

УДК 581.1 : 132 : 631.811.98 : 633.367

ДІЯ БАКТЕРІАЛЬНИХ ПРЕПАРАТІВ ТА РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН НА ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ ЛЮПИНУ БІЛОГО (*Lupinus albus* L.)

С. В. Пида, доктор сільськогосподарських наук
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка

О. В. Тригуба, асистент
Кременецький обласний гуманітарно-педагогічний інститут
імені Тараса Шевченка

І. П. Григорюк, член-кореспондент НАН України
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Досліджено вплив передпосівної обробки насіння ризобіфітом на основі *Bradyrhizobium* sp. штамів 367а, 5500/4 та регуляторами росту рослин "Стімпо" і "Регоплант" та їхніми композиціями на фотосинтетичний апарат рослин *Lupinus albus* L. сортів Дієта та Серпневий. Показано високу ефективність сумісного застосування регуляторів росту рослин із ризобіфітом за площею листової поверхні та вмістом пігментів.

Вступ. Фотосинтез є основою первинної біопродуктивності природних екосистем і формування врожаю сільськогосподарських культур. На його частку припадає до 95 % усієї накопиченої в рослині енергії. Проте зв'язок між його інтенсивністю і продуктивністю господарсько-цінних органів простежується не завжди. Це обумовлено опосередкованим впливом характеру розподілу асимільованого вуглецю в донорно-акцепторній системі рослини [7, 13–15].

Процес фотосинтезу в значній мірі визначається будовою фотосинтетичного апарату. Оскільки форма, число, структура хлоропластів і вміст у них пігментів і ензимів залежать від генотипу рослини, то в різних сортів фотохімічні

характеристики хлоропластів відрізняються. При цьому морфологічна будова і фізіологічний стан фотосинтетичного апарату визначаються не тільки генетичними особливостями рослини, а й забезпеченістю водою, вуглекислотою, азотом тощо. В той же час фотосинтетичний апарат є основним фізіологічним показником, за станом якого можна робити висновок щодо реакції рослин на умови довкілля, зокрема на агротехнічні прийоми вирощування [13].

Підвищення врожайності люпину білого, як й інших бобових культур, можна досягти шляхом передпосівної обробки насіння мікробними препаратами на основі бульбочкових бактерій та речовинами, що є регуляторами росту рослин



(PPP) [4]. Застосування останніх дає можливість спрямовано керувати найважливішими процесами в рослинному організмі з метою реалізації потенційних можливостей сорту, закладених у геномі природою та селекцією. Важливим аспектом дії PPP є підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища — високих і низьких температур, нестачі води, дії пестицидів, ураження хворобами та шкідниками тощо [11].

У цьому контексті, науковий інтерес являє ефективність дії мікробних препаратів та PPP на функціональний стан фотосинтетичного апарату різних генотипів рослин люпину, здатних до симбіотрофного живлення азотом [10].

Метою нашої роботи було дослідження впливу передпосівної обробки насіння ризобіофітом на основі *Bradyrhizobium sp.* штамів 367a і 5500/4 та PPP "Стімпо" і "Регоплант" та їхніми композиціями на фотосинтетичний апарат рослин люпину білого сортів Діета та Серпневий.

Матеріали і методика досліджень. Об'єктом дослідження обрано скоростиглі сорти люпину білого (*Lupinus albus L.*) Діета та Серпневий, рекомендовані до вирощування у зоні Лісостепу України. Для обробки насіння використовували ризобіофіт на основі *Bradyrhizobium sp.* штамів 367a (стандартний) і 5500/4, виготовлені в Інституті сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН України та препарати "Регоплант" і "Стімпо", створені у Міжвідомчому науково-технологічному центрі "Агробіотех". В основу цих препаратів покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і продуктів життєдіяльності бактерій *Streptomyces avermitilis* [1].

Польові дослідження закладались на сірому лісовому ґрунті ділянок Кременецького ботанічного саду в 9 варіантах. Насін-

ня перед посівом обробляли за такою схемою:

- 1) контроль — насіння зволожували водою;
- 2) ризобіофіт, штамп 367a;
- 3) ризобіофіт, штамп 5500/4;
- 4) Регоплант;
- 5) Стімпо;
- 6) ризобіофіт, штамп 367a + Регоплант;
- 7) ризобіофіт, штамп 367a + Стімпо;
- 8) ризобіофіт, штамп 5500/4 + Регоплант;
- 9) ризобіофіт, штамп 5500/4 + Стімпо.

