



УДК 633.88:631.582.1:58.084:851.524.1:582.998
DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.10.2024.13>

БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ҐРУНТУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЕХІНАЦЕЇ ПРИ ЇЇ ПОВТОРНОМУ ВИРОЩУВАННІ

С. В. Поспелов¹, В. М. Самородов², В. В. Оніпко³, Є. О. Зезекало⁴

Представники роду *Echinacea* Moench. більше 300 років успішно використовуються в світі завдяки своїм лікарським властивостям. Із трави та кореневищ з коренями виготовляють різноманітні лікарські препарати для людини і тварин, харчові добавки, корми тощо. Унікальний фітохімічний комплекс та відсутність побічних ефектів дозволяє виготовляти імуностимулюючі, проти-запальні та протівірусні препарати. В Україні введено в культуру два види: ехінацея пурпурова (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) та ехінацея бліда (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.), які успішно культивують в господарствах України. Незважаючи на тривалий період вивчення, деякі аспекти агротехнології ехінацеї потребують поглибленого дослідження. Один із них – повторні посіви. Метою наших досліджень було вивчення продуктивності і біологічної активності ґрунту в умовах повторних посівів ехінацеї пурпурової та ехінацеї блідої. Для цього були закладені дослідні ділянки, в яких кожний вид вирощували два цикли по два роки (повторні посіви) та два роки ехінацею бліду після двох років ехінацеї пурпурової і навпаки. Оцінка біологічної активності ґрунту методом прямого біотестування на тестовій культурі свідчить, що повторне вирощування ехінацеї пурпурової викликало гальмування ростових процесів, а ехінацея бліда при вирощуванні після ехінацеї пурпурової позитивно вплинула на тестовий об'єкт. Визначення каталітичної активності ґрунту показує, що при вирощуванні ехінацеї блідої біологічна активність ґрунту була вищою за ехінацею пурпурову при різних схемах дослідів. При повторному культивуванні ехінацеї пурпурової більш

¹ доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри землеробства і агрохімії імені В.І. Сазанова
(Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава)
e-mail: sergii.pospelov@pdau.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0433-2996

² доцент кафедри захист рослин
(Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава)
e-mail: zakhyst.roslyn@pdau.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7088-6212

³ доктор педагогічних наук,
професор кафедри землеробства і агрохімії імені В.І. Сазанова
(Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава)
e-mail: valentina.onipko@pdau.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2260-971X

⁴ аспірант кафедри землеробства і агрохімії імені В.І. Сазанова
(Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава)
e-mail: yefim.zezekalo@pdau.edu.ua
ORCID: 0009-0007-2757-2139

високу активність каталази визначали весною, а влітку та восени – на ділянках, де вирощували ехінацею бліду. Проведені дослідження свідчать, що при повторному вирощуванні достовірно знижуються основні кількісні і якісні показники, що забезпечують формування продуктивності ехінацеї. У ехінацеї пурпурової утворюється менше листків на рослині (на 31,5 шт.), зменшуються маса рослини (на 43,3 г) та загальна площа фотосинтетичної поверхні (на 293,5 см²). Реакція ехінацеї блідої на повторне вирощування була негативною: маса рослини знизилася на 76,3 г, кількість листків – на 14,7 шт, суцвіть – на 5,1 шт., площа фотосинтетичної поверхні – на 18,05 см². Висловлюється припущення про алелопатичну складову зниження продуктивності ехінацеї в повторних посівах. Саме тому в господарствах, які вирощують лікарські рослини необхідно, не допускати тривалого вирощування ехінацеї на одному місці.

Ключові слова: ехінацея, *Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida*, ботаніка, морфометричні показники, ґрунтознавство, біологічна активність ґрунту, лікарське рослинництво.

BIOLOGICAL ACTIVITY OF SOIL AND PRODUCTIVITY OF ECHINACEA UNDER REPEATED CULTIVATION

S. V. Pospelov, V. M. Samorodov, V. V. Onipko, Ye. O. Zezekalo

Representatives of the genus *Echinacea* Moench have been successfully used worldwide for over 300 years due to their medicinal properties. Various medicinal preparations for humans and animals, dietary supplements, and feeds are made from the herb and rhizomes with roots. The unique phytochemical complex and the absence of side effects allow the production of immunostimulatory, anti-inflammatory, and antiviral drugs. In Ukraine, two species have been introduced into cultivation: *Echinacea purpurea* (L.) Moench and *Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt., which are successfully cultivated on farms. Despite the long period of study, some aspects of *Echinacea* agronomy require further research. One of them is repeated cultivation. The aim of our research was to study the productivity and biological activity of the soil under conditions of repeated cultivation of *Echinacea purpurea* and *Echinacea pallida*. For this purpose, experiments were set up in which each species was grown in two cycles of two years (repeated cultivation) and two years of *Echinacea pallida* after two years of *Echinacea purpurea* and vice versa. The assessment of soil biological activity by direct biotesting on a test culture indicates that repeated cultivation of *Echinacea purpurea* inhibited growth processes, while *Echinacea pallida*, when grown after *Echinacea purpurea*, positively affected the test object. Determination of soil catalytic activity shows that when growing *Echinacea pallida*, the biological activity of the soil was higher than that of *Echinacea purpurea* under different experimental schemes. In repeated cultivation of *Echinacea purpurea* higher catalase activity was determined in spring, while in summer and autumn, it was higher in plots where *Echinacea pallida* was grown. The conducted studies indicate that with repeated cultivation, the main quantitative and qualitative indicators that ensure the formation of *Echinacea* productivity significantly decrease. *Echinacea purpurea* formed fewer leaves per plant (by 31.5 pcs.), plant mass (by 43.3 g), and total photosynthetic surface area (by 293.5 cm²). The response of *Echinacea pallida* to repeated cultivation was negative: plant mass decreased by 76.3 g, the number of leaves by 14.7 pcs., inflorescences by 5.1 pcs., and photosynthetic surface area by 18.05 cm². It is suggested that the allelopathic component contributes to the decrease in *Echinacea* productivity in repeated cultivation. Therefore, in farms growing medicinal plants, it is necessary to avoid prolonged cultivation of *Echinacea* in one place.

