospodarskoi produktsii ta realizatsii zakonodavstva pro orhanichne vyrobnytstvo [Actual issues of ensuring environmental safety of agricultural products and implementation of legislation on organic production]. In *Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpekamep: materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii* [Organic production and food safety: materials of the III International Scientific and Practical Conference] (pp. 186–194). Zhytomyr: Polissia. [in Ukrainian].
2. Mamenko, T. P., Yaroshenko, E. A., & Yakymchuk, R. A. (2009). Vodnyi status i produktyvnist ozymoi pshenytsi za dii posukhy ta salitsylovoi kysloty [Water status and yield of winter wheat under the drought and salicylic acid actions]. *Physiology and Biochemistry of Cultivated Plants*, 41(5), 447–453. [in Ukrainian].
3. Baum, C., El-Tohamy, W., & Gruda, N. (2015). Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi: a review. *Science Horticulturae*, 187, 131–141. doi: 10.1016/j.scienta.2015.03.002
4. Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., & Ashraf, M. (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances*, 32(2), 429–448. doi: 10.1016/j.biotechadv.2013.12.005
5. Volkohon, V. V., Nadkernychna, O. V., Kovalevska, T. M., Tokmakova, L. M., Kopylov, Ye. P., Kozar, S. F., ... Khalep, Yu. M. (2006). *Mikrobnii preparaty zemlerobstvi. Teoriia i praktyka: monohrafiia* [Microbial preparations in agriculture. Theory and practice: monograph]. V. V. Volkohon (Ed.). Kyiv: Ahrarna nauka. [in Ukrainian].
6. Smith, S. E. (2018). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). London : Academic Press. doi: 10.1016/B978-0-12-370526-6.X5001-6
7. Kovalevskii, S. B., & Kryvokhatko, H. A. (2018). Drought resistance and water retention capacity of plants of *Th. occidentalis* L. and its cultivars. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(2), 77–80. doi: 10.15421/40280214. [in Ukrainian].
8. Rozumova, S. H. (2013). *Ekolohiia roslyn z osnovamy botaniky ta fiziolohii: Konspekt leksii* [Ecology of plants with the basics of botany and physiology: Synopsis of lectures] (p. 119). Odesa: N.p. [in Ukrainian].
9. Skliar, V. H., & Zlobin, Yu. A. (2015). *Ekolohichna fiziolohiia roslyn: pidruchnyk* [Ecological physiology of plants: a textbook]. Yu. A. Zlobin (Ed.). Sumy: Universytetska knyha. [in Ukrainian].
10. Kaminskyi, V. F., & Hanhur, V. V. (2018). Dynamika produktyvnosti volohy v grunti za vyroshchuvannia psheynytsi ozymoi v sivozminakh Livoberezhnoho Lisostepu Ukrainy [Dynamics of productive moisture in the soil for the cultivation of winter wheat in the crop rotations of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 11–14. doi: 10.31210/visnyk2018.03.01. [in Ukrainian].
11. Prysiazhniuk, O. I., & Korovko, I. I. (2015). Dynamic pattern of chlorophyll content in the leaves of sugar beet. *Advanced Agritechnologies*, 1. doi: 10.21498/na.1(3).2015.118908. [in Ukrainian].
12. Kolesnichenko, O. V. (2015). Anatomomo-morfologichna budova lystkiv *Castanea sativa* Mill. yak faktor stabilizatsii vodnoho rezhymu roslyn v umovakh posukhy [Anatomical and morphological structure of leaves *Castanea sativa* Mill. as a factor in the stabilization of the water regime of plants under drought conditions]. *Scientific reports of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 5. Retrieved from https://nd.nubip.edu.ua/2015_5/31.pdf. [in Ukrainian].
13. Poliakov, O. I. (2011). *Ahrotekhnichni i bioklimatychni osoblyvosti formuvannia urozhainosti i yakosti nasinnia soniashnyku, soi, lonu, kunzhutu, ryzhiiu, molochaiu v Pivdennomu Stepu Ukrainy* [Agrotechnical and bioclimatic features of formation of yield and seed quality of sunflower, soybean, flax, sesame, rye, milkweed in the Southern Steppe of Ukraine] (Abstract of Dr. Sci. (Agric.) Diss.). Institute of Agriculture of the Steppe Zone of the NAAS of Ukraine, Dnipropetrovsk. [in Ukrainian].
14. Dospekhov, B. A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)] (5th ed., rev. and enl.). Moscow: Agropromizdat. [in Russian].
15. Tsarenko, O. M., Zlobin, Yu. A., Skliar, V. H., & Panchenko, S. M. (2000). *Kompiuterni metody v silskomu gospodarstvi ta biolohii: navchalnyi posibnyk* [Computer Methods in Agriculture and Biology: A Study Guide]. Sumy: Universytetska knyha. [in Ukrainian].
16. Nichiporovich, A. A., & Kuperman, F. M. (1966). Fotosintez i voprosy povysheniya urozhaynosti rasteniy [Photosynthesis and problems of increasing plant productivity]. *Bulletin of Agricultural Science*, 2, 1–12. [in Russian].

