

ВПЛИВ БАКТЕРІЙ РОДУ AZOTOBACTER CHROOCOCCUM НА РІСТ ТА РОЗВИТОК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР У ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКІЙ ЛІСОСТЕПОВІЙ ПРОВІНЦІЇ

Метою досліджень було вивчення впливу бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на ріст та розвиток рослин пшениці ярої, томатів та кукурудзи. Для досліджень використано бактеріальний препарат, діючою речовиною якого були бактерії роду *Azotobacter chroococcum*. Ефективність застосування препарату вивчали в умовах польового досліді Українського Інституту захисту рослин НААН. У схемі дослідів представлено такі варіанти: площа варіантів досліді на пшениці ярій та кукурудзі – 0,25 га, площа контролю – 0,25 га, загальна площа досліді ділянки – 1,25 га. Площа варіанта досліді на поматах – 0,05 га, площа контролю – 0,05 га, загальна площа досліді ділянки – 0,25 га.

Досліджувані сорти: пшениця яра – Фаворитка, помати – Лагідний, гібрид кукурудзи – Одеський 365М. Результати досліджень показали, що використання бактерій роду *Azotobacter chroococcum* позитивно впливало на структуру врожаю пшениці озимої. Зокрема, врожайність зерна сорту Фаворитка підвищилася на 0,38 т/га, або на 10 %; маса 1000 зерен – на 2,9 г, або на 7,5 %; довжина колосу – на 0,7 см, або на 9,9 %; кількість зерен в одному колосі – на 2,3 шт., або на 9 %; маса однієї рослини – на 0,23 г, або на 5,6 %; маса колосу – на 0,17 г, або на 11 %; маса зерна з колоса – на 0,4 г, або на 5,3 %. Дворазове внесення бактерій роду *Azotobacter chroococcum* по вегетуючих рослинах кукурудзи мало позитивний вплив на врожайність. Згідно з отриманими даними, врожайність кукурудзи в контролі становила в середньому 7,58 т/га, тоді як після обробки досліджувані препаратом – 8,76 т/га, що на 21 % більше; площа фотосинтетично активної листової поверхні збільшилася на 13,5 %. Відзначено також вплив на інші елементи продуктивності кукурудзи. Так, маса одного качана збільшилася на 34 г, або на 17 %; вихід зерна – на 1 %; маса зерен в одному качані – на 25 г, що становило 16 % приросту. Результати проведених досліджень на поматах свідчать про достовірне збільшення основних морфометричних показників після застосування бактерій роду *Azotobacter chroococcum*.

Так, встановлено, що після дворазового внесення препарату, діючою речовиною якого були бактерії роду *Azotobacter chroococcum*, із поливною водою довжина коренів рослин збільшилася щодо контролю на 1,5 см., або на 8,3 %. Урожайність культури підвищилася на 10,7 т/га, або на 19,5 %, маса плоду – на 10,3 г, або на 9,6 % порівняно з контролем.

Ключові слова: бактерії, азотофіксатор ґрунтовий, кукурудза, пшениця яра, томати.

Roman Kordulyan, Yulia Kordulyan, Mychailo

Ukrainian scientific-research plant quarantine station IPP NAAS

The influence of the bacteria genus *Azotobacter chroococcum* on the growth and development of agricultural crops in the west-Ukrainian forest-steppe province

The aim of the research was to study the influence of bacteria of the genus *Azotobacter chroococcum* on the growth and development of spring wheat, tomato and corn plants. The bacterium preparation with active matter *Azotobacter chroococcum* genus was used for researches. The preparation's usage efficiency was studied in the terms of field conditions on researched plots of UkrSRPQS IPP NAAS. The following variants were proposed by scheme of researches: for spring wheat and maize: 0,25 ha, control plot is 0,25 ha, overall research area is 1,25 ha. The tomato variant's area is 0,05 ha; control plot is 0,05 ha, overall research area is 0,25 ha. The researched varieties: spring wheat Favouritka; maize – Odeskyi 365M, tomato – Lagidnyi. The researches results showed the bacterium genus *Azotobacter chroococcum* positive impact on the structure of the winter wheat harvest. Especially the wheat yield of Favouritka increased by 0,38 t/ha or 10 %, weight of 1000 seeds by 2,9 g or 7,5 %; spike's length by 0,7 cm or 9,9 %; the corn's quantity in one spike - by 2,3 pcs or 9 %: one plant's weight by 0,23 g or 5,6 %; spike's weight by 0,17 g or 11 %, corn's weight by 0,4 g or 5,3 %. Double fertilizer application of genus *Azotobacter chroococcum* had positive impact on growing maizes plants productivity. According to the received data the control maize productivity was 7,58 t/ha, but after treating with preparation was 8,76 t/ha. It was by 21 % higher than in control. The area of photosynthetically active leaf surface increased on 13,5 %. The impact was noticed also on other maize's productivity elements. The weight of maize's corn increased by 34 g or 17 %; the grain yield by 1 %; the grain's weight in one corn increased by 25 g (16 % increase). The researches results on tomatoes witnessed the reliable increase of basic morphometric indexes after bacterium genus *Azotobacter chroococcum* usage. It was determined that the plants' roots increased by 1,5 cm or 8,3 % in comparison with control after double application of preparation in irrigation water with active matter bacterium *Azotobacter chroococcum*. The cultivar yield increased by 10,7 t/ha or 19,5 %, the fruit's weight increased on 10,3 g or 9,6 % in comparison to control.