Key words: *Echinacea purpurea*, *Echinacea pallida*, botany, morphometric indicators, soil science, biological activity of soil, medicinal plant cultivation.

Вступ

Виробництво лікарської сировини в світі динамічно розвивається, забезпечуючи населення Землі якісними натуральними фітопрепаратами та продуктами переробки лікарських рослин (Вожегова та ін., 2021). В Україні існують давні традиції їх вирощування та заготівлі в природі. Ще в 1916 р. на Полтавщині була заснована Дослідна станція лікарських рослин, де були започатковані комплексні наукові дослідження, що

дозволило в короткий термін вирішити питання інтродукції, акліматизації, технології вирощування і збирання, селекції, фітохімії важливих для фармацевтики рослин та впровадити їх у масштабне виробництво (Устименко та ін., 2016).

Ще в 1946 році саме в с. Березоточа Лубенського району, на вищезгаданій Станції почалися перші системні дослідження ехінацеї пурпурової, які довели перспективність вирощування і використання

цієї культури. Але тільки через 40 років, після Чорнобильської катастрофи це питання стало нагальним для нашої держави, що згодом призвело до її визнання і широкого медичного застосування (Pospielov & Pospielova, 2022). Сучасний досвід використання ехінацеї довів її імуномодулюючі, протизапальні, ранозагоювальні властивості та безпечність для організму людини. Вивчення фітохімічного складу та сучасні фармакологічні дослідження пояснюють унікальність ехінацеї наявністю комплексу фенольних сполук, полісахаридів, алкаламідів, ефірних олій тощо (Burlou-Nagy et al., 2022; Vlasheva et al., 2024).

Варто відзначити, що професійне і різнобічне вивчення ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench.) і ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) дозволило рекомендувати їх до використання не тільки для виробництва лікарської сировини, а й у тваринництві, кормовиробництві, ветеринарії, харчовій промисловості (Pospielov & Pospielova, 2022), вирощувати для фітореMediaції (Heidari et al., 2018). Тільки на базі Полтавського державного аграрного університету були проведені три міжнародні конференції з вивчення і використання ехінацеї (1998, 2003, 2013 рр.), що є унікальним прикладом цілеспрямованої роботи науковців і практиків України з дослідження одного ботанічного роду *Echinacea* Moench. У результаті була створена сировинна база, що дозволяє забезпечувати сировиною не тільки вітчизняну фармацевтичну промисловість, а й інших країн світу.

Незважаючи на вивчення біологічних і агротехнологічних особливостей ехінацеї (Makukha, 2021), залишаються аспекти, які потребують поглиблених досліджень. Як відомо, ехінацея багаторічна рослина, але за умов її плантаційного вирощування варто її культивувати за дворічним циклом: на перший рік вегетації утворюється розетка, на другий – формуються генеративні пагони. На другий рік під час цвітіння заготовляють надземну масу, восени збирають насіння, викопують кореневища з коренями. Досвід свідчить, що для медичного використання оптимальним є дворічний цикл вирощування; на третій і подальші роки є сенс залишати насінницькі посіви (Pospelov et al., 2020). Нам невідомі дослідження з вивчення ехінацеї як попередника, що пов'язано в першу чергу з обмеженістю виробничих площ та відсутністю досвіду тривалого культивування.

Теоретичні та експериментальні дослідження української школи аелопатологів, які були започатковані академіком А. М. Гродзинським (Юрчак, 2011), дозволили сформулювати та обґрунтувати феномен ґрунтової, який проявляється у зниженні урожайності за комплексної дії біотичних та абіотичних чинників не тільки при повторних та беззмінних посівах польових, багаторічних плодкових культур (Стельмах та ін., 2022; Яковенко та ін., 2023), а й лікарських рослин (Tkachova et al., 2022). Відомо, що представники роду *Echinacea* Moench. у коренях та надземній частині містить значну кількість фенольних сполук – до 4–5% від їх маси, які можуть виділятися і потрапляти в ґрунт; після ліквідації плантацій залишаються рослинні рештки, які містять різноманітні речовини (Шевчук та ін., 2011). За таких умов повторні чи багаторічні беззмінні посіви ехінацеї можуть викликати ґрунтовою та негативну післядію, а саме: зниження продуктивності рослин, активності мікрофлори, біологічної активності ґрунту, накопичення шкідників і хвороб (Щербакова та ін., 2003; Шевчук та ін., 2011).

Практично відсутні відомості про технологічні особливості вирощування ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.), яка відрізняється від ехінацеї пурпурової будовою кореневища, високою посухостійкістю, ранніми строками цвітіння (Pospelov et al., 2020). Сировина відрізняється багатим полісахаридним комплексом, наявністю жирної олії в кореневищі та насінні (Ahmadi et al., 2024).

Метою проведених досліджень було вивчення впливу повторного вирощування ехінацеї пурпурової і ехінацеї блідої на біологічну активність ґрунту, продуктивність і морфометричні ознаки рослин другого року вегетації.

