

УДК 581.138.1 : 631.8 : 635.652

## РОЛЬ БІОЛОГІЧНОГО АЗОТУ В ПІДВИЩЕННІ НАСІННЄВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КВАСОЛІ

**Ю.М. ШКАТУЛА**, канд. с.-г. наук,  
доцент

**Л.С. КРАЄВСЬКА**, асистент  
Вінницький національний аграрний  
університет

*Наведено результати впливу застосування інокуляції насіння квасолі штамами ризобій, стимулятором росту Регоплант та біологічним прилипачем ЕПАА за 2014-2015 роки досліджень.*

*Встановлено, що у фазі бутонізації загальна азотфіксувальна активність рослин у варіантах, оброблених штамами ризобій в 2-2,5 рази вища, ніж у контролі. Різке її зростання зафіксовано у рослин, інокульованих штамами 700, Ф-16, 700 + Регоплант + ЕПАА та Ф-16 + Регоплант + ЕПАА. Сорт Славія відзначався високою АФА в онтогенезі рослин, що і вплинуло на зростання насіннєвої продуктивності в усіх інокульованих рослин, але достовірний приріст урожаю зерна зафіксовано у варіантах де насіння квасолі оброблялось штамами мікроорганізмів 700, Ф-16, і комбінацією біологічних препаратів Регоплант + ЕПАА.*

**Ключові слова:** квасоля, насіння, штами, інокуляція, симбіоз, стимулятори росту, урожайність.

**Табл.2. Літ.12.**

**Постановка проблеми.** Серед зернобобових культур квасоля посідає друге місце після сої й користується великим попитом у якості продуктів харчування, адже її насіння містить понад 24% білка, за амінокислотним складом близька до білків тваринного походження і може зберігатись в належних умовах декілька років, не втрачаючи поживних якостей.

Розширення посівних площ і підвищення урожайності квасолі має винятково важливе значення для Лісостепу правобережного. При цьому підвищення врожайності квасолі повинно здійснюватись за рахунок впровадження та вдосконалення технологічних прийомів вирощування з використанням високопродуктивних штабових сортів.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Квасоля досить вимоглива до родючості ґрунту. Це можна пояснити тим, що 90-95% використаних поживних речовин вона поглинає за досить короткий період – приблизно 60-70 днів від появи сходів [7]. Підвищення врожайності насіння квасолі пов'язують насамперед з поліпшенням азотного живлення рослин. В умовах світової енергетичної кризи зростає інтерес до біологічних систем, що фіксують азот атмосфери за рахунок енергії сонця, що акумулюється в процесі фотосинтезу. Вивчення даного процесу є актуальною проблемою. Загальна спрямованість

досліджень, з одного боку складається в пошуках природних методів розширення потенційних можливостей біологічної азотфіксації, а з іншого – у селекції високоактивних і конкурентоспроможних штамів бульбочкових бактерій та інших азотфіксаторів [1].

Одним із прийомів підвищення ефективності роботи симбіотичних систем і продуктивності бобових культур стало інокулювання насіння штамми бульбочкових бактерій, які активно фіксують азот з атмосфери. За даними багатьох досліджень, збільшення урожаю від інокуляції складає 10-25% [4]. Завдяки симбіотичній азотфіксації бобові культури формують високі урожаї дешевого рослинного білка без застосування дорогих, енергоємних і екологічно небезпечних мінеральних азотних добрив. Після збирання урожаю понад 30% біологічно фіксованого азоту залишається в пожнивних і кореневих залишках й використовується наступними культурами.

Широке використання мікробних препаратів у практиці агропромислового виробництва зумовило необхідність систематичного пошуку активних штамів бульбочкових бактерій для збільшення ефективності функціонування бобово-ризобіального симбіозу [10].

Підвищення ефективності азотфіксації розглядається, як ключовий чинник зростання продуктивності бобових культур, який можна реалізувати за рахунок комплексу селекційних, агротехнічних та інших заходів, зокрема, поєднанням застосуванням бактеріальних препаратів та біологічно активних речовин (БАР). Використання стимуляторів росту для оптимізації бобово-ризобіального симбіозу має свою специфіку залежно від виду і сорту рослин, способу застосування, місцевих ґрунтово-кліматичних умов тощо. Тому важливим завданням є попередня перевірка і розробка найраціональніших прийомів їх застосування [2, 3, 11].

