

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

УДК 581.1: 631.811+633.36.3

doi: 10.25128/2078-2357.19.4.9

¹О. В. ТРИГУБА, ²С. В. ПИДА, ³І. С. БРОЩАК, ²О. Б. МАЦЮК

¹Кременецька обласна гуманітарно-педагогічна академія імені Тараса Шевченка
пров. Лицейний 1, Кременець, Тернопільська область, 47003

²Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

³Тернопільська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України»
вул. Микулинецька, 22, Тернопіль, 46006
e-mail: macjuk@chem-bio.com.ua

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН У ПОСІВАХ ЛЮПИНУ БІЛОГО (*LUPINUS ALBUS L.*)

Досліджено вплив біологічних препаратів Емістим С та Епін на формування симбіотичних систем на коренях рослин на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), насінневу продуктивність та якість зерна люпину білого сорту Макарівський у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Встановлено, що місцеві раси бульбочкових бактерій люпину були вірулентними, що, відповідно, сприяло наростанню бульбочок рожевого забарвлення, в основному, на головному корені рослин. Емістим С активніше впливав на формування симбіотичного апарату на коренях люпину білого порівняно з Епіном. Регулятори росту рослин (РРР) сповільнювали процес старіння й лізису бульбочок.

Передпосівна обробка насіння РРР Емістим С достовірно збільшила насінневу продуктивність люпину білого на 2,1 ц/га (7,7%) порівняно з контролем. За використання Емістиму С та Епіну виявлено статистично достовірний приріст органічних речовин, зокрема, протеїну (7,9% та 2,9%), білків (8,1% та 1,9%), олії (5,9% та 2,2%) та клітковини (7,9% та 4,0%). Зазначені РРР істотно не впливали на накопичення мінеральних сполук фосфору, калію і вміст золи в насінні люпину білого за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Ключові слова: люпин білий, регулятори росту рослин, бульбочки, насіннева продуктивність, якість насіння.

Перспективною культурою сучасного сільського господарства з хорошим хімічним складом насіння та здатністю до симбіотичної фіксації атмосферного нітрогену є люпин білий (*Lupinus albus L.*). Серед зернобобових культур за виробництвом і посівними площами люпин займає восьме місце у світі, Європі та серед країн ЄС, четверте в Україні і серед країн СНД, третє в Німеччині і Росії, друге в Білорусі, перше в Океанії [9]. На сьогодні світовим лідером по вирощуванню люпину є Австралія. Також культуру вирощують у Німеччині, Португалії, Франції, Іспанії, Італії, Чилі та Перу [18].

Розв'язанням проблем підвищення ефективності виробництва люпину білого займаються багато науковців, зокрема, Голодна А. В. [5], Підпалій І. Ф., Липовий В. Г., Панцирева Г. В. [15], Петриченко В. Ф. [12], Байдюк Т. О. [2], Пида С. В., Тригуба О. В. [13, 14] та ін. Але, незважаючи на велику кількість досліджень і численні публікації, питання ефективності

виробництва люпину білого вимагають подальшого дослідження з огляду на постійно змінні умови господарювання та зміни клімату.

Особливе значення в розробленні технологій вирощування люпину білого займають мінеральні добрива, оскільки зазначена вище культура є чутливою до поживних елементів, особливо на ранніх етапах органогенезу, коли ще не сформувався симбіотичний апарат [8]. Але, водночас, ці хімічні сполуки здатні негативно впливати як на агроценози, так і на природне середовище, що обмежує використання зерна люпину в харчуванні, у тому числі й дієтичному. Відомо, що люпин є сировиною для створення безглютеїнових харчових продуктів, що мають дієтичні та лікувально-профілактичні властивості при виготовленні дитячого харчування. На основі люпину створюється харчування для діабетиків [19, 21, 23].

Зважаючи на це, актуальним є пошук шляхів зниження негативної дії мінеральних добрив на посіви культури, серед яких необхідно виокремити часткову заміну останніх на біологічні препарати природного походження – мікробні та з рістрегулювальною дією.

Показано, що застосування регуляторів росту рослин підвищує стійкість до а- та біотичних навантажень, посилює ріст рослин в умовах екологічного стресу і адаптацію та стійкість під час зміни клімату [25], впливає на мікробіоценози ґрунту [6], оскільки РРР є модифікаторами балансу фітогормонів [16].

Дослідження науковців засвідчують позитивний вплив біологічних препаратів на проходження основних фізіологічних процесів у рослинах, що в цілому сприяє формуванню високої продуктивності посівів [14, 17]. Проте дослідження, що стосуються ефективності передпосівної обробки насіння регуляторами росту рослин (РРР) Емістим С та Епін у посівах люпину білого, потребує поглиблення та уточнення. Відомо, що РРР Емістим С та Агростимулін позитивно впливали на фотосинтетичні процеси у рослинах люпину білого та люпину жовтого. Передпосівна обробка насіння РРР Емістим С сприяла інтенсивнішому накопиченню хлорофілу в листках рослин люпину білого сорту Макарівський [4]. Разом з тим, Емістим С не впливав або зменшував кількість білкового азоту у листках рослини [11].