Повторність дослідів 4-кратна.

Дослідження проводили в 2012–2013 рр. на протязі вегетації рослин у фазах стеблуння, бутонізації, цвітіння та зеленого бобу. Площу листової поверхні визначали методом висічок [5], вміст хлорофілів та основних каротиноїдів у листках — методом спектрофотометрії [9]. Статистичну обробку результатів дослідження проводили за допомогою програми Microsoft Office Excel.

Результати та їх обговорення. На фотосинтетичну діяльність рослин впливає ряд зовнішніх чинників, які є відносно постійними (освітленість, температура, вміст вуглекислоти в атмосфері тощо) і їх варіювання виключно пов'язане з радіаційним режимом атмосфери, кліматичними та погодними умовами. Вміст мінеральних та органічних речовин у ґрунті, його повітряний і водний режими є факторами, на які можна безпосередньо впливати і контролювати. Тому в період вегетації необхідно створювати найсприятливіші умови для росту і розвитку рослин, аби вони сформували оптимальну площу листового апарату для ефективної фотосинтетичної діяльності [6, 16].

Формування площі листової поверхні є передумовою отримання максимальних врожаїв культури. Цей показник може варіювати в досить широких

межах залежно від генотипу сорту, екологічних умов та агротехніки вирощування [2].

Спостереження за динамікою формування площі листової поверхні люпину білого сортів Дієта та Серпневий показали, що її величина залежить від фази розвитку та обробки насіння бактеріальними препаратами і РРР (табл.).

Передпосівна обробка насіння люпину білого обох сортів мікробними препаратами сприяла збільшенню площі лис-

ткової поверхні порівняно з контролем. Асиміляційна поверхня формувалась на рівні 2,7–41,2 тис. м² /га залежно від сорту, варіанта та фази розвитку; наростання листової поверхні відбувалося до фази зеленого бобу. Найвищі показники у цій фазі спостерігались у 6 варіанті за використання композиції ризобофіт, штам 367a + Регоплант, перевищивши контроль на 34,6 % (сорт Дієта) та 51,1% (сорт Серпневий). Ця композиція найефективніше впливала й на формування

Таблиця. Площа листової поверхні рослин люпину білого тис. м²/га

Варіант	Фаза росту і розвитку			
	стеблування	бутонізація	цвітіння	зелений біб
сорт Дієта				
Контроль	3,7±0,05	7,7±0,05	16,1±0,05	30,6±0,07
Ризобофіт, штам 367a	4,1±0,08*	8,8±0,06*	16,3±0,06*	34,5±0,05*
Ризобофіт, штам 5500/4	4,1±0,06 *	9,0±0,08*	26,0±0,06*	38,6±0,06*
Регоплант	4,7±0,08*	8,0±0,06***	22,4±0,05*	33,1±0,06*
Стімпо	4,5±0,05*	8,4±0,06**	22,8±0,06*	33,9±0,05*
Ризобофіт, штам 367a + Регоплант	4,2±0,07*	9,8±0,07*	29,6±0,08*	41,2±0,07*
Ризобофіт, штам 367a + Стімпо	4,0±0,06*	8,2±0,05**	21,5±0,07*	35,7±0,05*
Ризобофіт, штам 5500/4 + Регоплант	3,8±0,05**	8,3±0,06**	19,0±0,05*	36,6±0,06*
Ризобофіт, штам 5500/4 + Стімпо	3,8±0,05*	8,3±0,06**	21,6±0,06*	36,7±0,07*
сорт Серпневий				
Контроль	2,7±0,05	6,8±0,08	18,5±0,05	25,5±0,05
Ризобофіт, штам 367a	2,8±0,07	7,0±0,07	24,2±0,06*	31,3±0,07*
Ризобофіт, штам 5500/4	3,1±0,05*	8,4±0,06*	25,3±0,07*	36,2±0,06*
Регоплант	4,5±0,06*	7,6±0,07**	19,0±0,07	32,6±0,05*
Стімпо	3,1±0,07***	7,3±0,05	20,3±0,08	29,2±0,06*
Ризобофіт, штам 367a + Регоплант	3,8±0,07*	8,7±0,07*	30,6±0,06*	39,3±0,06*
Ризобофіт, штам 367a + Стімпо	3,1±0,07***	7,4±0,06**	23,6±0,06*	29,1±0,05*
Ризобофіт, штам 5500/4 + Регоплант	2,8±0,06	8,0±0,07**	20,6±0,07*	31,0±0,06*
Ризобофіт, штам 5500/4 + Стімпо	3,3±0,05**	7,4±0,06**	21,7±0,06*	36,6±0,07*

* – позначено істотну різницю порівняно з контролем при рівні значущості в $\beta = 0,999$; ** – $\beta = 0,99$; *** – $\beta = 0,95$.