**Формулювання цілей статті.** У зв'язку з цим, метою роботи було дослідити реакцію азотфіксувальної системи різних штамів мікроорганізмів на рослинах квасолі сорту Славія, та біологічно активної речовини Регоплант та прилипача ЕПАА, їх дію на продуктивність квасолі у ґрунтово-кліматичних умовах Вінницької області.

**Виклад основного матеріалу.** Польові дослідження виконували на полях дослідного господарства Бохоницьке Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААНУ протягом 2014-2015 рр.

Ґрунт дослідного поля – сірий опідзолений середньосуглинковий за механічним складом з такими показниками орного шару: вміст гумусу – 2,0-2,2%; рН (сольове) – 5,2-5,4; гідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 8,0-8,4 мг; рухомого фосфору (за Чириковим) – 15,0-15,8 мг і обмінного калію – 12,0-12,4 мг на 100 г ґрунту. Вирощування квасолі відповідало рекомендаціям для зони Лісостепу, без урахування факторів, які досліджували.

Сорт квасолі Славія. Технологія вирощування квасолі типова для Лісостепу України (норма висіву – 500 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь 45

см, глибина сівби – 3-4 см, строк сівби – друга половина травня). Попередник – озима пшениця.

У дослідах використано штами ризобій з колекції Інституту мікробіології і вірусології НАН України. За 1-2 год до висіву насіння контрольного варіанта зволожували водою (1-2% від маси), інших варіантів – обробляли водною суспензією семидобової культури ризобій відповідних штамів із розрахунку  $0,2-0,5 \cdot 10^6$  бактерій на насінину. На окремих варіантах досліду насіння квасолі додатково обробляли стимулятором росту Регоплант (20 мл/т) та біологічним прилипачем ЕПАА в нормі витрати 0,15 л/т насіння.

Регоплант – Радостим (жирні кислоти, олігосахариди, біологічно активні аналоги фітогормонів, хітозан, амінокислоти, хелатні і біогенні мікро – Cu, Mo, B, Mn, Zn та мікроелементи – Mg, S, K, Ca, Fe, N) з аверсектинами [5, 11].

ЕПАА – універсальний біологічний прилипач мікробних препаратів, пестицидів і регуляторів росту рослин. Створений на основі мікробних полісахаридів та деяких безпечних хімічних компонентів [9].

Облік корневих бульбочок проводили методом рамкового виймання ґрунту (метод моноліту), їх нітрогеназну активність – ацетиленвідновним методом [5]. Величину та структуру урожаю культури визначали у фазу повної стиглості методом пробних майданчиків [8].

Повторність досліджень від 4 до 100 і більше кратності. Статистичне опрацювання даних проводили за допомогою програми Excel. Як показали дослідження, інокуляція рослин поліпшує умови для контакту кореневої системи квасолі з вірулентними формами ризобій та ряснішого формування на коренях активних азотфіксуючих наростів. В онтогенезі квасолі маса бульбочок зростала до фази сизого бобу, а у фазі зеленого бобу спостерігався лізис, що вплинуло на зниження їхньої маси. Кількість бульбочок, що утворюється на коренях, генетично регулюється рослиною. Про ефективність інокуляції свідчить не стільки кількість і маса сформованих на коренях ризобіальних наростів, скільки їхня азотфіксувальна активність.

Результати експерименту показали (табл.1), що у фазі бутонізації загальна азотфіксувальна активність рослин варіантів 657а, 700, Ф-16, ФК-6, 657а + Регоплант + ЕПАА, 700 + Регоплант + ЕПАА, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА в 2-2,5 рази вища, ніж у контролі. Найвищий рівень нітрогеназної активності спостерігали у фазі бутонізації-початок цвітіння. Різка її зростання зафіксовано у рослин, інокульованих штамами 700, Ф-16, 700 + Регоплант + ЕПАА та Ф-16 + Регоплант + ЕПАА. У наступних фазах вегетації активність фіксації молекулярного азоту з повітря в усіх варіантах досліду знижувалась.