У зв'язку з цим, актуальним є дослідження ефективності застосування регуляторів росту рослин у посівах люпину білого, що дозволить рекомендувати виробництву елементи біологізації землеробства, які знизять хімічне навантаження на агробіоценози, за яких технологія вирощування культури забезпечуватиме одержання хороших врожаїв високої якості.

Метою роботи було встановити вплив біологічних препаратів Емістим С та Епін на формування симбіотичних систем на коренях рослин на фоні спонтанної інокуляції місцевими популяціями *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*), насінневу продуктивність та якість урожаю люпину білого сорту Макарівський у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України.

Матеріал і методи досліджень

Польові дослідження проводили протягом вегетаційних періодів 2017–2019 рр. у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) на чорноземі опідзоленому середньо суглинистому в лісах агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка.

Матеріалом експериментальних досліджень слугував люпин білий (*Lupinus albus* L.) сорту Макарівський, виведений селекціонерами ННЦ «Інститут землеробства НААН» і регулятори росту рослин (РРР) Емістим С та Епін. Сорт Макарівський люпину білого внесений до Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні з 2008 р., створений методом гібридизації шляхом схрещування лінії 2247 з сортом люпину білого Олешка та наступним індивідуальним добором на штучному інфекційному фузаріозному фоні. Сорт належить до групи скоростиглих (тривалість вегетаційного періоду – 108 днів), високоврожайний за насінневою продуктивністю і зеленою масою. Рекомендований для вирощування на зерно і зелену масу в зоні Полісся і північного Лісостепу [9].

РРР Емістим С синтезовано під керівництвом С. П. Пономаренка в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України з продуктів обміну грибів-епіфітів рослин женьшеню та обліпихи, що колонізують кореневі системи. До складу біологічного препарату

входять фітогормони цитокінінової, ауксинової та гіберелінової природи, вітаміни, амінокислоти, жирні кислоти, а також мікроелементи. Виробником препарату є державне підприємство Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех», ЗАТ «Високий врожай» [1].

Рістрегулятор Епін виготовлений на основі діючої речовини 24-епібрасиноліду – стероїдного фітогормону, який був уперше ідентифікований із пилкових зерен ріпаку. Зазначений препарат належить до брасиностероїдів і є аналогом природного гормону рослин. Специфіка його дії полягає в регуляції синтезу гормонів стимулювальної і гальмувальної природи самою рослиною – гіберелінів, цитокінінів, ауксинів, етилену, абсцизової кислоти (АБК). Фізіологічна дія препарату залежить від фенологічної стадії росту рослин та умов його застосування. РРР інтенсифікує біосинтез самою рослиною тих біологічно активних речовин (гормонів), що потрібні їй протягом онтогенезу. РРР Епін проявляє адаптогенний і антистресовий вплив – посилює захисні властивості рослини до абіотичних та біотичних факторів. Біопрепарат Епін створено в Інституті біоорганічної хімії Національної академії наук Білорусі [22].

Польові дослідження закладали у трьох варіантах та чотирьох повтореннях: насіння контрольного варіанту зволожували водою, а дослідні РРР Емістим С та Епін у дозах 25 мл/т із розрахунку 2% від його маси. Технологія вирощування люпину білого типу для Лісостепу України (норма висіву – 700 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь 45 см, глибина сівби – 3–4 см, строк сівби – перша половина квітня) [8]. Висівали культуру у 8-пільній польовій сівозміні без використання добрив та хімічних засобів захисту рослин.

Для встановлення маси кореневих бульбочок у польових умовах 2 рази протягом вегетаційного періоду викопували моноліти ґрунту з кореневою системою люпину 25x25x30 см. Після цього корені відмивали, бульбочки обривали, висушували їх за температури 105°C у сушильній шафі і визначали суху масу із 5-ти рендомізованих рослин, які брали з кожної повторності.

Для дослідження основних елементів продуктивності люпину білого довжину бобів вимірювали за допомогою лінійки; підраховували кількість бобів та насінин на одній рослині; встановлювали масу насіння шляхом зважування на електронній вазі [10]. Якісні показники насіння оцінювали на інфрачервоному аналізаторі NIR Systems 4500 в ННЦ «Інститут землеробства НААН України».

Статистична обробка даних здійснювалась за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*.

Результати досліджень та їх обговорення

У землеробстві існують різні способи отримання ґрунтами зв'язаного азоту: симбіотична азотфіксація, асоціативна азотфіксація, надходження з опадами чи поливною водою і внесення добрив. Найбільш потужним й екологічно безпечним шляхом постачання цього важливого елемента живлення для росту, розвитку і формування продуктивності бобових культур є симбіотична азотфіксація. Важливу роль у підвищенні рівня ефективності азотфіксувальної системи бобових відіграють рослина-хазяїн, її сортові особливості, фізіологічний стан, а також генотип мікросимбіонта та його внесок у загальний ефект симбіотичного зв'язування нітрогену атмосфери. Одним із основних чинників інтенсифікації симбіотичної азотфіксації є, безумовно, інтродукція активних штамів бульбочкових бактерій у ризосферу рослин [3]. Важливим фактором впливу на інтродуковані штами бульбочкових бактерій і популяції місцевих ґрунтових мікроорганізмів є біологічно активні речовини [7].