17. Petiole – Petiole Leaf Area Meter (Version 2.0.1): Mobile application software. Retrieved from <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.peti-oleapp.petiole> [in Russian].
18. Polunina, O. V., Maiboroda, V. P., & Seleznev, A. Y. (2018). Evaluation methods of estimation of young apple trees leaf area. *Bulletin of Unan National University of Horticulture*, 2, 80-83. doi: 10.31395/2310-0478-2018-21-80-82. [in Ukrainian].
19. Hrytsak, L. R., Herts, A. I., Nuzhyna, N. V., Cryk, M. M., Shevchenko, V. V., & Drobyk, N. M. (2018). Vplyv svitlovoho rezhymu na rostovi parametry ta pihmentnyi sklad kultyvovanykh *in vitro* roslyn *Gentiana lutea* [The influence of light regime on the growth data and pigment composition of the plant *Gentiana lutea* cultured *in vitro*]. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(2), 258-266. [in Ukrainian].
20. Kough, J. L., Molina, R., & Linderman, R. G. (1985). Mycorrhizal responsiveness of *Thuja*, *Calocedrus*, *Sequoia*, and *Sequoiadendron* species of western North America. *Canadian Journal Forest Research*, 15(6), 1049-1054. doi: 10.1139/x85-170
21. Newman, E. I., & Reddell, P. (1987). The distribution of mycorrhizas among families of vascular plants. *New Phytologist*, 106(4), 745-751. doi: 10.1111/j.1469-8137.1987.tb00175.x
22. Wolff, J. (2003). An evolutionary and behavioral perspective on dispersal and colonization of mammals in fragmented landscapes. In C. Zabel, & R. Anthony (Eds.), *Mammal Community Dynamics: Management and Conservation in the Coniferous Forests of Western North America* (pp. 614- 630). Cambridge : Cambridge University Press. doi: 10.1017/CBO9780511615757.019
23. Vinichuk, M. (2016). Mikoryzatsiia soniashnyku arbuskuliarnym mikoryznym hrybom *Funneliformis mosseae* ta yii vplyv na perekhid radiotseziuu iz gruntu v roslynu [Sunflower mycorrhization by arbuscular mycorrhizal fungus *Funneliformis mosseae* and its impact on radicesium uptake by plants]. *Visnyk of the Lviv University. Series Biology*, 72, 110-119. [in Ukrainian].

Димитров С.Г. Ефект симбіозу грибів і бактерій з кореневою системою рослин соняшнику однорічного *Helianthus annuus* L.

Мета. Встановити ефект симбіозу мікоризоутворювальних грибів і азотфіксуючих бактерій з кореневою системою рослин соняшнику однорічного у покращенні їх росту і розвитку та підвищенні продуктивності. **Методи.** Польові, лабораторні, статистичні. **Результати.** За використання мікоризоутворювальних грибів і азотфіксуючих бактерій отримано позитивні результати щодо їх впливу на ріст та розвиток рослин соняшнику і формування врожаю насіння соняшника. Зокрема, площа його листової поверхні у варіантах з грибами *Glomus* VS і *Trichoderma harzianum* RIFAI. (препарат Мікофренд), та *Tuber melanosporum* VITTAD. (препарат Міковітал) і бактеріями *Bacillus subtilis* Cohn. (препарат Флоробацилін) за обліків на 30, 60 і 90 дні вегетації була на 9,7–106,4% більшою порівняно з контролем. Маса листків і кореневої системи переважала показники контролю відповідно на 6,6–138,8%. Крім того, у цих варіантах підвищувалась вологоутримуюча здатність ґрунту на 8,9– 33,3%, частка грудочок ґрунту розміром менше 0,25 мм зменшилась на 2,2–9,7%. Урожайність насіння соняшнику у варіантах з цими живими організмами була на 0,25–0,58 т/га вищою порівняно з контролем. Водночас слід зазначити, що застосування грибів *Glomus* VS і *Trichoderma harzianum*