Результати експерименту узгоджуються з дослідженнями Пейта [12], які показали, що в процесі розвитку більшості бобових максимум азотфіксації припадає на початок цвітіння рослин. Вважають, що однією з можливих причин цього явища є те, що в процесі розвитку бобової рослини змінюється

Таблиця 1

**Азотфіксувальна активність квасолі сорту Славія за інокуляції та дії  
біологічно активних речовин (2014-2015 рр.)**

| Варіант                                   | Загальна     | Питома | Загальна     | Питома |
|---|--------------|--------|--------------|--------|
| сорт Славія                               |              |        |              |        |
| фаза                                      | бутонізація  |        | цвітіння     |        |
| Контроль (без обробки)                    | 2,179±3,774  | 15,41  | 8,715±1,251  | 45,12  |
| Штам – еталон, 657a                       | 12,043±8,800 | 25,81  | 27,318±4,532 | 52,32  |
| Штам, 700                                 | 15,425±1,947 | 37,69  | 27,660±2,325 | 67,23  |
| Штам, Ф-16                                | 19,431±8,927 | 49,15  | 33,558±4,545 | 95,14  |
| Штам, ФК-6                                | 14,175±3,825 | 36,15  | 19,307±2,65  | 50,54  |
| Регоплант + ЕПАА                          | 9,444±6,250  | 27,77  | 26,376±2,326 | 56,32  |
| Штам – еталон, 657a +<br>Регоплант + ЕПАА | 7,538±4,360  | 32,55  | 15,803±1,598 | 36,32  |
| Штам, 700 + Регоплант +<br>ЕПАА           | 18,370±3,789 | 48,13  | 28,410±2,361 | 68,16  |
| Штам, Ф-16 + Регоплант<br>+ ЕПАА          | 20,231±4,752 | 51,43  | 36,345±3,125 | 102,36 |
| Штам, ФК-6 + Регоплант<br>+ ЕПАА          | 14,018±2,395 | 25,41  | 20,568±0,986 | 43,15  |

перерозподіл асимілятів між різними органами. Спад азотфіксувальної активності у фазі утворення бобів зумовлений, на їхню думку, зменшенням потоку вуглецевих сполук із листків у коріння і бульбочки.

Сортові особливості квасолі впливали на утворення і функціонування бобово-ризобіальних систем протягом вегетації. Продуктивність рослин, визначається генетичною програмою, ступінь реалізації якої у фенотипі значною мірою визначається впливом зовнішніх факторів, головним з яких для квасолі є наявність активних вірулентних та конкурентоспроможних штамів бульбочкових бактерій. Між азотфіксувальною здатністю і продуктивністю симбіотичних систем квасолі існує пряма залежність. У цьому зв'язку можна констатувати, що комплементарна взаємодія рослини-господаря і мікросимбіонта підвищує активність процесів обміну речовин і зумовлює підвищення продуктивності зазначених систем.

Позитивний спектр дії регуляторів росту дуже широкий, насамперед це підвищення урожайності, покращення якості зерна, підсилення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища, зменшення норм гербіцидів та інсектофунгіцидів при спільному використанні з регуляторами росту та ін. Про це свідчить досвід багатьох науково-дослідних установ та численні науково-виробничі перевірки.

В останнє десятиріччя вони почали широко застосовуватись у товарному

виробництві, як важливий елемент екологічно безпечних ресурсозберігаючих технологій. Проте питання використання регуляторів росту та мікродобрив ще не досягло належного розуміння. Серія сучасних регуляторів росту, розроблених на основі кращих препаратів, дозволяє суттєво розширити їх позитивний вплив на рослини, починаючи з проростання насіння і закінчуючи наливом зерна, тобто контролювати ріст і розвиток рослин на протязі всього вегетаційного періоду.

Аналіз досліджень показав, що кількість бобів на одній рослині в контрольному варіанті була на рівні 8,6 шт., тоді як на інокульованих рослинах даний показник був на рівні від 6,5 до 9,7 шт. на рослині квасолі. На ділянках де крім штамів мікроорганізмів застосовували біологічно активні речовини кількість бобів була вищою і становила 7,1-8,7 шт. Маса 1000 насінин на оброблених ділянках була в межах 301,3-303,8 г, а у відповідності до контролю більшою на 1-3 г (табл. 2).

