

УДК 631.461.5:633.19

© 2020

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АСОЦІАТИВНИХ ДІАЗОТРОФІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ УРОЖАЙНОСТІ ТРИТИКАЛЕ ЯРОГО**

*О.О. Шаховніна*

*кандидат сільськогосподарських наук*

*Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН  
вул. Шевченка, 97, м. Чернігів, 14027, Україна*

*e-mail:helenshah@ukr.net*

*ORCID: 0000-0001-9105-4116*

Надійшла 4.05.2020

**Мета.** Вивчити ефективність використання асоціативних діазотрофів *Azospirillum brasilense* 10/1 для підвищення урожайності і поліпшення якості зерна тритикале ярого. **Методи.** Мікробіологічні, газохроматографічний, польового досліду, статистичні. **Об'єкти досліджень** – рослини тритикале ярого сорту Оберіг харківський, штам асоціативних азотофіксувальних бактерій *Azospirillum brasilense* 10/1. **Польові дослідження** проводили в умовах Полісся України (Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів). Інокуляцію насіння тритикале здійснювали 3-добовою культурою бактерій *A. brasilense* 10/1 за 2 год до сівби із розрахунку 200 – 300 тис. бактеріальних клітин на насінину. Обробку експериментальних даних проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel. **Результати.** Установлено, що штам *A. brasilense* 10/1 позитивно впливає на ріст і розвиток тритикале ярого завдяки поліпшенню азотного живлення рослин і здатності продукувати рістстимулювальні речовини. Використання штаму *A. brasilense* 10/1 для передпосівної бактеризації насіння тритикале забезпечило приріст урожайності культури на 0,5 т/га, або 16,39% до контролю. Виявлено позитивний вплив на масу зерен в одному колосі і масу 1000 зерен, зазначені показники підвищувалися у варіанті з інокуляцією в середньому на 16,8 і 11,9% відповідно. Також за інокуляції тритикале ярого перспективним штамом *A. brasilense* 10/1 уміст білка у зерні підвищувався до 14,06%, сирової клейковини – до 35,17, натурна маса зерна збільшувалася на 7,3%. **Висновки.** Враховуючи позитивний вплив асоціативних азотофіксувальних бактерій *A. brasilense* 10/1 на ріст і розвиток рослин тритикале, перспективним є створення біопрепарату на основі зазначеного штаму для підвищення урожайності цієї культури і підвищення якості одержаної продукції.

**Ключові слова:** *Azospirillum brasilense*, азотофіксація, інокуляція, біопрепарат, структурні показники урожаю.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-03>

Тритикале вперше було селекціоновано наприкінці ХІХ ст. з метою поєднання найкращих якостей пшениці та жита [1]. Ця

культура за низкою ключових ознак (урожайність, харчова і біологічна цінність) перевищує обидві батьківські рослини, а за

стійкістю до несприятливих погодних умов та ураження хворобами значно перевищує пшеницю та не поступається житу [2, 3]. Завдяки більшій кількості зерен у колосі тритикале формує значно більшу продуктивність, ніж пшениця [1]. Рослина вирізняється широким діапазоном використання в народному господарстві як зернофуражна, продовольча і кормова культура [4, 5].

Нині тритикале успішно вирощують у багатьох країнах на площі понад 4 млн га, а світове виробництво зерна тритикале становить понад 17 млн т. В Україні посівні площі тритикале щороку сягають 100 тис. га [6, 7]. Відомо, що між рівнем застосування агрохімікатів і валовим збором сільськогосподарської продукції існує пряма залежність [8, 9]. Однак в Україні спостерігається від'ємний баланс гумусу і поживних речовин [10]. Тритикале належить до культур, невибагливих до родючості ґрунту, але залежить від рівня мінерального живлення, що істотно позначається на формуванні продуктивності їх агроценозів [1, 11]. Зростання цін на мінеральні добрива зумовлює потребу пошуку альтернативних джерел живлення рослин. Одним із напрямів екологічно безпечного сільського господарства є застосування мікробних препаратів, які позитивно впливають як на ріст і розвиток рослин, так і на показники родючості ґрунту [12–14].

Фіксація молекулярного азоту атмосфери є одним з найважливіших біохімічних процесів, який істотно впливає на родючість ґрунтів і забезпеченість рослин біологічним азотом [13–15]. Одними з найактивніших асоціативних діазотрофів є представники роду *Azospirillum*, що утворюють ефективні асоціації з рослинами пшениці, жита, ячменю, гречки тощо і успішно використовуються як біоагенти мікробних препаратів для підвищення урожайності зазначених сільськогосподарських культур [14].