листяної поверхні рослин люпину білого обох сортів упродовж усієї вегетації. Слід зазначити, що моноінокуляція ризобіфітом на основі бульбочкових бактерій штаму 5500/4 також істотно збільшувала фотосинтетичну поверхню листків у фазах цвітіння та зеленого бобу.

Продуктивність процесу фотосинтезу дуже тісно пов'язана, в першу чергу, з хлорофілом листків, який виконує роль сенсibilізатора, тобто речовини, яка поглинає світло [12].

Важливими фотосинтезуючими пігментами вищих рослин є хлорофіли *a* та *b*. Основна їх кількість знаходиться у складі світлозбиральних комплексів і забезпечує поглинання та передачу світлової енергії до реакційних центрів, де відбуваються фотосинтетичні реакції [17].

За участі пігментів енергія кванта світла трансформується в макроергічні сполуки, що використовуються при син-

тезі в рослині органічних сполук.

Відомо, що найбільша ефективність фотосинтетичного апарату забезпечується за такого співвідношення пігментів: хлорофіл *a* – 50%; хлорофіл *b* – 30%; каротиноїди – 20% [8].

Встановлено (рис. 1, 2), що вміст пластидних пігментів у листках сортів люпину білого змінювався в онтогенезі, залежно від обробки насіння мікробними препаратами та РРР.

Збільшення загального вмісту хлорофілів у листках дослідних рослин відбувалось переважно за рахунок хлорофілу *a*. Найвищий рівень пігментів спростерігався у фазі цвітіння рослин в обох сортів. Монообробка насіння РРР "Стімпо" та сумісне застосування ризобіфіту, штам 367а + Стімпо і Регоплант найістотніше впливали на кількість хлорофілу *a* в листках сорту Діета, а у сорту Серпневий цей показник був найвищим за