Таблиця 2

**Вплив бульбочкових бактерій та біологічно активних речовин на насінневу продуктивність сорту квасолі Славія (2014-2015 рр.)**

| Варіант                                | Кількість бобів на рослині, шт. | Маса насіння з однієї рослини, г | Маса 1000 насінин, г | Урожайність зерна, ц/га | Приріст урожайності |       |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------|
|  |                                 |                                  |                      |                         | ц/га                | %     |
| Контроль (без обробки)                 | 8,6                             | 4,1                              | 300,8                | 11,9                    | -                   | -     |
| Штам – еталон, 657а                    | 7,5                             | 3,8                              | 301,7                | 12,1                    | 0,2                 | 1,68  |
| Штам, 700                              | 7,2                             | 3,3                              | 302,6                | 13,4                    | 1,5                 | 12,61 |
| Штам, Ф-16                             | 9,7                             | 5,1                              | 303,2                | 13,7                    | 1,8                 | 15,13 |
| Штам, ФК-6                             | 6,5                             | 3,3                              | 301,3                | 12,3                    | 0,4                 | 3,36  |
| Регоплант + ЕПАА                       | 8,7                             | 4,3                              | 301,9                | 12,1                    | 0,2                 | 1,68  |
| Штам – еталон, 657а + Регоплант + ЕПАА | 7,9                             | 3,9                              | 301,8                | 12,6                    | 0,7                 | 5,88  |
| Штам, 700 + Регоплант + ЕПАА           | 7,3                             | 3,4                              | 302,7                | 13,4                    | 1,5                 | 12,61 |
| Штам, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА          | 8,4                             | 4,5                              | 303,8                | 13,8                    | 1,9                 | 15,97 |
| Штам, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА          | 7,1                             | 3,7                              | 301,6                | 12,2                    | 0,3                 | 2,52  |

Таким чином, в результаті досліджень відмічено, що сорт квасолі Славія відзначався високою АФА в онтогенезі рослин, що і вплинуло на зростання насінневої продуктивності. Найвищу врожайність насіння квасолі зафіксовано у варіанті де насіння квасолі оброблялось штамом мікроорганізмів Ф-16, і комбінацією стимулятора росту Регоплант, та біологічного прилипача ЕПАА, рівень урожайності насіння квасолі становив 13,8 ц/га, а приріст урожайності відповідно до контролю становив 1,9 ц/га.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Достовірний приріст урожаю зерна отримано у сорту Славія на фоні інокуляції насіння штамми 700, Ф-16, 700 + Регоплант + ЕПАА та Ф-16 + Регоплант + ЕПАА. При формуванні високопродуктивної бобово-ризобіальної системи *Rhizobium phaseoli* необхідно враховувати генетичні особливості сортів квасолі, активність, вірулентність, конкурентоспроможність штамів бульбочкових бактерій, що використовуються для інокуляції насіння.

### Список використаної літератури

1. Волкогон В. Кожній рослині свою «міні-фабрику» азоту / В. Волкогон, Т. Ковалевська // Пропозиція. – 2008. - №11. – С. 70-72.
2. Волкогон В. В. Нові біологічні препарати комплексної дії на основі активних штамів азотфіксувальних бактерій та фізіологічно активних речовин / В. В. Волкогон, С. Б. Дімова, К. І. Волкогон, М. С. Комок // Фізіологія рослин : проблеми та перспективи розвитку: у 2 т. / НАН України, Ін-т фізіології рослин і генетики, Укр. т-во фізіологів рослин; Голов. ред. В. В. Моргун. – К.: Логос, 2009. – Том 1. – С. 393–403.
3. Волкогон В. В. Значення регуляторів росту рослин у формуванні активних азотфіксувальних симбіозів та асоціацій / В. В. Волкогон, В. П. Сальник // Физиология и биохимия культ. растений. – 2005. – 37, №3. – С. 187–197.
4. Голодна А. В. Вплив інокуляції насіння на урожайність квасолі / А. В. Голодна, В. Ф. Камінський // Зб. наук. праць УДАУ. – Умань, 2003. – С. 255.
5. Грицаєнко З. М. Біологічно активні речовини в рослинництві / Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. – К. : ЗАТ «Нічлава», 2008. – 352 с.
6. Коць С. Я. Биологическая фиксация азота: бобово-ризобильный симбиоз : [моногр. : в 4-х т.] / С. Я. Коць, В. В. Моргун, И. А. Тихонович и др. – К.: Логос, 2010. – Т. 2. – 2011. – 523 с.
7. Минюк П. М. Фасоль / П. М. Минюк - Минск: Ураджай, 1991. – 92 с.
8. Методы изучения азотфиксации и денитрификации в почве / М. М. Умаров, Ф. П. Кононков, М. Г. Куракова, Л. А. Зуева // Микроорганизмы как компонент биогеоценоза. – М.: Наука, 1984. – С. 107–119.