У зв'язку з вказаним вище, метою досліджень було встановити вплив РРР Емістим С та Епін на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого за передпосівної обробки насіння зазначеними біологічно активними речовинами. Важливим показником ефективності застосування біологічних препаратів на основі рістрегуляторів є маса кореневих бульбочок, їхнє забарвлення, форма та розміщення на коренях. Встановлено, що бульбочки наростали, в основному, на головному корені рослин. Хоча виявлено їх і на деяких бічних коренях. Бульбочки здебільшого були рожевого забарвлення, що свідчить про активну фіксацію ними

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

молекулярного нітрогену з атмосферного повітря. Відомо, що морфологічні ознаки бульбочок (форма, забарвлення, розміщення на коренях) є критеріями оцінки симбіотичних систем бобових рослин [4].

Дослідження показали, що найвища маса сирих бульбочок на коренях люпину білого сорту Макарівський сформувалась у фенологічній стадії росту цвітіння (табл. 1, 2, 3).

Таблиця 1

Вплив PPP на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого сорту Макарівський (2017 р.)

| Варіант | Стадія цвітіння | | Стадія зеленого бобу | |
|-----------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Сира маса бульбочок, г | % до контролю | Сира маса бульбочок, г | % до контролю |
| Контроль | 0,54±0,04 | 100,0 | 0,34±0,03 | 100,0 |
| Емістим С | 0,73±0,03* | 135,2 | 0,54±0,02* | 158,2 |
| Епін | 0,56±0,04 | 103,7 | 0,41±0,02* | 120,6 |

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

У ґрунтах дослідної ділянки агробіолабораторії наявні місцеві популяції бульбочкових бактерій *Bradyrhizobium sp.* (*Lupinus*), які самовільно заселили корені люпину білого контрольного варіанту та дослідних, за обробки біопрепаратами Емістим С та Епін. Це пов'язано з тим, що люпин білий вирощується на дослідних ділянках більше 30-ти років і в попередніх дослідженнях використовували для інокуляції насіння мікробіологічні препарати на основі селекціонованих штамів бульбочкових бактерій люпину методом аналітичної селекції.

Передпосівна обробка насіння PPP Емістим С впродовж трьох років дослідження сприяла найбільш активному наростанню бульбочок у формі муфт на коренях рослин у фенологічній стадії цвітіння. Їх маса на 35,2% (2017 р.), 57,1% (2018 р.) та 43,4% (2019 р.) була вищою, порівняно з контрольним варіантом.

Обробка насіння препаратом Епін також статистично достовірно збільшувала сиру масу бульбочок на коренях люпину у зазначеній стадії в 2018 та 2019 рр. (на 28,6% та 22,6% відповідно). Під час цвітіння у 2017 році виявлено тенденцію до інтенсивнішого наростання бульбочок за впливу Епіну порівняно з контролем, але істотної різниці не виявлено. Очевидно, біологічно активні речовини, що входять до складу препаратів підвищували вірулентність місцевих популяцій бульбочкових бактерій ґрунту.

Таблиця 2

Вплив PPP на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого сорту Макарівський (2018 р.)

| Варіант | Стадія цвітіння | | Стадія зеленого бобу | |
|-----------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Сира маса бульбочок, г | % до контролю | Сира маса бульбочок, г | % до контролю |
| Контроль | 0,42±0,06 | 100,0 | 0,27±0,03 | 100,0 |
| Емістим С | 0,66±0,03* | 157,1 | 0,38±0,02* | 140,7 |
| Епін | 0,54±0,04* | 128,6 | 0,30±0,03* | 111,1 |

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

У фенологічній стадії зеленого бобу виявлено зниження маси нативних бульбочок на коренях рослин, оскільки вже, очевидно, почалося руйнування (лізис) бульбочок. Візуальне оцінювання стану бульбочок на коренях рослин показало, що їх забарвлення стало буре і консистенція менш щільна. Деякі бульбочки були майже гнилими, що, відповідно, вплинуло на зниження їх маси.

Встановлено аналогічну тенденцію стосовно стимулювального впливу біологічно активних речовин на формування симбіотичних систем на коренях люпину у фенологічній

стадії росту зелений біб (табл. 1, 2, 3). Активніше, як і в попередній фенологічній стадії, на показник маси бульбочок впливав РРР Емістим С. РРР сприяли повільнішому старінню бульбочок порівняно з контрольним варіантом. За передпосівної обробки біологічним препаратом Емістим С сира маса бульбочок була на 58,2% (2017 р.), 40,7% (2018 р.) та 51,6% (2019 р.) більшою порівняно з контролем і зазначені експериментальні дані є статистично достовірними.

Таблиця 3

Вплив РРР на формування симбіотичних систем на коренях люпину білого сорту Макарівський (2019 р.)

| Варіант | Стадія цвітіння | | Стадія зеленого бобу | |
|-----------|------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| | Сира маса бульбочок, г | % до контролю | Сира маса бульбочок, г | % до контролю |
| Контроль | 0,53±0,05 | 100,0 | 0,31±0,03 | 100,0 |
| Емістим С | 0,76±0,03* | 143,4 | 0,47±0,02* | 151,6 |
| Епін | 0,65±0,04* | 122,6 | 0,39±0,10* | 125,8 |

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

За використання біопрепарату Епін маса сирих бульбочок також була достовірно вищою порівняно з контролем на 20,6% (2017 р.), 11,1% (2018 р.) та 25,8% (2019 р.).