Key words: bacteria, soil nitrogen fixer, maize, spring wheat, tomatoes.

Вступ. Підвищення врожайності сільськогосподарських культур значною мірою залежить від забезпечення їх елементами мінерального

живлення, і в першу чергу азотними сполуками. Джерелом екологічно чистого біологічного азоту в ґрунті є мікроорганізми, які здатні фіксувати молекулярний азот атмосфери [11, 12, 15, 16, 21]. Використання у практиці землеробства біологічних препаратів, які створено на основі азотфіксуючих мікроорганізмів, є одним із технологічних прийомів підвищення врожайності культурних рослин [1, 6, 7, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 26].

Ґрунтові мікроорганізми, які належать до роду *Azotobacter*, характеризуються рядом позитивних ефектів, серед яких визначальними є здатність до фіксації молекулярного азоту, синтез сполук гормональної природи, вітамінів, антибіотичних речовин [1–5, 8, 18–25, 27–30]. Отже, перспективним є дослідження можливості використання цих бактерій у практиці рослинництва та біологічного землеробства.

Метою досліджень було вивчення впливу бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на ріст та розвиток сільськогосподарських культур у Західноукраїнській лісостеповій провінції.

Матеріали і методи. Для досліджень використано бактеріальний препарат, діючою речовиною якого були бактерії роду *Azotobacter chroococcum*.

Визначення врожайності, її структури та інших показників у культур визначали методом облікових ділянок.

Ефективність застосування препарату вивчали в умовах польового досліді укрНДСКР ІЗР НААН.

У схемі дослідів представлено такі варіанти: площа варіантів досліді на пшениці ярій та кукурудзі – 0,25 га, площа контролю – 0,25 га, загальна площа дослідної ділянки – 1,25 га. Площа варіанта досліді на томатах – 0,05 га, площа контролю – 0,05 га, загальна площа дослідної ділянки – 0,25 га.

Досліджувані сорти та гібриди: пшениця яра – Фаворитка, томати – Лагідний, гібрид кукурудзи – Одеський 365М.

Норма витрати: обробка насіння зернових культур (пшениця яра): 2 л/т; обприскування сільськогосподарських культур під час вегетації (кукурудза): 1 л/га; внесення з поливною водою для прикореневого підживлення (томати): 20 мл/10 л води (1 л суспензії для поливу 1 м²). *Норми витрати робочого розчину:* обробка насіння зернових культур (пшениця яра): 10 л/гектарну норму; обприскування сільськогосподарських культур під час вегетації (кукурудза): 250 л/га (кратність – 2: перша обробка у фазі 3–5 листків; друга – 7–10 листків); внесення з поливною водою для прикореневого підживлення

(томати): кратність – 2: перша – за висаджування розсади, друга – у фазі початку цвітіння.

Дослідна ділянка розміщена на чорноземі опідзоленому середньозмитому важкосуглинковому з низьким вмістом гумусу (2,1 %) та слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН – 4,8–5,0). Забезпеченість ґрунту фосфором дуже низька (P_2O_5 – 45 мг/кг ґрунту), калієм – низька (K_2O – 66 мг/кг ґрунту), лужногідролізованим азотом – дуже низька (76 мг/кг ґрунту), агрохімічна оцінка в балах – 28 зі 100.

Агротехнічні заходи, які проводили на дослідній ділянці: застосування сівозміни та правильне чергування культур у ній, система обробітку ґрунту, система удобрення, підготовка насінневого і садивного матеріалу, правильні строки та способи сівби, висаджування рослин та збирання врожаю.

Захист від хвороб, шкідників та бур'янів на варіантах досліду проводили згідно з технологічними картами вирощування пшениці ярої, кукурудзи та томатів (достатній рівень ресурсного забезпечення).