Матеріал і методи

Досліди проводились в умовах СК «Радянський» Кременчуцького району Полтавської області в умовах помірно-континентального клімату з нестійким зволоженням. Ґрунти – чорноземи глибоко слабосолонцюваті. В 2019 році була висіяна ехінацея пурпурова та ехінацея бліда з нормою висіву 10 кг/га. В перший рік вегетації агротехнічні заходи включали міжрядне рихлення, ручне прополювання. На другий рік (2020 р.) рано весною проводили боронування посівів до початку вегетації, до стеблужання – міжрядне рихлення із вне-

сенням добрив (NPK)₃₀. Цвітіння ехінацеї блідої починалося в червні, ехінацеї пурпурової – в липні. Під час повного цвітіння в господарстві збирали надземну масу та висушували на лікарську сировину. В кінці другого року вегетації викопували кореневища з коренями, які також використовували як лікарську сировину. На третій рік (2021 р.) кожен частину поля, де росли види ехінацеї, ділили навпіл та повторно висівали ехінацею, яку вирощували за описаною технологією. Таким чином, територія поля, де ми проводили досліди, мала ділянки, де чотири роки поспіль вирощували кожний вид ехінацеї, та де вони чергувалися (табл. 1). Для досліджень відбирали ґрунт та рослини після чотирьох років вирощування. На ділянках 1 та 3 оцінювали дію повторних посівів, на ділянках 2 та 4 – дію чергування видів ехінацеї. Для порівняння відбирали ґрунт з ділянки, де до цього не вирощували ехінацею.

Зразки ґрунту відбирали тричі за сезон (в травні, липні та жовтні) ґрунтовим буром на глибину 20 см, ґрунт середньої проби висушували до повітряно сухого стану. Біологічну активність ґрунту оцінювали двома методами.

Пряме біотестування ґрунту проводили модифікованим методом Нейбауера-Шнейдера (Щербакова та ін., 2003), коли насіння тест-об'єктів (ячменю) висівалося в чашки Петрі з ґрунтом, і через 14 днів визначали масу надземної частини і кореневої системи. Дослідження проводилися в 4-кратній повторності за всіма варіантами.

Визначення активності фермента каталази визначали за розкладанням пероксиду водню (Стернік та ін., 2015). За допомогою спеціального приладу (газометра) кисень, що виділяється під час реакції, реєстрували через дві хвилини після початку реакції. Кожний зразок ґрунту досліджували в чотирьохкратній повторності.

У 2022 р. рослини ехінацеї пурпурової та ехінацеї блідої під час повного цвітіння зрізали на всіх варіантах досліду (по п'ять

типових рослин в кожному варіанті) та визначали кількісні та якісні показники, оцінювали загальну масу рослин та окремих частин і органів. Площу листової поверхні розраховували методом висічок (Мищенко і Поспелов, 2023).

Статистичну оцінку отриманих результатів проводили за t-критерієм Стьюдента та визначали найменшу істотну різницю між варіантами дослідів та контролем (Рожков та ін., 2016).

Результати та обговорення

Методи біотестування засновані на вивченні реакції живих організмів на певний фактор, і здійснюються шляхом виконання вегетаційних, лабораторних експериментів і, так званих, біологічних проб (Tkachova et al., 2022). Не дивлячись на те, що цей метод не відтворює природних умов, його потрібно вважати одним із основних, так як дозволяє повністю виключити весь різноманітний побічний вплив, який має місце в польовому досліді, здійснюється швидко і дає можливість з високою достовірністю провести експеримент.

Представлені результати свідчать про певну реакцію біотесту на об'єкт наших досліджень, що відображено в таблиці 2 і рисунку 1. Варто зауважити, що висота проростка ячменю змінювалась у більшому діапазоні порівняно із масою проростка. Це частково свідчить про наявність гормоноподібних речовин у ґрунті, що можуть бути первинного (органо-мінерального) або вторинного (мікробіологічного) походження. Довжина і фітомаса тест-культури, що вирощували на воді (варіант 1) на усіх варіантах були нижчими за варіанти 2–6, де використовували ґрунт. Це дає змогу зробити висновок, що в дослідних зразках ґрунту не містилися інгібітори росту в дієвих концентраціях.

Найбільший приріст проростків ячменю спостерігався при тестуванні зразків ґрунту з ділянки, де ехінацея бліда (2 роки) вирощувалась після ехінацеї пурпурової (2 роки). При цьому перевищення становило 7,2%

Таблиця 1

Схема досліду з вивчення повторних посівів ехінацеї

Роки	Ділянка 1	Ділянка 2	Ділянка 3	Ділянка 4
2019	Е. пурпурова	Е. пурпурова	Е. бліда	Е. бліда
2020	Е. пурпурова	Е. пурпурова	Е. бліда	Е. бліда
2021	Е. пурпурова	Е. бліда	Е. бліда	Е. пурпурова
2022	Е. пурпурова	Е. бліда	Е. бліда	Е. пурпурова

Таблиця 2

Оцінка біологічної активності ґрунту методом прямого біотестування
(тест-культура – ячмінь)

Варіанти дослідів, місце, де були взяті ґрунтові зразки	Довжина проростка, см		Маса проростка, г	
	значення	+/- до контролю	значення	+/- до контролю
1. Контроль – вода	15,6	-	0,104	-
2. Контрольна ділянка	18,2	+2,6	0,123	+0,019
3. Е.бліда після Е.пурпурової	19,5	+3,8*	0,130	+0,026*
4. Е.бліда після Е.блідої	18,5	+2,8*	0,118	+0,014
5. Е.пурпутова після Е.блідої	16,9	+1,3*	0,129	+0,025*
6. Е.пурпутова після Е.пурпурової	16,4	+0,8	0,129	+0,025*
НІР0.05=		1,22		0,022

* Суттєво на 5% рівні порівняно із варіантом 2

порівняно з варіантом 2. На рівні контрольної ділянки були результати тестування ґрунту, на якому чотири роки росла ехінацея біда (2 + 2 роки) – 18,5 см проти 18,2 см. Що до варіантів 5 і 6, то висота проростків була достовірно нижчою за контрольний ґрунт на 7,2–9,9%, що свідчить про те, що ґрунт, взятий на ділянках, де вирощувалася ехінацея пурпутова два або чотири роки, гальмував ріст тест культури.