На фізіологічні процеси формування врожайності впливає значна кількість факторів, що не піддаються регулюванню (інсоляція, температура, опади, інші явища природи), також такі, якими людина може керувати (сорт, агротехніка, добрива, засоби захисту рослин від бур'янів, шкідників, хвороб, регулятори росту, технологія зрошення, збирання врожаю тощо). Найбільша продуктивність культури досягається за оптимального їх співвідношення на всіх етапах росту і розвитку рослин. Чим вони ближчі до оптимальних параметрів, тим кращі передумови високої продуктивності [8].

На основі 3-річних польових досліджень встановлено стимулювальний вплив регуляторів росту рослин Емістим С та Епін на основні елементи продуктивності люпину білого сорту Макарівський у ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області Західного Лісостепу України (табл. 4). Збирання урожаю зерна проводили у першій декаді вересня в стадії повної стиглості насіння, коли закінчилося надходження органічних речовин у процесі наливання насіння з материнського організму. У кінці вегетаційного періоду висота рослин дослідного варіанту за передпосівної обробки насіння РРР Епін істотно відрізнялася від контролю (69,9±0,8 см) на 7,0% (74,8±2,1 см). За використання Емістиму С виявлено тенденцію до збільшення зазначеного вище показника (73,5±1,2 см).

Кількість бобів на рослині є важливим і одночасно найбільш перемінним елементом структури врожаю зернобобових, який залежить від низки факторів. Зокрема, зазначений показник корелює з гілкуванням, яке, у свою чергу, залежить від запасів вологи й поживних речовин у ґрунті. За їх дефіциту вони поступають тільки в головне стебло. Збільшенню кількості бобів на рослині сприяють також ранні строки сівби культури. За низьких температур інтенсивніше відбувається диференціація генеративних органів, спостерігається більш раннє цвітіння та утворення більшої кількості бобів [8]. Встановлено, що найбільше бобів сформувалося на рослині за передпосівної обробки насіння РРР Емістим С, що на 10,5% вище контролю, дещо менше у варіанті за використання Епіну (на 3,3% вище до контролю). Середня довжина бобу становила: контроль – 4,5±0,1; Емістим С – 4,7±0,1; Епін – 4,9±0,1 см). Кількість насінин у бобі люпину білого за впливу Емістиму С зросла на 12,7%, а Епіну – 6,2% відповідно до контролю.

Важливими показниками, що характеризують насінневу продуктивність культури, є кількість і маса насіння з однієї рослини та маса 1000 насінин. За передпосівної обробки насіння РРР Емістим С кількість насінин на 1 рослині збільшилась на 25,5%, Епін – 10,4% до контролю. Істотну різницю виявлено за показником маси насіння на 1 рослині, за екзогенної

ФІЗІОЛОГІЯ РОСЛИН

обробки насіння препаратом Емістим С зазначений вище показник збільшився на 39,5% порівняно з контролем, а РРР Епін – 17,2%. РРР впливали також на показник маси 1000 насінин. Дослідження показали достовірний приріст зазначеного вище показника за використання Емістиму С, що на 11,7% більше контролю.

Передпосівна обробка насіння РРР Емістим С достовірно збільшувала насінневу продуктивність люпину білого на 2,1 ц/га (7,7%) порівняно з контролем. За впливу РРР Епін приріст біологічного урожаю зерна становив 3,3% (0,9 ц/га).

Отже, основними чинниками зростання продуктивності люпину білого за впливу РРР було підвищення маси азотфіксувальних бульбочок на коренях рослин, збільшення загальної маси зерна на рослинах та його вагомості, що відповідає даним щодо високої чутливості останнього показника на екзогенні впливи [4].

Таблиця 4

Вплив регуляторів росту рослин на структуру урожаю та насінневу продуктивність люпину білого сорту Макарівський (2017–2019 рр.)

| Варіант | Показник | | | | | | |
|---------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| | Висота рослин, см | К-сть бобів на рослині, шт. | К-сть насінин на росл., шт. | К-сть насінин в бобі, шт. | Маса насінин на рослині, г | Маса 1000 насінин, г | Урожай зерна, ц/га |
| Контроль | 69,9±0,8 | 5,7±0,5 | 19,2±1,3 | 3,4±0,2 | 5,06±0,31 | 263,5±5,6 | 27,4 |
| Емістим С | 73,5±1,2 | 6,3±0,5* | 24,1±1,5* | 3,8±0,2* | 7,06±0,26* | 293,8±4,4* | 29,5 |
| Епін | 74,8±2,1* | 5,9±0,4 | 21,2±1,2 | 3,6±0,1 | 5,93±0,21* | 281,5±5,1* | 28,3 |
| НІР _{0,05} | | | | | | | 1,3 |

Примітка: * – $p \leq 0,05$ різниця вірогідна порівняно з контролем

Показники якості насіння сільськогосподарської культури певною мірою пов'язані з його біохімічними особливостями. Однією з таких особливостей зернобобових є вміст у насінні білкових речовин. Згідно даних літератури, насіння люпину містить велику кількість білків (32,2%), може накопичувати за сприятливих умов до 50 г на 100 г зерна [24, 26], клітковини (16,2%), олії (5,95%), вуглеводів (5,82%). Сахароза складає 71% від загального вмісту вуглеводів у насінні. Воно містить 3,9 мг / кг тіаміну, 2,3 мг / кг рибофлавіну і 39 мг / кг ніацину [20, 27].