**Мета досліджень** — вивчити ефективність використання асоціативних діазотрофів *Azospirillum brasilense* 10/1 для підвищення урожайності і поліпшення якості зерна тритикале ярого.

**Матеріали і методи досліджень.** Об'єктами досліджень були тритикале яре сорту Оберіг харківський та штам асоціативних азотофіксувальних бактерій *Azospirillum*

*brasilense* 10/1 [16], відібраний методами аналітичної селекції як перспективний для інокуляції тритикале ярого.

Польові досліди проводили в умовах Полісся України (Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів) на чорноземі вилугуваному: рН — 6,0; уміст гумусу — 3,5%; азоту, що легко гідролізується (за Корнфільдом) — 95 мг; рухомих форм фосфору ( $P_2O_5$ ) (за Кирсановим) — 251 мг; обмінного калію ( $K_2O$ ) (за Кирсановим) — 108 мг на 1 кг.

Норма сівби тритикале — 5 млн схожих насінин на 1 га. Спосіб сівби — вузькорядний, з міжряддям 15 см. Розмір дослідної ділянки — 8 м<sup>2</sup>, розмір облікової ділянки — 1 м<sup>2</sup>, повторність 4-разова, розміщення ділянок рендомізоване. Інокуляцію насіння проводили 3-добовою культурою бактерій *A. brasilense* 10/1 за 2 год до сівби із розрахунку 200–300 тис. бактеріальних клітин на насінину.

Потенційну нітрогеназну активність на відмитих коренях рослин тритикале визначали ацетилен-етиленовим методом на газовому хроматографі «Chrom-4» [17].

Збирання та облік урожаю проводили прямим методом (зважування продукції з облікової ділянки). З метою дослідження структурних показників урожаю тритикале ярого з кожного варіанта відбирали по 100 типових рослин. Визначали висоту рослини, довжину колоса, кількість і масу зерен у колосі, масу 1000 зерен [18].

Уміст азоту, фосфору і калію, білка і сиров'язковини в зерні визначали за допомогою інфрачервоного спектрофотометра ИКС-4250 в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколового».

Здатність азоспірил продукувати фізіологічно активні речовини визначено методом біотестів [19].

Обробку експериментальних даних проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Office Excel.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Інтродукція асоціативних азотофіксаторів у зону коренів дає змогу не тільки поліпшити азотне живлення рослин завдяки фіксації атмосферного азоту і підвищенню коефіцієнта використання мінерального

азоту ґрунту, а й забезпечує різнобічний позитивний вплив мікроорганізмів на рослину, а саме — синтез біологічно активних речовин, зокрема фітогормонів, стимуляцію росту і розвитку кореневої системи, бічних коренів та корневих волосків [14].

Багаторічні дослідження потенційної нітрогеназної активності (ПНА) на відмитих коренях рослин тритикале за польових умов свідчать, що перспективний штам азотофіксувальних бактерій *A. brasilense* 10/1 сприяв підвищенню ПНА більш ніж удвічі, порівняно з контрольним варіантом: без інокуляції (контроль) —  $762,33 \pm 18,69$ ; з інокуляцією *A. brasilense* 10/1 —  $1638,00 \pm 71,47$  нмоль етилену на 1 г коренів за 1 год.

Здатність штаму *A. brasilense* 10/1 продукувати рістстимулювальні речовини показано на проростках тритикале ярого сорту Оберіг харківський (рисунок).

Найістотніший приріст сухої надземної маси проростків до контролю (обробка насіння стерильною водою) виявлено за розведення культуральної рідини штаму у співвідношенні 1:50 (36,2%). Подальше розведення культуральної рідини призвело до зниження приросту маси.