Що стосується маси проростка, то її коливання були від 0,104 г до 0,130 в досліді. Найбільш суттєве пониження відзначалося на варіанті 3, де тестувався ґрунт з ділянки, де ехінацея біда росла чотири

роки – 0,118 г порівняно з 0,123 г (ґрунт з контрольної ділянки). На інших варіантах спостерігалось достовірне збільшення показника на 4,9–5,7%. Проведений дослід дозволяє стверджувати, що ґрунт після повторного вирощування ехінацеї не містить компонентів, активних по відношенню до рослин ячменю ярого.

На рисунку 2 представлені результати вивчення активності каталази в ґрунті при повторному вирощуванні ехінацеї бідої. Отримані дані дозволяють зробити висновок про більш високу каталазну активність ґрунту при вирощуванні ехінацеї порівняно із контролем, що свідчить про позитивну



Рис. 1. Дослідні рослини під час проведення дослідів з прямого біотестування

Позначення: 1 – контроль – вода; 2 – контрольна ділянка; 3 – Е.бліда після Е.пурпурової; 4 – Е.бліда після Е.блідої; 5 – Е.пурпутова після Е.блідої; 6 – Е.пурпутова після Е.пурпурової

дію культури на ґрунт. При цьому найбільшою вона була в липні, перевищуючи контроль на 2,23–2,43 мл. O₂ на 1 г ґрунту/2 хв. Як свідчать дослідження в травні і липні, повторне вирощування ехінацеї блідої не вплинуло на біологічну активність ґрунту, різниця в активності каталази суттєво не відрізнялася. В ґрунті, що відбирався у вересні, активність ферменту була нижче на 1,9 мл. O₂ на 1 г ґрунту/2 хв. при вирощуванні ехінацеї блідої два виробничих цикли поспіль порівняно із чергуванням видів ехінацеї.

Оцінка біологічної активності ґрунту за умов повторного вирощування ехінацеї пурпурової наведена на рисунку 3. Встановлено, що під час відростання ехінацеї (травень)

найбільша каталазна активність (4,37 мл. O₂ на 1 г ґрунту/2 хв), це в три рази перевищує контроль, відзначалася на варіанті вирощування ехінацеї пурпурової після ехінацеї пурпурової. На варіанті, ехінацея бліда після ехінацеї пурпурової, біологічна активність ґрунту на 75% перевищувала контроль і становила 2,54 мл. O₂ на 1 г ґрунту/2 хв. Аналогічні закономірності прослідковувалися і наприкінці вегетації. Разом із цим улітку біологічна активність ґрунту на контролі перевищувала дослідні варіанти в 2,1–8,7 рази. При цьому найбільше зниження реєструвалося на варіанті вирощування ехінацеї блідої після ехінацеї пурпурової.

Порівняння динаміки біологічної активності ґрунту (рис. 2 та рис. 3), дозволяє зро-

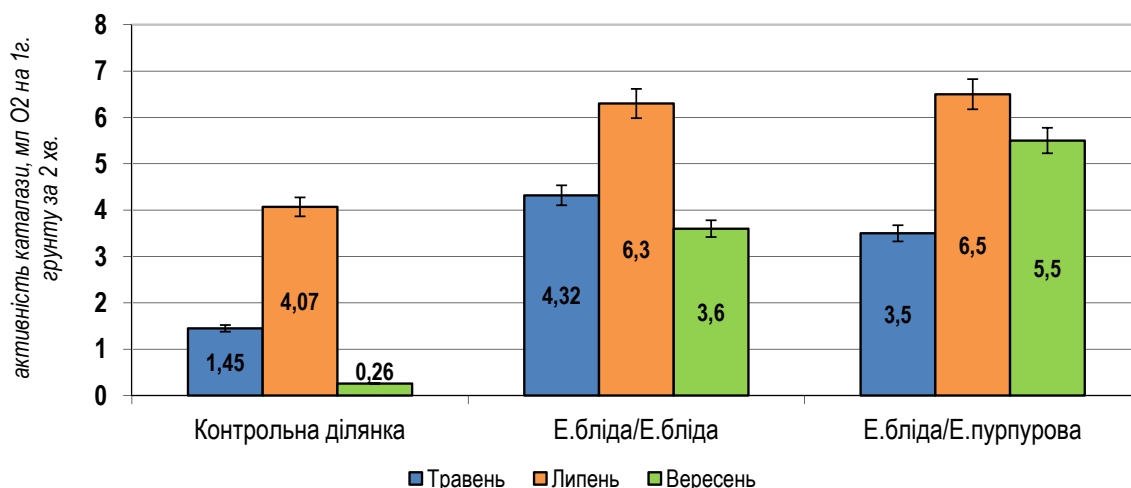


Рис. 2. Біологічна активність ґрунту при вирощуванні ехінацеї блідої (відбори в травні: $НІР_{0,05}=1,85$; відбори в липні: $НІР_{0,05}=2,05$; відбори в вересні: $НІР_{0,05}=2,25$)