Встановлено, що РРР Емістим С та Епін істотно впливали на якісний склад речовин насіння люпину білого (табл. 5). За впливу біологічно активних речовин препаратів Емістиму С та Епіну виявлено статистично достовірний приріст органічних речовин, зокрема протеїну (7,9% та 2,9%), білків (8,1% та 1,9%), олії (5,9% та 2,2%) та клітковини (7,9% та 4,0%). Зазначені РРР істотно не впливали на накопичення мінеральних сполук фосфору, калію і вміст золи у насінні люпину білого.

Таблиця 5

Вплив РРР на хімічний склад (% на суху речовину) насіння люпину білого

| Варіант | Протеїн | Білки | Олія | Зола | Клітковина | Гігроскопічна волога | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---------------------|---------|-------|------|------|------------|----------------------|-------------------------------|------------------|
| Контроль | 31,28 | 28,51 | 6,28 | 3,29 | 10,09 | 8,23 | 1,31 | 1,26 |
| Емістим С | 33,75 | 30,81 | 6,65 | 3,34 | 10,89 | 8,28 | 1,35 | 1,26 |
| Епін | 32,18 | 29,06 | 6,42 | 3,26 | 10,49 | 8,11 | 1,35 | 1,25 |
| НІР _{0,05} | 0,12 | 0,14 | 0,08 | 0,07 | 0,06 | 0,07 | 0,04 | 0,04 |

Ефективнішим біологічним препаратом за показниками якісного складу насіння люпину білого сорту Макарівський за вирощування у ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України (Тернопільська область) виявився РРР Емістим С.

Висновки

Отже, місцеві раси бульбочкових бактерій люпину в ґрунтово-кліматичних умовах Тернопільської області були вірулентними, що, відповідно, і сприяло наростанню корневих бульбочок. Розміщення бульбочок в основному на головному корені та їх рожеве забарвлення свідчать про хорошу активність фіксації ними молекулярного нітрогену. Біологічний препарат українського виробництва Емістим С активніше впливав на формування симбіотичного апарату на коренях люпину білого сорту Макарівський порівняно з брасиностероїдом білоруського виробництва Елін. РРР сприяли сповільненню процесів старіння і лізису бульбочок.

Поліпшення інтенсивності формування симбіотичних систем на коренях люпину білого, за передпосівної обробки насіння РРР Емістим С та Елін, на фоні щільної популяції місцевих рас бульбочкових бактерій сприяло формуванню вищої продуктивності та кращих якісних показників зерна. Одержані дані вказують на доцільність і перспективність передпосівної обробки насіння люпину білого РРР Емістим С, як елемента технології біологізації землеробства, що підвищує продуктивність культури у місцевих ґрунтово-кліматичних умовах.

1. Анішин Л. А., Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню. К. : ДП Міжвідомчий науково-технічний центр Агробіотех НАН України і Міністерства освіти і науки України, 2011. 40 с.
2. Байдюк Т. О. Особливості формування і прояву господарсько-цінних ознак у колекційних зразків люпину білого : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.05. Київ, 2018. 27 с.
3. Біологічний азот / Патика В. П. та ін. Київ : Світ, 2003. 424 с.
4. Вакуленко В. О., Кобрин І. М., Пида С. В. Фотосинтетичні процеси у рослинах білого та жовтого люпину за дії регуляторів росту Агростимулін та Емістим С. *Біологічні дослідження – 2017* : зб. наук. праць VIII Всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю 14–16 бер. 2017 р. Житомир : ПП Рута, 2017. С. 22–24.
5. Голодна А. В. Формування продуктивності люпину білого залежно від удобрення та передпосівного оброблення насіння. *Корми і кормовиробництво*. 2019. Вип. 87. С. 62–69.
6. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. К. : ЗАТ Нічлава, 2003. 320 с.
7. Іутинська Г. О. Шляхи регулювання функцій мікробних угруповань ґрунту в аспекті біологізації землеробства і стійкого розвитку агроєкосистем. *Сільськогосподарська мікробіологія*: міжвід. темат. наук. зб. Чернівці. 2006. Вип. 3. С. 7–18.
8. Люпин білий. Генетичний потенціал та його реалізація у сільськогосподарське виробництво : монографія / Мазур В. А., Панцирева Г. В., Дідур І. М., Прокопчук В. М. Вінниця : ТВОРИ, 2018. 231 с.
9. Перськова Т. Ф., Цыганов А. Р., Какшинцев А. В. Продуктивність люпина узколистого в умовах Білорусі. Мінськ : ІВЦ Минфина, 2006. 179 с.
10. Пида С. В. Фізіологія симбіозу систем *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) – *Lupinus* L. : аллопатичний аналіз : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра с.-г. наук : 03.00.12. Умань, 2007. 44 с.
11. Пида С. В., Тригуба О. В. Функціонування симбіотичної системи люпин – *Bradyrhizobium* sp. (*Lupinus*) за сумісного застосування ризобіофіту та регуляторів росту рослин : монографія. Тернопіль : ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, 2019. 172 с.
12. Підпалій І., Липовий В., Панцирева Г. Формування урожайності люпину білого залежно від технологічних прийомів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України. *Аграрна економіка*. 2015. Т. 8, № 3–4. С. 83–86.
13. Рослиництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур / Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук П. В. / за ред. Лихочвора В. В., Петриченка В. Ф. 3-є вид, виправ, допов. Львів : НВФ Українські технології, 2010. 1088 с.
14. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві / Каленська С. М та ін. Вінниця : Рогальська І. О., 2015. 448 с.
15. Фотосинтетична діяльність люпину вузьколистого в монопосівах та агроценозах в умовах Полісся України / Петриченко В. Ф., Вишневецька О. В., Тугуєва І. В., Фатнєв В. В. *Корми і*