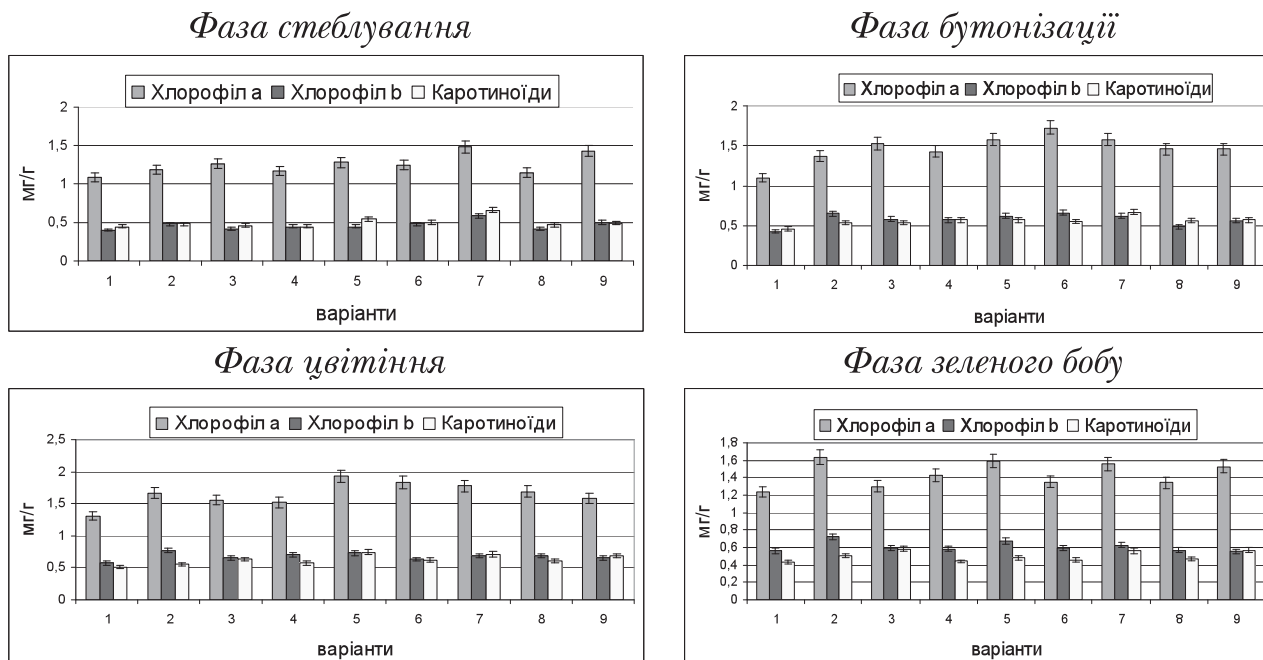
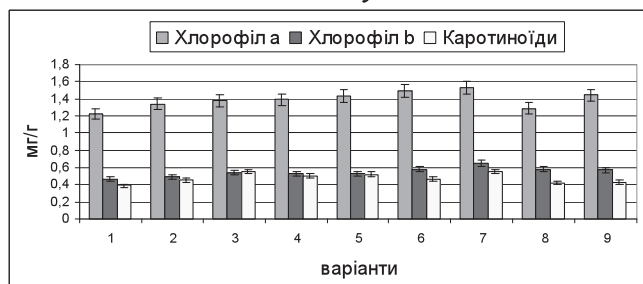
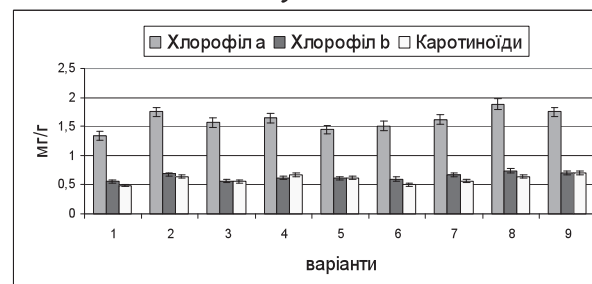
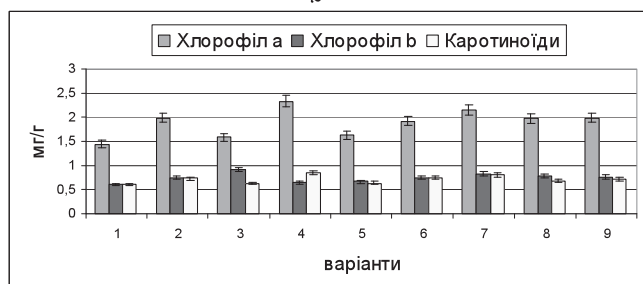
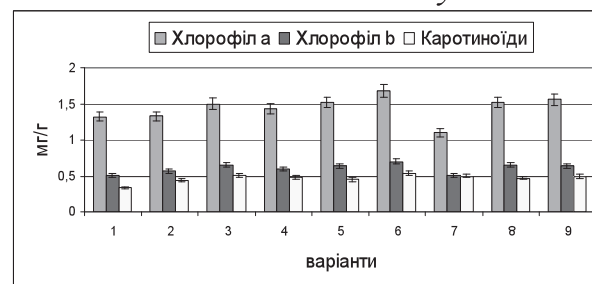


Рис. 1. Динаміка накопичення пігментів у листках рослин люпину білого сорту Діета:
 1 - контроль; 2 - ризобіфіт, штам 367а; 3 - ризобіфіт, штам 5500/4; 4 - Регоплант; 5 - Стімпо;
 6 - ризобіфіт, 367а + Регоплант; 7 - ризобіфіт, 367а + Стімпо; 8 - ризобіфіт, 5500/4 + Регоплант;
 9 - ризобіфіт, 5500/4 + Стімпо

Фаза стеблуння

Фаза бутонізації

Фаза цвітіння

Фаза зеленого бобу

Рис. 2. Динаміка накопичення пігментів у листках рослин люпину білого сорту Серпневий:

1 - контроль; 2 - ризобіфіт, штам 367a; 3 - ризобіфіт, штам 5500/4; 4 - Регоплант; 5 - Стімпо; 6 - ризобіфіт, 367a + Регоплант; 7 - ризобіфіт, 367a + Стімпо; 8 - ризобіфіт, 5500/4 + Регоплант; 9 - ризобіфіт, 5500/4 + Стімпо

монообробки насіння Регоплантом та його комбінації з ризобіфітом на основі штаму 5500/4 та композиції ризобіфіту, штам 367a + Стімпо.

Частка хлорофілу *b* складає 26–27 % від загальної маси пігментів. Упродовж розвитку рослин його вміст нижчий від хлорофілу *a* у 2,1–2,7 рази.