RIFAI. (препарат Мікофренд) за передпосівного нанесення їх на насіння цієї культури забезпечує кращу ефективність з впливу на ріст та розвиток рослин і їх продуктивність порівняно з іншими біопрепаратами. Зокрема у варіантах з цим препаратом наростання площі листової поверхні було більшим за контроль на 7,2–100,2%, тоді як з іншими препаратами (Міковітал і Флоробацилін) ці показники становили 2,9– 70,5%, та 4,3–29,7%. Так само прослідковується різниця між іншими показниками таких як маса кореневої системи, висота рослин, фотосинтетичний потенціал і продуктивність фотосинтезу тощо, які були отримані у варіантах з використанням біопрепаратів Міковітал та Флоробацилін.

Висновки. Використання мікоризоутворювальних грибів *Glomus* VS і *Tuber melanosporum* VITTAD. та *Trichoderma harzianum* RIFAI. (препарати Мікофренд і Міковітал), а також азотфіксуючих бактерій *Bacillus subtilis* Cohn. (препарат Флоробацилін) за передпосівної обробки насіння сприяє покращенню росту і розвитку рослин соняшнику та підвищенню його продуктивності.

Ключові слова: гриби, бактерії, маса листків, вологоутримуюча здатність, агрегатний склад, коренева система.

Dymytrov S.H. The effect of the symbiosis of fungi and bacteria with the sunflower (*Helianthus annuus*) root system

Purpose. To establish the effect of the symbiosis of mycorrhizal fungi and nitrogen-fixing bacteria with the root system of annual sunflower on plant growth, development, and crop productivity. **Methods.** Field, laboratory, and statistical methods were used in the study. **Results.** Mycorrhiza-forming fungi and nitrogen-fixing bacteria positively affected the growth and development of sunflower plants and the seed yield formation. In particular, the leaf area in the treatments with *Glomus* VS and *Trichoderma harzianum* Rifai. fungi (bio preparation Mycofriend), *Tuber melanosporum* Vittad. (biopreparation Mycovital), and bacteria *Bacillus subtilis* Cohn. (biopreparation Florobacillin) was 9.7–106.4% higher compared to the control on the 30th, 60th, and 90th days of cultivation. The leaf weight and root weight exceeded the control values by 6.6–138.8%, respectively. In addition, these treatments increased the soil moisture-holding capacity by 8.9–33.3% and decreased the share of soil lumps <0.25 mm by 2.2–9.7%. The yield of sunflower seeds in the treatments with these living organisms was 0.25–0.58 t/ha higher compared to the control. Noticeably also that seed treatment with *Glomus* VS and *Trichoderma harzianum* Rifai. (bio preparation Mycofriend) is more efficient in terms of impact on crop plant growth, development, and productivity compared to the others. In particular, in the treatments with Mycofriend, the increase in leaf area exceeded the control by 7.2–100.2%, while in the treatments with the other biopreparations (Mycovital and Florobacillin), the increase was 2.9–70.5% and 4.3–29.7%, respectively. In the same way, we observed the difference between other indicators, such as leaf weight, root weight, plant height, photosynthetic potential, photosynthesis productivity, etc., obtained in the treatments with Mycovital and Florobacillin.

Conclusions. Application of mycorrhizal fungi *Glomus* VS, *Tuber melanosporum* Vittad. and *Trichoderma harzianum* Rifai. (biopreparations Mycofriend and Mycovital) together with nitrogen-fixing bacteria *Bacillus subtilis* Cohn. (biopreparation Florobacillin) for pre-sowing seed treatment improves the growth and development of sunflower plants and increases their productivity.

Key words: fungi, bacteria, leaf weight, moisture-holding capacity, aggregate composition, root system.