- кормовиробництво*. 2010. Вип. 66. С. 3–8. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/> (дата звернення: 15.11.2019).
16. Ходаніцька О. О. Вплив регуляторів росту рослин на морфогенез і продуктивність рослин льону олійного. *Актуальні проблеми сучасної біології та методики її викладання*: зб. наук. праць звітної наукової конференції викладачів за 2016–2017 н. р. Вінниця : ТОВ Нілан-ЛТД, 2017. С. 25–40.
 17. Bitter and sweet lupin (*Lupinus albus* L.) seeds and seed oils: A comparison study of their compositions and physicochemical properties / Hassen Mohamed Sbihi, Imededdine Arbi Nehdi, Chin Ping Tan, Saud Ibrahim Al-Resayes. *Industrial Crops and Products*, 2013. Vol. 49. P. 573–579. URL : <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.020>. (Last accessed: 15.11.2019).
 18. Cholesterol-lowering effect of whole lupin (*Lupinus albus*) seed and its protein isolate / Gustavo Guadagnucci Fontanari et al. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 132 (3). P. 1521–1526. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.145>. (Last accessed: 15.11.2019).
 19. Digestibility of Lupinus albus lupin meals in barramundi (*Lates calcarifer*) / Simon Tabrett, David Blyth, Nicholas Bourne, Brett Glencross. *Aquaculture*, 2012. Vol. 364–365. P. 1–5. URL : <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.024>. (Last accessed: 15.11.2019).
 20. Energy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / Pyda S. V., Tryhuba O. V., Kononchuk O. B., Hutsalo I. A. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 8(3). P. 221. URL : <https://www.ujecology.com/articles/energy-efficiency-of-the-usage-of-biopreparations-for-the-growth-of-white-lupine-in-the-conditions-of-the-western-forest.pdf> (Last accessed: 15.11.2019).
 21. Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.) / Uzun B., Arslan C., Karhan M., Toker C. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 102 (1), 45–49. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.059>. (Last accessed: 15.11.2019).
 22. French R. J. Lupin: Agronomy Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4, P. 231–239. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00194-7> (Last accessed: 15.11.2019).
 23. Lupin seed hydrolysate promotes G-protein-coupled receptor, intracellular Ca²⁺ and enhanced glycolytic metabolism-mediated insulin secretion from BRIN-BD11 pancreatic beta cells / Mrunmai Tapadia et al. *Molecular and Cellular Endocrinology*. 2019 Vol. 480. P. 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2018.10.015>. (Last accessed: 15.11.2019).
 24. Lupin seed γ -conglutin : Extraction and purification methods – A review / Sharmilee P. Mane et al. *Trends in Food Science & Technology*. 2018. Vol. 73. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.008>(Last accessed: 15.11.2019).
 25. Small Christina C., Degenhardt Dani Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. *Ecological Engineering*. 2018. Vol. 118. P. 43–51.
 26. Trugo L. C, Baer E. von, Baer D. von Lupin : Breeding. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 325–332. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00211-4>. (Last accessed: 15.11.2019).
 27. Megasite. URL : <http://megasite.in.ua/23426-epin-regulyator-rostu-roslyn-epiin.html>. (Last accessed: 15.11.2019).