Вміст хлорофілів *a* і *b* та їх сума є основними характеристиками пігментних систем. За літературними даними, показник суми хлорофілів у листках коливається від 0,3 до 5 мг/г [3]. Співвідношення хлорофілів *a/b* у нормально розвиненому фотосинтетичному апараті складає 2,5-3 [3].

Дослідження показали, що сума хлорофілів у листках сорту Діета була найбільшою у фазі цвітіння у варіанті зі Стімпо і становила $2,26 \pm 0,08$ мг/г, а співвідношення зелених пігментів у цій же фазі – за сумісного застосування ризобо-

фіту, штам 367a з Регоплантом (2,9). У сорту Серпневий цей показник був найвищим у фазі бутонізації і становив 2,75 за моноінокуляції насіння ризобіфітом, штам 5500/4. Найбільша сума хлорофілів у цього сорту спостерігалась у фазі цвітіння. Високі значення даного показника були у варіанті з монообробкою насіння Регоплантом ($2,98 \pm 0,12$ мг/г) та за комплексної обробки ризобіфітом, штам 367a + Стімпо ($2,99 \pm 0,08$ мг/г). Очевидно бульбочкові бактерії поліпшили азотне живлення рослин, що відповідно вплинуло на синтез зелених пігментів, які є азотовмісними сполуками.

Важливим показником є співвідношення хлорофілів (*a+b*) до каротиноїдів, що характеризує здатність рослин пристосовуватися до різних умов (зміни інтенсивності освітлення, зволоження, дії токсичних сполук тощо). Співвідношення хлорофілів *a/b* та суми хлорофілів



($a+b$) до каротиноїдів є зазвичай стабільним, але реагує на екстремальні фактори: співвідношення хлорофілів a/b зменшується за несприятливих умов, а сума хлорофілів до каротиноїдів – збільшується [8].

Відношення вмісту хлорофілів до каротиноїдів у листках рослин коливалося від 3,13 (ризобофіт, штам 367a + Стімпо) до 4,70 (Стімпо) у сорту Дієта та 3,22 (ризобофіт, штам 367a + Стімпо) до 5,54 (контроль) у сорту Серпневий. Сумісне застосування ризобофіту зі Стімпо виявилось більш ефективним, порівняно з монообробкою насіння вищезазначеним РРР.

Каротиноїди відіграють роль світлозбирання та виконують функцію захисту фотосинтетичного апарату від фотопшкодження [17]. Вміст каротиноїдів у листках рослин коливався в межах $0,45 \pm 0,01$ (контроль) – $0,74 \pm 0,03$ мг/г (Стімпо) у сорту Дієта (див. рис. 1) та $0,39 \pm 0,01$ (контроль) – $0,84 \pm 0,03$ мг/г (Регоплант) у сорту Серпневий (див. рис. 2). Максимальну кількість каротиноїдів виявлено також у фазі цвітіння

люпину білого. Найістотніше на їх накопичення у листках рослин впливали монообробка насіння Регоплантом і Стімпо та комбіноване застосування ризобофіту, 367a зі Стімпо.

Враховуючи, що каротиноїди входять до складу світлозбиральних комплексів, то підвищення їх кількості у листках рослин за монозастосування Регопланта і Стімпо та сумісно з ризобофітом підвищує активність фотосинтетичного апарату.

Висновки

В умовах Західного Лісостепу України на сірих лісових ґрунтах застосування композицій ризобофіту на основі бульбочкових бактерій стандартного штаму 367a з регулятором росту рослин "Регоплант" сприяє інтенсивнішому наростанню листової поверхні у рослин люпину білого ніж їх окрема дія.

Обробка насіння окремо Регоплантом і Стімпо та сумісно з ризобофітом підвищує вміст фотосинтетичних пігментів у листках люпину білого.