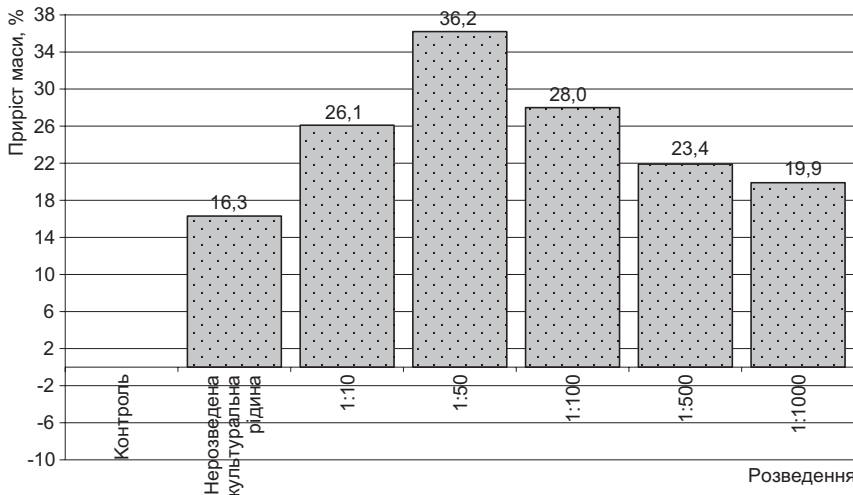
Аналіз результатів польових дослідів свідчить про стабільний вірогідний приріст урожайності тритикале ярого від перед-

посівної інокуляції насіння *A. brasilense* 10/1, що в середньому становив 0,5 т/га, або 16,39% до контролю: без інокуляції (контроль) —  $3,07 \pm 0,39$ ; з інокуляцією *A. brasilense* 10/1 —  $3,57 \pm 0,38$  т/га.

Установлено, що передпосівна інокуляція тритикале ярого штамом *A. brasilense* 10/1 сприяла збільшенню висоти рослин у середньому на 1,7 см (табл. 1).

Найбільш визначальними для формування урожайності тритикале ярого вважаються такі елементи структури урожаю, як кількість і маса зерен з одного колоса та маса 1000 зерен [20]. Їх рівень більшою мірою залежить від еколого-географічних умов, погодно-кліматичного фактора вегетаційного періоду, якості і своєчасності проведення агротехнологічних заходів на відміну від показників довжини колоса та кількості колосків у колосі, які вважаються стабільними і залежать від властивостей конкретного генотипу [21].

Результати дослідження кількості зерен у колосі тритикале ярого свідчать про тенденцію до збільшення цього показника за інокуляції *A. brasilense* 10/1. Щодо маси зерен в одному колосі і маси 1000 зерен, то зазначені показники підвищувалися у варіанті з інокуляцією в середньому на 16,8 і 11,9% відповідно.



**Приріст сухої надземної маси проростків тритикале ярого сорту Оберіг харківський за обробки культуральною рідиною *A. brasilense* 10/1 (лабораторний дослід)**

**1. Структурні показники урожаю тритикале ярого сорту Оберіг харківський за інокуляції A. brasilense 10/1, середні 3-річні дані ( $M \pm m$ ,  $n=3$ )**

Показник	Без інокуляції (контроль)	Інокуляція A. brasilense 10/1
Висота рослин тритикале, см	93,56 ± 5,57	95,26 ± 5,85
Кількість зерен в одному колосі, шт.	36,29 ± 0,64	38,24 ± 1,90
Маса зерен з одного колоса, г	1,25 ± 0,02	1,46 ± 0,06
Маса 1000 зерен, г	35,07 ± 0,51	39,24 ± 0,56

**2. Уміст макроелементів у зерні тритикале ярого сорту Оберіг харківський за інокуляції насіння активним штамом A. brasilense 10/1**

Варіант дослідження	Уміст, %		
	азоту	фосфору	калію
Без інокуляції (контроль)	2,12 ± 0,07	0,87 ± 0,03	0,25 ± 0,01
Інокуляція A. brasilense 10/1	2,25 ± 0,09	1,09 ± 0,03	0,30 ± 0,01

**3. Якість зерна тритикале ярого сорту Оберіг харківський за інокуляції насіння активним штамом A. brasilense 10/1**

Варіант дослідження	Уміст, %		Натурна маса зерна, г/л
	білка	сирої клейковини	
Без інокуляції (контроль)	12,35 ± 0,37	29,00 ± 0,87	678,16 ± 20,34
Інокуляція A. brasilense 10/1	14,06 ± 0,42	35,17 ± 1,05	735,54 ± 22,05

Особливістю дії біопрепаратів з біоагентами-азотофіксувальними мікроорганізмами є додаткове надходження макроелементів до репродуктивних органів рослин і пропорційне збільшення їхньої маси, що зумовлює зростання урожаю зерна та його якісних показників. Результати наших досліджень свідчать про підвищення вмісту азоту в зерні тритикале (табл. 2).