References

1. Anishyn L. A., Ponomarenko S. P., Hrytsaienko Z. M. Rehuliatory rostu roslyn. Rekomendatsii po zastosuvanniu. K. : DP Mizhvidomchyi naukovo- tekhnichniy tsentr Ahrobiotekh NAN Ukrainy i Ministerstva osvity i nauky Ukrainy, 2011. 40 s. (in Ukrainian)
2. Baidiuk T. O. Osoblyvosti formuvannya i proiavu hospodarsko-tsinnnykh oznak u kolektsiinykh zrazkiv liupynu biloho : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.05. Kyiv, 2018. 27 s. (in Ukrainian)
3. Biolohichniy azot / Patyka V. P. ta in. Kyiv : Svit, 2003. 424 s. (in Ukrainian)
4. Vakulenko V. O., Kobryn I. M., Pyda S. V. Fotosyntetychni protsesy u roslynakh biloho ta zhovtoho liupynu za dii rehuliatoriv rostu Ahrostymulin ta Emistym S. Biolohichni doslidzhennia – 2017 : zb. nauk. prats VIII Vseukr. nauk.-prakt. konf. z mizhnar. uchastiu 14–16 ber. 2017 r. Zhytomyr : PP Ruta, 2017. S. 22–24. (in Ukrainian)
5. Holodna A. V. Formuvannya produktyvnosti liupynu biloho zalezno vid udobrennia ta peredposivnoho obrobлення nasinnia. Kormy i kormovyrobnytstvo. 2019. Vyp. 87. S. 62–69. (in Ukrainian)
6. Hrytsaienko Z. M., Hrytsaienko A. O., Karpenko V. P. Metody biolohichnykh ta ahronomichnykh doslidzen roslyn i gruntiv. K. : ZAT Nichlava, 2003. 320 s. (in Ukrainian)

7. Iutynska H. O. Shliakhy rehuliuвання funktsii mikrobynykh uhrupovan gruntu v aspekti biolohizatsii zemlerobstva i stiikoho rozvytku ahroekosystem. Silskohospodarska mikrobiolohiia: mizhvid. temat. nauk. zb. Chernihiv. 2006. Vyp. 3. S. 7–18. (in Ukrainian)
8. Liupyn bilyi. Henetychnyi potentsial ta yoho realizatsiia u silskohospodarske vyrobnytstvo : monohrafiia / Mazur V. A., Pansyryeva H. V., Didur I. M., Prokopchuk V. M. Vinnytsia : TVORY, 2018. 231 s. (in Ukrainian)
9. Persykova T. F., Tsyhanov A. R., Kakshyntsev A. V. Produktivnost liupyna uzkolystoho v uslovyiakh Belarusy. Mynsk : YVTs Mynfyna, 2006. 179 s. (in Russian)
10. Pyda S. V. Fiziolohiia symbiozu system Bradyrhizobium sp. (Lupinus) – Lupinus L. : aleopatychnyi analiz : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra s.-h. nauk : 03.00.12. Uman, 2007. 44 s. (in Ukrainian)
11. Pyda S. V., Tryhuba O. V. Funktsionuvannya symbiotychnoi systemy liupyn – Bradyrhizobium sp. (Lupinus) za sumisnogo zastosuvannya ryzobofitu ta rehuliatoriv rostu roslyn : monohrafiia. Ternopil : TNPU im. Volodymyra Hnatiuka, 2019. 172 s. (in Ukrainian)
12. Pidpalyi I., Lypovyi V., Pansyryeva H. Formuvannya urozhainosti liupynu biloho zalezho vid tekhnolohichnykh pryimiv vyroshchuvannya v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. Ahrarna ekonomika. 2015. T. 8, № 3–4. S. 83–86. (in Ukrainian)
13. Roslynyntstvo. Tekhnolohii vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur / Lykhochvor V. V., Petrychenko V. F., Ivashchuk P. V., Korniiichuk P. V. / za red. Lykhochvora V. V., Petrychenka V. F. 3-ye vyd, vyprav, dopov. Lviv : NVF Ukrainski tekhnolohii, 2010. 1088 s. (in Ukrainian)
14. Systemy suchasnykh intensyvnykh tekhnolohii u roslynyntstvi / Kalenska S. M ta in. Vinnytsia : Rohalska I. O., 2015. 448 s. (in Ukrainian)
15. Fotosyntetychna diialnist liupynu vuzkolystoho v monoposivakh ta ahrotsenozakh v umovakh Polissia Ukrainy / Petrychenko V. F., Vyshnevskaya O. V., Tuhuieva I. V., Fatniev V. V. Kormy i kormovyrobnytstvo. 2010. Vyp. 66. S. 3–8. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/> (data zvernennia: 15.11.2019). (in Ukrainian)
16. Khodanitska O. O. Vplyv rehuliatoriv rostu roslyn na morfohenez i produktivnist roslyn lonu oliinoho. Aktualni problemy suchasnoi biolohii ta metodyky yii vykladannia: zb. nauk. prats zvitnoi naukovoii konferentsii vykladachiv za 2016 – 2017 n. r. Vinnytsia : TOV Nilan-LTD, 2017. S. 25–40. (in Ukrainian)
17. Bitter and sweet lupin (*Lupinus albus* L.) seeds and seed oils: A comparison study of their compositions and physicochemical properties / Hassen Mohamed Sbihi, Imededdine Arbi Nehdi, Chin Ping Tan, Saud Ibrahim Al-Resayes. Industrial Crops and Products, 2013. Vol. 49. P. 573–579. URL : <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.05.020>. (Last accessed: 15.11.2019).
18. Cholesterol-lowering effect of whole lupin (*Lupinus albus*) seed and its protein isolate / Gustavo Guadagnucci Fontanari et al. Food Chemistry. 2016. Vol. 132 (3). P. 1521–1526. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.145>. (Last accessed: 15.11.2019).
19. Digestibility of *Lupinus albus* lupin meals in barramundi (*Lates calcarifer*) / Simon Tabrett, David Blyth, Nicholas Bourne, Brett Glencross. Aquaculture, 2012. Vol. 364–365. P. 1–5. URL : <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.07.024>. (Last accessed: 15.11.2019).
20. Energy efficiency of the usage of biopreparations for the growth of white lupine in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine / Pyda S. V., Tryhuba O. V., Kononchuk O. B., Hutsalo I. A. Ukrainian Journal of Ecology. 2018. Vol. 8(3). P. 221. URL : <https://www.ujecology.com/articles/energy-efficiency-of-the-usage-of-biopreparations-for-the-growth-of-white-lupine-in-the-conditions-of-the-western-forest.pdf> (Last accessed: 15.11.2019).
21. Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.) / Uzun B., Arslan C., Karhan M., Toker C. Food Chemistry. 2007. Vol. 102 (1), 45–49. URL : <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.03.059>. (Last accessed: 15.11.2019).
22. French R. J. Lupin: Agronomy Encyclopedia of Food Grains (Second Edition. 2016. Vol. 4, P. 231–239. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00194-7> (Last accessed: 15.11.2019).
23. Lupin seed hydrolysate promotes G-protein-coupled receptor, intracellular Ca²⁺ and enhanced glycolytic metabolism-mediated insulin secretion from BRIN-BD11 pancreatic beta cells / Mrunmai Tapadia et al. Molecular and Cellular Endocrinology. 2019. Vol. 480. P. 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.mce.2018.10.015>. (Last accessed: 15.11.2019).
24. Lupin seed γ -conglutin : Extraction and purification methods – A review / Sharmilee P. Mane et al. Trends in Food Science & Technology. 2018. Vol. 73. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.12.008> (Last accessed: 15.11.2019).
25. Small Christina C., Degenhardt Dani Plant growth regulators for enhancing revegetation success in reclamation: A review. Ecological Engineering. 2018. Vol. 118. P. 43–51.