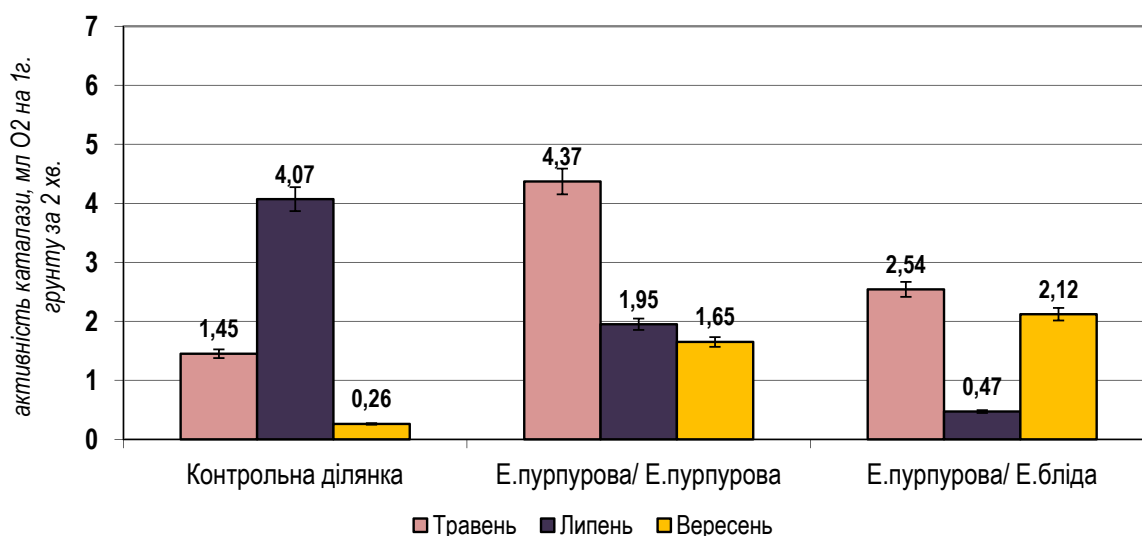


Рис. 3. Біологічна активність ґрунту при вирощуванні ехінацеї пурпурової (відбори в травні: $НІР_{0,05}=1,55$; відбори в липні: $НІР_{0,05}=1,62$; відбори в вересні: $НІР_{0,05}=1,30$)

бити висновок, що при повторному вирощуванні ехінацеї пурпурової більш висока вона була весною, тоді як ехінацеї блідої – влітку та восени. Варто зауважити, що під час всього вегетаційного періоду каталазна активність ґрунту при вирощуванні ехінацеї блідої була вищою порівняно з ехінацеєю пурпуровою.

Отримані дані дозволяють припустити, що при вирощуванні ехінацеї блідої відбувається збагачення ґрунту органічними сполуками, на що вказує більш висока каталазна активність відносно контролю. Понижена каталазна активність ґрунту при вирощуванні ехінацеї пурпурової свідчить на те, що вона може викликати більш активні алаопатичні реакції у ґрунті, особливо по відношенню до культур, які будуть вирощуватися після неї, що співпадає з висновками інших дослідників, які досліджували проблеми алаопатії при вирощуванні ехінацеї (Щербакова та ін., 2003; Шевчук та ін., 2011).

В таблиці 3 наведені результати оцінки морфометричних показників ехінацеї пурпурової залежно від повторного вирощування. Спостерігалася загальна тенденція зменшення показників на варіанті, де вирощували ехінацею пурпурову чотири роки поспіль.

Спосіб вирощування суттєво не вплинув на висоту рослини та масу стебел. Аналіз кількості та розміру стеблових листків у ехінацеї пурпурової свідчить про реакцію на

спосіб вирощування культури (таблиця 3). Так, кількість листків на пагонах однієї рослини при повторному вирощуванні ехінацеї становила 97,2 штук, тоді як при чергуванні видів ехінацеї цей показник досягав 116,7 штук, що на 19,5 листків більше. Аналогічні закономірності простежувалися при визначенні маси всіх стеблових листків: при повторному вирощуванні – 72,75 г, а при чергуванні видів ехінацеї – 93,36 г, що на 12,8% більше. Маса рослини на варіанті чергування видів перевищувала повторні посіви на 43,3 г, що підтверджувалося статистично.

Облік площі листків ваговим методом дозволив констатувати, що загальна площа фотосинтетичної поверхні рослин становила 898,5 см² та 1192,0 см², тобто при чергуванні видів ехінацеї вона була в 1,32 рази більшою, що відбувалося головним чином за рахунок збільшення площі стеблових листків.

Дослідження ехінацеї блідої (таблиця 4) переконують, що цей вид більше реагує на спосіб вирощування порівняно з ехінацеєю пурпуровою. Маса стебел була вищою на варіанті чергування видів ехінацеї (Б): 158,4 г проти 107,1 г, що на 51,3 г більше та підтверджується статистично. Підрахунок стеблових листків ехінацеї блідої свідчить, що при повторному вирощуванні ехінацеї блідої загальна кількість листків на рослині становила 27,2 шт., а при чергуванні культури – 41,4, що достовірно більше на 52,2%.