Якість зерна є інтегрованим показником взаємодії сорту, природно-кліматичних особливостей, агротехнічних та організаційно-економічних умов вирощування тритикале. За інокуляції тритикале ярого перспективним штамом A. brasilense 10/1 уміст білка у зерні підвищувався до 14,06%, сирої клейковини — до 35,17%, натурна маса зерна збільшувалася на 7,3% (табл. 3).

### Висновки

Штам A. brasilense 10/1 впливає на ріст і розвиток рослин тритикале ярого як діазотроф і продуцент рістстимулювальних речовин. Згідно з результатами 3-річних польових досліджень приріст урожайності від передпосівної інокуляції насіння тритикале ярого A. brasilense 10/1 становив у середньому 0,5 т/га, або 16,39% до контролю. Бактеризація насін-

ня A. brasilense 10/1 позитивно впливає на показники структури урожаю тритикале: виявлено тенденцію до підвищення кількості зерен в одному колосі, збільшення маси зерен в колосі, маси 1000 зерен. Інокуляція асоціативними азотофіксувальними бактеріями A. brasilense 10/1 також забезпечує збільшення вмісту макроелементів і поліпшує якісні показники

зерна тритикале ярого. Враховуючи по-  
зитивний вплив досліджуваного штаму  
на урожайність тритикале ярого і якість

одержаної продукції, створення біопрепа-  
рату на основі *A. brasilense* 10/1 є пер-  
спективним.

**Shakhovkina O.**

*Institute of Agricultural Microbiology and Agro-  
industrial Manufacture of the NAAS, 97 Shevchenko  
Str., Chernihiv, 14027, Ukraine; e-mail: helenshah@  
ukr.net; ORCID: 0000-0001-9105-4116*

**The effectiveness of the use of associative  
diazotrophs to increase the yield of spring  
triticale**

**Goal.** To study the effectiveness of the use of  
associative *Azospirillum brasilense* diazotrophs  
10/1 to increase the yield and improve grain quality  
of spring triticale. **Methods.** Microbiology, gas  
chromatography, field experiment, and statistical.  
The objects of study — plants of spring triticale  
of varieties Oberig Kharkivskii, the strain of  
associative nitrogen-fixing bacteria *Azospirillum  
brasilense* 10/1. Field experiments were carried  
out in conditions of Ukrainian Polissia (Institute  
of Agricultural Microbiology and Agroindustrial  
Manufacture, NAAS, Chernihiv). The inoculation  
of seeds of triticale was carried out with 3-days  
culture of bacteria *A. brasilense* 10/1 for 2 h before  
seeding at the rate of 200–300 thousand bacterial  
cells per seed. Processing of experimental data was  
performed using the computer program Microsoft  
Office Excel. **Results.** It is established that the

strain *A. brasilense* 10/1 positively influenced the  
growth and development of spring triticale due  
to improved nitrogen nutrition of plants and the  
ability to produce growth-stimulation substances.  
Use of the strain *A. brasilense* 10/1 for preplant  
bacterization of seeds triticale provided the increase  
in crop yield by 0.5 t/ha, or of 16.39% compared to  
control. Positive influence is revealed on a mass of  
grains in one ear and weight of 1000 grains. These  
indicators increased in the variant with inoculation  
on average on 16.8 and 11.9%, respectively. Also  
by inoculation of spring triticale with a promising  
strain of *A. brasilense* 10/1 the protein content in  
the grain increased to 14.06%, wet gluten – to the  
35, 17, full-scale mass of grain increased by 7.3%.

**Conclusions.** Taking into account the positive  
effect of associative nitrogen-fixing bacteria *A.  
brasilense* 10/1 on the growth and development of  
triticale plants, perspective variant is the creation  
of a biological product based on the strain for  
increasing the yield and improving the quality of  
the resulting products.