Метеорологічні умови: середня дата початку вегетаційного періоду у 2014–2018 рр. на території, де проведено дослідження, була 20 березня, закінчення – 21 жовтня. Гідротермічний коефіцієнт становив 1,2.

Наведені в табл. 1 метеорологічні показники вказують на збільшення кількості опадів у весняний період з березня до травня та в липні і суттєве зменшення їх кількості в червні та серпні – жовтні. Температурний режим майже в усі місяці перевищував середній багаторічний показник на 1,1–2,6 °С, за винятком березня, де різниця становила +4,5 °С. Такі умови мали достатній вплив на ріст і розвиток досліджуваних культур.

Строки застосування препарату: перед сівбою пшениці ярої; обприскування під час вегетації (кукурудза): перша обробка у фазі 3–5 листків, друга – у фазі 7–10 листків; з поливною водою для прикореневого підживлення (томати): перша – за висаджування розсади, друга – у фазі початку цвітіння.

1. Метеорологічні умови в період проведення досліджень (МСЦ Чернівці), 2014–2018 рр.

Місяць	Показники			
	кількість опадів, мм		середньомісячна температура повітря, °С	
	у дослід- жуваний період	середньомісячна багаторічна норма	у дослід- жуваний період	багаторічна норма
Березень	34	32	7,2	2,7
Квітень	44	47	10,3	9,2
Травень	102	76	15,2	14,9
Червень	32	88	17,8	18,0
Липень	103	98	20,3	19,8
Серпень	51	77	20,2	19,1
Вересень	9	49	15,7	14,3
Жовтень	19	37	11,4	8,8
Сума опадів за вегетацій- ний період	394	504		
Середня t° за вегетаційний період			14,8	13,4

Результати досліджень. У 2014–2018 рр. використання препарату, діючою речовиною якого були бактерії роду *Azotobacter chroococcum*, для передпосівної обробки насіння та обприскування ґрунту позитивно впливало на основні якісні показники пшениці ярої.

Препарат сприяв підвищенню густоти стеблостою пшениці ярої сорту Фаворитка у фазі кушіння в середньому на 107 рослин/м² порівняно з контролем, або на 18,1 %. Передпосівна обробка насіння препаратом істотно впливала на варіювання основних біометричних показників. Так, висота рослин у фазі кушіння на варіантах порівняно з контрольними ділянками зроста в посівах сорту Фаворитка на 11,7 см, або на 12,8 %.

Аналіз морфометричних показників свідчить, що загальна ефективність досліджуваного препарату в усіх випадках істотно збільшилася. Врожайність зерна сорту Фаворитка збільшилася на 0,38 т/га, або на 10 %, маса 1000 зерен – на 2,9 г, або на 7,5 %, довжина колосу – на 0,7 см, або на 9,9 %, кількість зерен в одному колосі – на 2,3 шт., або на 9 %, маса однієї рослини – на 0,23 г, або на 5,6 %, маса

колосу – на 0,17 г, або 11 %; маса зерна з колосу – на 0,4 г, або на 5,3 % (табл. 2).

2. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на структуру врожаю пшениці озимої (сорт Фаворитка), УкрНДСКР ІЗР НААН, 2014–2018 рр.

Показники	Без обробок	З обробкою*	НІР ₀₅
Урожайність, т/га	3,41	3,79	0,26
Густота стебло-стою, шт./м ²	484	591	13,86
Висота рослини, см	79,4	91,1	3,01
Довжина колоса, см	6,4	7,1	0,39
Кількість зерен у колосі, шт.	23,3	25,6	1,94
Маса однієї рослини, г	3,85	4,08	0,11
Маса колоса, г	1,38	1,55	0,09
Маса зерна з колоса, г	0,72	0,76	0,01
Маса 1000 зерен, г	35,5	38,4	2,11

Примітка: *Передпосівна обробка насіння пшениці ярої: 500 мл/одну гектарну норму (робочого розчину: 10 л/т)

Отримані експериментальні дані свідчать про суттєвий вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* в агробіоценозах кукурудзи протягом вегетації.

Перший період росту та розвитку кукурудзи характеризується тим, що молоді проростки живляться за рахунок пластичних речовин насінини і лише після появи третього-четвертого листка рослина починає засвоювати поживні речовини з ґрунту. Тому створення у цей період сприятливих умов для росту та розвитку рослин із застосуванням тих чи інших технологічних прийомів має важливе значення у формуванні високої врожайності кукурудзи.