Таблиця 3

Характеристика розвитку ехінацеї пурпурової в повторних посівах

Показники	Повторні посіви:		
	Е. пурпурова після Е. пурпурової (А)	Е. пурпурова після Е. блідої (Б)	+/- Б до А
Висота рослини, см	98,5	92,5	-6,0
Маса стебел, г	305,2	314,5	+9,3
Маса стеблових листків, г	72,8	93,4	+20,6*
Маса розеткових листків, г	9,8	12,1	+2,3
Маса суцвіть, г	109,8	120,9	+11,9
Маса рослини, г	497,6	540,9	+43,3*
Кількість листків на пагонах, шт.	97,2	116,7	+19,5*
Кількість листків в розетці, шт.	12,2	14,2	+2,0
Кількість листків на рослині, шт	99,4	130,9	+31,5*
Кількість суцвіть, шт.	44,8	46,7	+1,9
Площа стеблових листків, см ²	758,2	1015,3	+257,1*
Площа розеткових листків, см ²	140,3	176,7	+36,4
Загальна площа, см ²	898,5	1192,0	+293,5*

*різниця достовірна на рівні $t_{0,05}$

Таблиця 4

Характеристика розвитку ехінацеї білої в повторних посівах

Показники	Повторні посіви:		
	Е. біла після Е. білої (А)	Е. біла після Е. пурпурової (Б)	+/- Б до А
Висота рослини, см	91,6	85,5	-6,1
Маса стебел, г	107,1	158,4	51,3*
Маса стеблових листків, г	31,3	51,8	20,5*
Маса розеткових листків, г	14,0	13,7	-0,3
Маса суцвіть, г	9,8	14,4	4,6
Маса рослини, г	162,2	238,3	76,3*
Кількість листків на пагоні, шт.	27,2	41,4	14,2*
Кількість листків в розетці, шт.	8,5	9,0	0,5
Кількість листків на рослині, шт	35,7	50,4	14,7*
Кількість суцвіть, шт.	9,3	14,4	5,1*
Площа стеблових листків, см ²	285,6	463,7	178,1*
Площа розеткових листків, см ²	225,3	227,7	2,4
Загальна площа, см ²	510,9	691,4	180,5*

*різниця достовірна на рівні $t_{0,05}$

Маса всіх листків рослини на варіанті повторного вирощування ехінацеї білої становила 31,3 г, а на варіанті чергування видів – 51,8. Таким чином, при чергуванні видів ехінацеї маса листків була в 1,65 разів більшою порівняно з іншим варіантом.

Розрахунок площі стеблових листків дозволив встановити, що на варіанті Б вона становила 463,7 см², а при повторному вирощуванні – 285,6 см², що в 1,62 рази більше. Із наведених результатів можна зробити висновок, що спосіб вирощування не вплинув на розвиток розеткових листків: їх кількість та маса не розрізнялась статистично за варіантами. Розрахунок площі фотосинтетичної поверхні демонструє, що при повторному вирощуванні ехінацеї білої вона становила 510,9 см², а при чергуванні видів – 691,4 см². Достовірна різниця між варіантами становила 180,5 см² за рахунок більш розвинутих стеблових листків.

Загальна кількість суцвіть при чергуванні видів становила 14,4 шт. проти 9,3 шт. за умов повторного вирощування, що на 54,8% більше. Маса суцвіть також мала тенденцію до збільшення: 14,4 г проти 9,8 г відповідно.

Висновки

Проведені дослідження дозволили встановити вплив повторних посівів на біологічну активність ґрунту та морфометричні показники двох видів ехінацеї: ехінацеї пурпурової та ехінацеї білої.

За оцінкою прямого біотестування ґрунту, достовірний приріст проростків ячменю спостерігався на ділянках ехінацеї білої,

що росла після ехінацеї пурпурової (на 7,2% до контролю). Повторне вирощування вказаного виду не викликало реакції тест-культури. Гальмування біотесту відзначалося при вирощуванні ехінацеї пурпурової повторно чи після ехінацеї білої (на 7,2–9,9%).

Спостерігалася загальна тенденція більш високої активності ферменту каталази в ґрунті при вирощуванні ехінацеї білої порівняно із ехінацеєю пурпуровою. За цих умов у посівах ехінацеї пурпурової біологічна активність ґрунту була більш високою весною (в 1,75–3,01 рази), а ехінацеї білої – влітку та восени (в 1,54–1,60 рази та 13,85–21,15 рази відповідно) у порівнянні з контролем.

Порівняння продуктивності ехінацеї залежно від способу вирощування показало достовірне зниження основних кількісних і якісних показників при повторному вирощуванні. У ехінацеї пурпурової зниження маси стеблових листків становило 22,0%, маса рослини – 8,0%, кількість листків на рослині – 24,1%, площа фотосинтетичної поверхні – 24,6%; у ехінацеї білої – маса стебел на 32,4%, маса рослини – на 31,9%, кількість листків на рослині – на 29,2%, площа листків на рослині – на 26,1%.

Перспективи подальших досліджень

Встановлений факт зниження продуктивності ехінацеї при її повторному вирощуванні та зміни біологічної активності ґрунту при цьому розкриває наукову та технологічну проблему, яку варто в подальшому вивчати та враховувати при плантаційному

вирощуванні видів ехінацеї. В першу чергу не можна допускати тривалого вирощування ехінацеї на одному місці, особливо насінницьких посівів. Негативну післядію повторного вирощування рекомендуємо знижувати застосуванням бінарних посівів, сидеральних культур/парів, бобових трав, внесенням органічних добрив тощо.