**Key words:** *Azospirillum brasilense*, nitrogen-  
fixation, inoculation, biological preparation, structural  
indicators of the crop.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202007-03>

**Бібліографія**

1. Шульгин А.Ф. Тритикале — новая зерно-  
вая и кормовая культура. Киев: Урожай, 1981.  
39 с.
2. Білітюк А.П., Гірко В.С., Каленська С.М.,  
Андрушків М.І. Тритикале в Україні: монографія.  
Київ, 2004. 273 с.
3. Рябчун В.К., Шатохін В.І., Лісничий В.А.,  
Капустіна Т.Б. Яре тритикале для стабільного  
виробництва зерна. Харків: Інститут рослинни-  
цтва ім. В. Я. Юр'єва, 2007. 16 с.
4. Djekic V., Mitrovic S., Milovanovic M. et al.  
Implementation of triticale in nutrition of non-ruminant  
animals. *African Journal of Biotechnology*. 2011.  
№ 10. P. 5697–5704. doi: 10.5897/AJB10.986
5. Гриб С.И., Булавина Т.М., Бушневич В.Н.,  
Хататовский Ю.Ф. Тритикале — ценная зерно-  
фуражная культура. *Вестник семеноводства  
в СНГ*. 2009. № 1. С. 17–19.
6. Рыбалка О.І., Моргул В.В., Моргул Б.В.,  
Починок В.М. Агрономічний потенціал і перспек-  
тиви тритикале. *Физиология растений и гене-  
тика*. 2015. Т. 47. № 2. С. 95–111.

7. Каленська С.М. Тритикале — потенціал  
та управління його реалізацією: Тритикале —  
культура XXI сторіччя (м. Харків, 4–6 липня  
2017 р.). 2017. С. 75–77.
8. Шевчук М.Й., Веремєєнко С.І., Лопушняк В.І.  
Агрохімія: підручник; Ч. 2. Добрива та їх вплив  
на біопродуктивність ґрунту. Луцьк: Надстир'я,  
2012. 440 с.
9. Системи удобрення сільськогосподар-  
ських культур у землеробстві початку XXI сто-  
ліття: монографія; за ред. С.А. Балюка, М.М. Мі-  
рошніченка. Київ: Альфа-стевія, 2016. 400 с.
10. Яцук І.П., Панасенко В.М., Жилкін В.А.  
Охорона ґрунтів як передумова розвитку і збе-  
реження аграрного сектору України: Охорона  
ґрунтів та підвищення їх родючості (м. Одеса,  
16–17 вересня 2015 р.). Київ: Вік-Принт, 2015.  
С. 17–18.
11. Сухомуд О.Г., Любич В.В. Вміст клейковини  
в зерні тритикале ярого залежно від рівня азот-  
ного живлення. *Наукові доповіді НУБіП України*.  
2013. № 2 (38). 8 с.

12. Волкогон В.В., Заришняк А.С., Пилипенко Л.А. та ін. Мікробні препарати в сучасних аграрних технологіях (науково-практичні рекомендації). Київ, 2015. 248 с.

13. Патики В.П., Коць С.Я., Волкогон В.В. та ін. Біологічний азот; за ред. В.П. Патики. Київ: Світ, 2003. 424 с.

14. Коць С.Я., Моргунов В.В., Патики В.Ф. и др. Биологическая фиксация азота: монография в 4-х т. Т. 4: Ассоциативная азотфиксация. Київ: Логос, 2014. 412 с.

15. Андреев Е.И., Антипчук А.Ф., Бабаянц О.В. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем; под ред. Г. А. Иутинской, С. П. Пономаренко. Київ: Нічлава, 2010. 472 с.

16. Пат. № 104212 С2 Україна МПК С12N 1/20 (2006.01) С12R (2006.01) С05F11/08 (2006.01). Штам бактерій *Azospirillum brasilense* для інокуляції насіння тритикале ярого. О.В. Надкернична, О.О. Шаховніна, М.А. Ушакова; заявник і патентовласник Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН. № а 2012 03817; заявл. 29.03.2012 ; опубл. 10.01.2014. 3 с.

17. Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K., Burns R.C. The acetylene-ethylene assay for N<sub>2</sub>-fixation: Laboratory and field evaluation. *Plant Physiol.* 1968. V. 43, №8. P. 1185–1207.

18. Грицаєнко З.М., Грицаєнко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів. Київ: ЗАТ Нічлава, 2003. 320 с.

19. Некоторые новые методы количественного учета почвенных микроорганизмов и изучение их свойств. Методические рекомендации; под ред. Ю.М. Возняковской. Ленинград, 1982. 52 с.

20. Лопушняк В., Августиневич М. Формування структури врожаю тритикале ярого за різних систем удобрення. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія.* 2013, № 17(1). С. 211–217.

21. Писаренко П.В., Москалець В.В., Москалець Т.З., Москалець В.І. Вплив біологізованої агротехнології вирощування тритикале озимого на елементи структури урожайності зерна. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2013. № 2. С. 10–14.