26. Trugo L. C, Baer E. von, Baer D. von Lupin : Breeding. Encyclopedia of Food Grains (Second Edition). 2016. Vol. 4. P. 325–332. URL : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00211-4>. (Last accessed: 15.11.2019).
27. Megasite. URL : <http://megasite.in.ua/23426-epin-regulyator-rostu-roslin-epiin.html>. (Last accessed: 15.11.2019).

¹O. V. Tryhuba, ²S. V. Pyda, ³I. S Broschak, ²O. B. Matsiuk

¹Kremenets Taras Shevchenko Regional-Humanitarian-Pedagogical Academy, Ukraine

²Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

³Ternopil Branch of the State Institution «Soil Conservation Institute of Ukraine», Ukraine

EFFICIENCY OF APPLICATION OF PLANT GROWTH REGULATORS IN THE CULTURES OF WHITE LUPINE (*LUPINUS ALBUS* L.)

The influence of biological preparations Emistym S and Epin on the formation of symbiotic systems at plant roots against the background of spontaneous inoculation by local populations of Bradyrhizobium sp. (Lupinus), seed productivity and grain quality of white lupine variety Makarivskyi in soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine. It was established that the local races of lupine tuberculosis bacteria in the soil and climatic conditions of the Ternopil region were virulent, which accordingly contributed to the growth of pink potatoes, mainly, on the main root of the plants. The biological preparation of Ukrainian production Emistym S had a more active influence on the formation of the symbiotic apparatus on the roots of white lupine compared with the brassinosteroid of the Belarusian production Epin. Plant growth regulators (PGR) have slowed the aging and lysis of potatoes.

The biological yield of seeds of white lupine variety Makarivskyi in soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine (Ternopil region) in the control variant made 27,4 h / ha. For seed treatment with plant growth regulators Emistym S and Epin – 29,5 and 28,3 h / ha. Pre-sowing seed treatment with Emistym S significantly increased seed productivity of white lupine by 2,1 h / ha (7,7%) compared to the control. Due to the effects of Emistym S, the number of seeds per plant increased by 25,5%, Epin – 10,4% before control. A significant difference was found in the index of seed weight per plant, with exogenous treatment of seeds with the drug Emistym S, the above indicator increased by 39,5% compared to the control and PGR Epin – 17,2%. Biological preparations also influenced the mass index of 1000 seeds. Studies have shown a significant increase in the above figure by 11,7% with the use of Emistym S.

PGR Emistym S and Epin significantly affected the qualitative composition of white lupine seed substances. The use of Emistym S and Epin revealed statistically significant increases in organic matter, including protein (7.9, 2.9%), proteins (8.1 and 1.9%), oils (5.9 and 2.2%), and fiber (7.9 and 4.0%). These PGR did not significantly affect the accumulation of mineral compounds of phosphorus, potassium and ash content of white lupine seeds for cultivation in the soil and climatic conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine

Improving the intensity of symbiotic systems formation at the roots of plants, during the pre-sowing treatment of the seeds of PGR Emistym S and Epin, contributed to the formation of higher productivity and better quality indicators of white lupine variety Makarivskyi.

Key words: white lupine, plant growth regulators, potatoes, seed productivity, seed quality.

Надійшла 28.11.2019.