Література

1. Анішин Л. А., Пономаренко С. П., Грицаєнко З. М. Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню. – К.: ДП МНТЦ "Агробіотех", 2011. – 40 с.
2. Бахмат О. М. Фотосинтетична активність та врожайність сої залежно від сорту, способу сівби та удобрення // Вісник аграрної науки. – 2010. – липень. – С. 27–30.
3. Володарець С. О. Фітонцидна активність у зв'язку з вмістом хлорофілів у листках деревних рослин в урбанізованому середовищі // Промышленная ботаника. – 2012. – Вып. 12 – С. 167–171.
4. Вплив похідних фенілантранілової кислоти на ріст листків, сумарний вміст хлорофілів a і b та врожайність озимої пшениці / С. О. Приплавко, В. М. Гавій, О. В. Суховєєв, В. В. Суховєєв // Вісник Донецького національного університету. – 2012. – № 1. – С. 192–195.
5. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунту. – К.: ЗАТ "НІЧЛАВА", 2003. – 320 с.
6. Качанова Т. В. Фотосинтетична діяльність рослин вівса залежно від сорту та способу обробки ґрунту при вирощуванні його у південному степу України // Наукові праці (Екологія). – 2011. – Вип. 140. – С. 26–29.
7. Киризий Д. А. Фотосинтез и рост растений в аспекте донорно-акцепторных отношений. – К.: Логос, 2004. – 192 с.
8. Матвєєва Н. А. Кваско О. Ю. Вміст фотосинтетичних пігментів в трансгенних рослинах цикорію з геном туберкульозного антигена Esat6 // Вісник Донецького національного

- університету. – 2010. – Вип. 2. – С. 249–253.
9. Мусієнко М. М., Паршикова Т. В., Славний П. С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 200 с.
 10. Парахин Н. В., Петрова С. Н. Фотофизические реакции листьев люпина узколистного при формировании растительно-микробных симбиозов // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – №1. – С. 15–19.
 11. Регулятори росту на основі природної сировини та їх застосування в рослинництві / В. К. Яворська, І. В. Драговоз, Л. О. Крючкова та ін. – К.: Логос, 2006. – 176 с.
 12. Рудник-Іващенко О. І. Вміст хлоропластів у листках рослин проса та їх роль в процесі фотосинтезу // Наукові доповіді НУБіП. – 2010. – № 3 (19). – С. 1–7.
 13. Рудник-Іващенко О. І. Продуктивність фотосинтезу в рослин проса за фазами його розвитку на різних фонах мінерального живлення // Наукові доповіді НУБіП. – 2009. – № 3 (15). – С. 1–10.
 14. Соколовская-Сергиенко О. Г., Киризий Д. А. Углекислотный газообмен и активность супероксиддисмутазы флаговых листьев различных сортов озимой пшеницы // Вісн. Укр. тов. генетиків і селекціонерів. – 2010. – 8, №1. – С. 46–50.
 15. Шадчина Т. М., Гуляев Б. І, Кірізій Д. А. та ін. Регуляція фотосинтезу та продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти. - К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 384 с.
 16. Saastamoinen M. Effects of environmental factors on grain yield and quality of oats (*Avena sativa* L.) cultivated in Finland / Marketta Saastamoinen // Acta Agriculturae Scandinavica. Plant Soil Science. – 1998. – 48. – P. 129–137.
 17. Scheer H. Chlorophylls and carotenoids // Encyclopedia of Biological Chemistry. – 2004. – P. 430–437.

АННОТАЦІЯ

Пида С. В., Тригуба Е. В., Григорюк И. А. Действие бактериальных препаратов и регуляторов роста растений на фотосинтетический аппарат люпина белого (*Lupinus albus* L.) // Биоресурсы и природопользование. – 2014. – 6, № 1–2. – С. 12–18.

Исследовано влияние предпосевной обработки семян *Lupinus albus* L. ризобифитом на основе *Bradyrhizobium* sp. штаммов 367а, 5500/4, регуляторами роста растений "Стимпо", "Регоплант" и их композициями на фотосинтетический аппарат сортов Диета и Сэрпнэвий. Показано высокую эффективность совместного применения регуляторов роста растений с ризобифитом относительно увеличения площади листовой поверхности и содержания пигментов.

SUMMARY

S.Pyda, O.Tryhuba, I. Hrygoryuk. The effect of bacterial preparations and plant growth regulators on photosynthetic apparatus of *Lupinus albus* L. // *Biological Resources and Nature Management*. – 2014. – 6, № 1–2. – P. 12–18.

The influence of presowing treatment of *Lupinus albus* L. seeds by ryzobophytum based on *Bradyrhizobium* sp. 367а's strain, 5500/4 а's strains and plant growth regulators "Stimpo", "Rehoplant" and their compositions on the photosynthetic apparatus of *Dieta* and *Serpnevii* varieties has been researched. The common use of the plant growth regulators with ryzobophytum proved to be highly efficient and significantly contributed to the increase of the area of leaf surface and pigment content.