Список використаної літератури

- Вожегова Р.А., Лиховид П.В., Біляєва І.М. Сучасний стан, перспективи та напрями розвитку виробництва лікарських рослин в Україні. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 57–66. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.7>
- Мищенко О.В., Поспелов С.В. Продуктивність ехінацеї блідої (*Echinacea pallida* (Nutt.) Nutt.) першого року вегетації залежно від способу вирощування розсади *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. С. 125–131. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.16>
- Рожков А.О. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. у 2 кн. та ін. Харків : Майдан, 2016. Кн. 1: Теоретичні аспекти дослідної справи. 316 с.
- Стельмах Д., Клеєвська В., Кручина В. Вплив на навколишнє середовище поширення монокультур в аграрному секторі. *Actual scientific research in the modern world*. 2022. Вип. 12 (92). Р. 17–20.
- Стернік В., Марциновський В., Мельник В. Вміст ферменту каталази в ґрунті на території АЗС м. Рівного. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2015. № 2. С. 113–118.
- Устименко О.В., Глущенко Л.А., Куценко Н.І. Значення наукової діяльності Станції лікарських рослин у формуванні, становленні та розвитку лікарського рослинництва. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 2. С. 29–38.
- Шевчук О.М., Агурова І.В., Кохан Т.П. Аделопатична активність ґрунту в ризосфері *Echinacea purpurea* (L.) Moench та *Silybum marianum* (L.) Gaertn. *Інтродукція рослин*. 2011. № 4. С. 67–71.
- Щербакова Т.О., Головка Е.А., Поспелов С.В., Самородов В.М., Мищенко О.В. Біологічна активність і біохімічний аналіз ризосферного ґрунту різних видів роду ехінацея (*Echinacea* Moench). *Вісник Полтавської державної академії*. 2003. № 5. С. 96–99.
- Юрчак Е. Витоки та особливості становлення вчення про аделопатію у першій половині ХХ ст. *Історія наук і біографістика*. 2023. № 3. С. 208–229.
- Яковенко Р.В., Дем'янюк О.С., Синенко Д.І., Чепурний В.Г., Лисанюк В.Г. Проблема ґрунтовоми в монокультурі яблуні. *Збалансоване землекористування*. 2023. № 3. С. 121–128. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287826>
- Ahmadi F., Kariman K., Mousavi M., Rengel Z. Echinacea: Bioactive Compounds and Agronomy. *Plants*. 2024. Vol. 13. № 1235. <https://doi.org/10.3390/plants13091235>
- Burlou-Nagy C., B̃anic̃a, F., Jurca, T., Vicas L.G., Marian E., Muresan M.E., Bácskay I., Kiss R., Fehér P., Pallag A. Echinacea purpurea (L.) Moench: Biological and Pharmacological Properties. A Review. *Plants*. 2022. Vol. 11. № 1244. <https://doi.org/10.3390/plants11091244>
- Heidari S., Fotouhi Ghazvini R., Zavareh M., Kafi M. Physiological responses and phytoremediation ability of Eastern Coneflower (*Echinacea purpurea*) for crude oil contaminated soil. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2018. Vol. 16 (2). Р. 149–164. <https://doi.org/10.22124/CJES.2018.2957>
- Makukha O. Technological Improvement of Echinacea purpurea Cultivation. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22 (5). Р. 89–96. <https://doi.org/10.12912/27197050/139336>
- Saletovic M., Cipurkovic A., Horozic E., Dozic A., Selimbasic V. Distribution of Some Elements in the Soil Where Echinacea is Cultivated. *European Journal of Scientific Research*. 2017. Vol. 146 (2). Р. 194–202.
- Shahrajabian M.H., Sun W. Five Important Seeds in Traditional Medicine, and Pharmacological Benefits. *Seeds*. 2023. Vol. 2. Р. 290–308. <https://doi.org/10.20944/preprints202307.1724.v1>
- Pospelov S., Zdor V., Mishchenko O., Pospelova A., Kovalenko N. Model of creation of productive agrocenosis of Echinacea. *E3S Web of Conferences*. 2020. Vol. 222. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202048>
- Pospielov S.V., Pospielova G.D. Promising Direction of use Echinacea Moench in Ukraine. *Grail of Science*. 2022. № 16. Р. 157–159. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.06.2022.026>
- Tkachova Ye., Fedorchuk M., Kovalenko O. Allelopathic activity of plants *Hyssopus officinalis* L. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2022. Vol. 26 (4). Р. 19–29. [https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26\(4\)-2](https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(4)-2)

Vlasheva M., Katsarova M., Dobрева A., Dzhurmanski A., Denev P., Dimitrova S. Echinacea Species Cultivated in Bulgaria as a Source of Chicoric and Caftaric Acids. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. № 2081. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092081>.

References

Vozhegova, R.A., Lykhovyd, P.V., & Biljajeva, I.M. (2021). Suchasnyj stan, perspektyvy ta naprjamy rozvytku vyrobnyctva likarsjkykh roslyn v Ukrajinі [Current state, prospects and directions of the development of medicinal plant growing in Ukraine]. *Tavriys'kyj naukovyy visnyk [Taurida Scientific Herald]*, 118, 57–66. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.7> [in Ukrainian].

Mishhenko, O.V., & Pospjelov, S.V. (2023). Produktivnistj ekhinaceji blidoji (Echinacea pallida (Nutt.) Nutt.) pershogho roku veghetaciji zalezno vid sposobu vyroshhuvannja rozsady [Productivity of the first year of vegetation pale purple coneflower (Echinacea palida (Nutt.) Nutt.) depending on seedling cultivation method]. *Tavriys'kyj naukovyy visnyk [Taurida Scientific Herald]*, 132, 125–131. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.132.16> [in Ukrainian].

Rozhkov, A.O., Puzik, V.K., Kalensjka, S.M., Puzik, L.M., Popov, S.I., Muzafarov, N.M., Bukhalo, V.Ja., & Krysh-top, Je.A. (2016). Doslidna sprava v aghronomiji [Research work in agronomy] (Ch. 1: Teoretychni aspekty doslidnoji spravy [Theoretical aspects of research work]). Kharkiv : Majdan [in Ukrainian].

Steljmakh, D., Klejevsjka, V., & Kruchyna, V. (2022). Vplyv na navkolyshnje seredovyshe poshyrennja monokul'tur v aghrarnomu sektori [Environmental impact of the spread of monocultures in the agricultural sector]. *Actual scientific research in the modern world*, 12 (92), 17–20 [in Ukrainian].