9. Методичні рекомендації. ЕПАА - універсальний біологічний прилипач мікробних препаратів, пестицидів і регуляторів росту рослин / С. К. Воцелко, Л. А. Данкевич, В. В. Круть та ін. За ред. В. П. Патики // Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. Київ. 2014. – 30 с.

10. Патика В. П. Основи селекції азотфіксуючих мікроорганізмів / В. П. Патика // Вісник аграрної науки. - 2000. - №12. - С. 25-26.

11. Регулятори росту в рослинництві [Текст]. Рекомендації по застосуванню. – К.: МНТЦ - Агробіотех НАН та МОН України, 2007. – 27 с.

12. Pate J.S. Herridge partitioning and utilization of net photosynthate in a nodulated annual legume // J. Exper. Botany. – 1978. – 29, №109. – P.401:402.

### Список використаної літератури у транслітерації / **Reherences**

1. Volkohon V. Kozhniy roslyni svoyu «mini-fabryku» azotu / V. Volkohon, T. Kovalevs'ki // Propozytsiya. – 2008. - №11. – S. 70-72.

2. Volkohon V. V. Novi biolohichni preparaty kompleksnoyi diyi na osnovi aktyvnykh shtamiv azotfiksuval'nykh bakteriy ta fiziolohichno aktyvnykh rehovyn / V. V. Volkohon, S. B. Dimova, K. I. Volkohon, M. S. Komok // Fiziolohiya roslyn : problemy ta perspektyvy rozvytku: u 2 t. / NAN Ukrayiny, In-t fiziolohiyi roslyn i henetyky, Ukr. t-vo fiziolohiv roslyn; Holov. red. V. V. Morhun. – K.: Lohos, 2009. – Tom 1. – S. 393–403.

3. Volkohon B. V. Znachennya rehulyatoriv rostu roslyn u formuvanni aktyvnykh azotfiksuval'nykh symbioziv ta asotsiatsiy / V. V. Volkohon, V. P. Sal'nyk // Fyzyolohyya y byokhymyya kul't. rastenyu. – 2005. – 37, №3. – S. 187–197.

4. Holodna A. V. Vplyv inokulyatsiyi nasinnya na urozhaynist' kvasoli / A. V. Holodna, V. F. Kamins'kyu // Zb. nauk. prats' UDAU. – Uman', 2003. – S. 255-259.

5. Hrytsayenko Z. M. Biolohichno aktyvni rehovyny v roslynnytstvi / Hrytsayenko Z. M., Ponomarenko S. P., Karpenko V. P., Leontyuk I. B. – K. : ZAT «Nchlava», 2008. – 352 s.

6. Kots' S. Ya. Byolohycheskaya fyksatsyya azota: bobovo-ryzobyal'nyy symbyoz : [monohr. : v 4-kh t.] / S. Ya. Kots', V. V. Morhun, Y. A. Tykhonovych y dr. – K.: Lohos, 2010. – T. 2. – 2011. – 523 s.

7. Мунюк Р. М. Fasol' / Р. М. Мунюк - Мунск: Uradzhay, 1991. – 92 s.

8. Metody yzuchenyya azotfyksatsyy y denytryfykatsyy v pochve / M. M. Umarov, F. P. Kononkov, M. H. Kurakova, L. A. Zueva // Mykroorhanyzmy kak komponent byoheotsenoza. – M.: Nauka, 1984. – S. 107–119.