Sternik, V., Marcynovs'kyj, V., & Meljnyk, V. (2015). Vmist fermentu katalazy v gruntі na terytoriji AZS m. Rivnogho [The Content of the Enzyme Catalase in the Soil on the Territory of the Gas Station Rivne]. *Naukovyy visnyk Skhidnojevropejs'koho natsional'noho universytetu imeni Lesi Ukrajinky [Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin]*, 2, 113–118 [in Ukrainian].

Ustymenko, O.V., Ghlushhenko, L.A., & Kucenko, N.I. (2016). Znachennja naukovoji dijal'nosti Stanciji likarsjkykh roslyn u formuvanni, stanovlenni ta rozvytku likarsjkogho roslynnnyctva [The significance of the scientific activities of the medicinal plant research station in the formation, formation and development of medicinal plant growing]. *Ahroekologichnyy zhurnal [Agroecological Journal]*, 2, 29–38 [in Ukrainian].

Shevchuk, O.M., Aghurova, I.V., & Kokhan, T.P. Alelopatychna aktyvnistj ghruntu v ryzosferi Echinacea purpurea (L.) Moench ta Silybum marianum (L.) Gaertn [Allelopathic activity of soil in the Echinacea purpurea (L.) Moench and Silybum marianum (L.) Gaertn. rizosphere]. *Introduktsiya roslyn [Plant introduction]*, 4, 67–71 [in Ukrainian].

Shherbakova, T.O., Gholovko, E.A., Pospjelov, S.V., Samorodov, V.M., & Mishhenko, O.V. (2003). Biologichna aktyvnistj i biokhimichnyj analiz ryzosfernogho gruntu riznykh vydiv rodu ekhinaceja (Echinacea Moench) [Biological activity and biochemical analysis of rhizosphere soil of different species of the genus Echinacea (Echinacea Moench)]. *Visnyk Poltavs'koyi derzhavnoyi akademiyi [Bulletin of Poltava State Agrarian Academy]*, 5, 96–99 [in Ukrainian].

Jurchak, E. (2023). Vytoky ta osoblyvosti stanovlennja vchennja pro alelopatiju u pershij polovyni XX st [Origins and features of the formation of the doctrine about allelopathy in the first half of the XX century]. *Istoriya nauk i biohrafistyka [History of sciences and biography]*, 3, 208–229 [in Ukrainian].

Jakovenko, R.V., Dem'janjuk, O.S., Synenko, D.I., Chepurnyj, V.Gh., & Lysanjuk, V.Gh. (2023). Problema gruntovtomy v monokul'turi jabluni [The Problem of Soil fatigue in Apple orchards Monoculture]. *Zbalansovane zemlekorystuvannya [Balanced natue using]*, 3, 121–128. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2023.287826> [in Ukrainian].

Ahmadi, F., Kariman, K., Mousavi, M., & Rengel, Z. (2024). Echinacea: Bioactive Compounds and Agronomy. *Plants*, 13, 1235. <https://doi.org/10.3390/plants13091235> [in English].

Burlou-Nagy, C., B̃anic̃a, F., Jurca, T., Vicas, L.G., Marian, E., Muresan, M.E., Bácskay, I., Kiss, R., Fehér, P., & Pallag, A. (2022). Echinacea purpurea (L.) Moench: Biological and Pharmacological Properties. A Review. *Plants*, 11, 1244. <https://doi.org/10.3390/plants11091244> [in English].

Heidari, S., Fotouhi, Ghazvini R., Zavareh, M., & Kafi, M. (2018). Physiological responses and phytoremediation ability of Eastern Coneflower (Echinacea purpurea) for crude oil contaminated soil. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 16 (2), 149–164. <https://doi.org/10.22124/CJES.2018.2957> [in English].

Makukha, O. (2021). Technological Improvement of *Echinacea purpurea* Cultivation. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 22(5), 89–96. <https://doi.org/10.12912/27197050/139336> [in English].

Saletovic, M., Cipurkovic, A., Horozic, E., Dozic, A., & Selimbasic, V. (2017). Distribution of Some Elements in the Soil Where *Echinacea* is Cultivated. *European Journal of Scientific Research*, 146 (2), 194–202 [in English].

Shahrajabian, M. H., & Sun, W. (2023). Five Important Seeds in Traditional Medicine, and Pharmacological Benefits. *Seeds*, 2, 290–308. <https://doi.org/10.20944/preprints202307.1724.v1> [in English].

Pospelov, S., Zdor, V., Mishchenko, O., Pospelova, A., & Kovalenko, N. (2020). Model of creation of productive agrocenosis of *Echinacea*. *E3S Web of Conferences*, 222, 1–9. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022202048> [in English].

Pospelov, S.V., & Pospelova, G.D. (2022). Promising Direction of use *Echinacea* Moench in Ukraine. *Grail of Science*, 16, 157–159. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.17.06.2022.026> [in English].

Tkachova, Ye., Fedorchuk, M., & Kovalenko, O. (2022). Allelopathic activity of plants *Hyssopus officinalis* L. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 26 (4), 19–29. [https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26\(4\)-2](https://doi.org/10.56407/2313-092X/2022-26(4)-2) [in English].

Vlasheva, M., Katsarova, M.; Dobрева, A., Dzhurmanski, A., Denev, P., & Dimitrova, S. (2024). *Echinacea* Species Cultivated in Bulgaria as a Source of Chicoric and Caftaric Acids. *Agronomy*, 14, 2081. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092081> [in English].

Отримано: 04.11.2024
Прийнято: 18.11.2024