9. Metodychni rekomendatsiyi. EPAА- universal'nyy biolohichnyy prylypach mikrobnnykh preparativ, pestytsydiv i rehulyatoriv rostu roslyn / S. K. Votselko, L. A. Dankevych, V. V. Krut' ta in. Za red. V. P. Patyky // Instytut mikrobiolohiyi i virusolohiyi im. D.K. Zabolotnoho NAN Ukrayiny. Kyyv. 2014. – 30 s.

10. Patyka V. P. Osnovy selektsiyi azotfiksuuyuchykh mikroorhanizmiv / V. P. Patyka // Visnyk ahraryoi nauky. - 2000. - №12. - S. 25-26.

11. *Rehulatory rostu v roslynnytstvi [Tekst]. Rekomendatsiyi po zastosuvannyu.* – К.: MNTTs - Ahrobiotekh NAN ta MON Ukrayiny, 2007. – 27 s.

12. Pate J.S. *Herridge partitioning and utilization of net photosynthate in a nodulated annual legume // J. Exper. Botany.* – 1978. – 29, №109. – R.401:402.

## АННОТАЦИЯ

### **РОЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОГО АЗОТА В ПОВЫШЕНИИ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ФАСОЛИ / ШКАТУЛА Ю.Н., КРАЕВСКАЯ Л.С.**

Приведены результаты влияния применения инокуляции семян фасоли штаммами ризобий, стимулятором роста Регоплант и биологическим прилипателем ЭПАА за 2014-2015 годы исследований. Установлено, что в фазе бутонизации общая азотфиксирующая активность растений вариантов, обработанных штаммами ризобий в 2-2,5 раза выше, чем в контроле. Резкий ее рост зафиксирован у растений, инокулированных штаммами 700, Ф-16, 700 + Регоплант + ЭПАА и Ф-16 + Регоплант + ЭПАА. Сорт Славия отмечался высокой АФА в онтогенезе растений, и повлияло на рост семенной продуктивности во всех инокулированных растений, но достоверный прирост урожая зерна зафиксировано в вариантах где семена фасоли обрабатывалось штаммами микроорганизмов 700, Ф-16, и комбинацией биологических препаратов Регоплант + ЭПАА.

**Ключевые слова:** фасоль, семена, штаммы, инокуляция, симбиоз, стимуляторы роста, урожайность.

## ANNOTATION

### **THE ROLE OF BIOLOGICAL NITROGEN IN INCREASING OF BEAN SEEDS PRODUCTIVITY / SHKATULA Y.N, KRAYEVSKA L.S.**

The results of research of the impact of the application of bean seeds inoculation with Rhizobium strains, Regoplant growth stimulator and EPAA biological adhesive in 2014-2015 are given. Studies have shown that the inoculation of plants improves the conditions for the contact of the root system of beans with virulent forms of Rhizobium and the formation of more abundant active nitrogen-fixing nodules on the roots. The number of nodules formed on the roots is genetically regulated by the plant. Not only the number and weight of Rhizobium nodules formed on the roots, but also their nitrogen-fixing activity prove the efficiency of inoculation. Variety characteristics of beans affected the formation and functioning of legume-Rhizobium systems during the vegetation period. The experimental results showed that the total nitrogen-fixing activity of plants is 2-2.5 times higher than the control during the budding phase. Its sharp growth was recorded in the plants inoculated with strains 700, F-16, 700 + Regoplant + EPAA and F-16 + Regoplant + EPAA. The variety of beans Slavia is notable for its high nitrogen-fixing activity during the ontogenesis of plants that affected the increasing of seeds productivity. The highest productivity of bean seeds is fixed where the seeds were inoculated with



combination of Regoplant growth stimulator and EPAА biological adhesive. The level of productivity of bean seeds was 13.8 q. / ha, while the increase of productivity was 1.9 q. / ha according to the control.

**Keywords:** beans, seeds, strains, inoculation, symbiosis, growth stimulators, productivity.

#### Авторські дані

**Шкатула Юрій Миколайович** – канд. с.-г. наук, доцент кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: shkatula@vsau.vin.ua).

**Красівська Любов Сергіївна** – аспірант кафедри землеробства, ґрунтознавства та агрохімії, асистент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна 3, e-mail: liubasha91@gmail.com).