Спостерігаючи за ходом вегетації кукурудзи на контрольних ділянках та на варіантах із внесенням бактерій роду *Azotobacter chroococcum*, відзначали певні особливості, починаючи з фази сьомого-восьмого листка (табл. 3). Вони полягають, передусім, у різниці початку фаз вегетації. Так, наступна фаза вегетації у посіві із внесенням препарату розпочинається на одну-дві доби, а молочно-воскова стиглість – на сім-вісім діб раніше, ніж у контролі. Така тенденція простежується в усіх фазах вегетації.

3. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на строки проходження фенологічних фаз рослин кукурудзи (Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР НААН, 2014–2018 рр.

Норма витрати препарату	Фенологічні фази			
	7-8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість	воскова стиглість
Без обробок	11.06	12.07	14.08	12.09
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	10.06	10.06	07.08	10.08

Обробка препаративним розчином із вмістом бактерій роду *Azotobacter chroococcum* впливала також на ріст рослин. Вже у фазі сьомого-восьмого листка різниця між контрольним варіантом та іншими ділянками була досить помітною. З даних табл. 4 видно, що оброблені посіви впродовж вегетації значно збільшують темпи росту порівняно з контролем. Так, різниця у висоті рослин за досягнення фази утворення і наливу зерна становила 20 см.

4. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на динаміку висоти рослин кукурудзи (гібрид Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр., см

Норма витрати препарату	Фенологічні фази		
	7-8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість
Без обробок	47±2,3	180±6,1	202±6,5
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	47±2,2	213±5,2	222±7,8

Дослідження показали залежність наростання площі листової поверхні від внесення бактерій роду *Azotobacter chroococcum* (табл. 5).

5. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на динаміку наростання площі листової поверхні рослин кукурудзи (гібрид Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр.

Норма витрати препарату	Площа листової поверхні, тис. м ² /га					
	фаза 7-8 листків		викидання волоті		молочно-воскова стиглість	
	на 1 рослині	на 1 м ²	на 1 рослині	на 1 м ²	на 1 рослині	на 1 м ²
Без обробок	0,035	0,37	0,53	4,2	0,55	4,5
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	0,043	0,43	0,55	4,8	0,65	5,0

Так, наприклад, у фазі викидання волоті у варіанті з контролем листкова поверхня однієї рослини дорівнювала 0,53 м², а на 1 м² площа листя становила 4,5 м². Внесення препарату обумовлювало збільшення листової поверхні однієї рослини на 0,2 м², а з 1 м² – на 0,6 м².

Спостереження показали, що внесення препарату також впливало на масу рослин (табл. 6). Після його застосування вона збільшується. Спостерігаючи за ростом рослин у всіх варіантах досліджу, бачимо, що маса їх збільшується від фази 7–10 листків до фази молочної стиглості.

6. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на масу однієї рослини кукурудзи (гібрид Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр., г

Норма витрати препарату	Фенологічні фази		
	7-8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість
Без обробок	223±5,9	276±6,99	548±13,1
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	237±6,2	327±8,8	661±15,0

Дослідженнями виявлено, що впродовж вегетації рослини кукурудзи не завжди мали високі темпи наростання вегетативної маси. Також зміна густоти посіву та ширини міжрядь суттєво впливала на перебіг цього процесу. Наростання вегетативної маси рослин кукурудзи наведено у табл. 7. З даних таблиці видно, що від фази сьомого-восьмого листків до молочної стиглості наростання вегетативної маси рослин кукурудзи значно збільшувалося. Маса рослин з 1 м² у фазі сьомого-восьмого листка при внесенні препарату збільшилася порівняно з контролем на 42 г, у фазі викидання волоті – на 237 г, молочно-воскової стиглості – на 256 г.

7. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на динаміку наростання вегетативної маси рослин кукурудзи (гібрид Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр., г

Норма витрати препарату	Фенологічні фази		
	7-8 листків	викидання волоті	молочно-воскова стиглість
Без обробок	488±12,0	2734±98,9	3797±125,5
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	530±13,5	2971±84,5	4053±144,0

Спостереження показали, що внесення бактерій роду *Azotobacter chroococcum* мало значний вплив на розвиток продуктивних органів кукурудзи, зокрема на кількість рослин з качанами та без них, кількість їх на 100 рослин та на загальну. Найбільшу кількість качанів на 100 рослин спостерігали на ділянках із внесенням препарату – 144–150 шт. (табл. 8).

Дворазове внесення бактерій роду *Azotobacter chroococcum* по вегетуючих рослинах мало вплив на довжину і масу качанів. Так, на контрольних ділянках довжина качанів становила в середньому 18,4 см, на дослідних – 20,5, що на 2,1 см більше.

8. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на динаміку розвитку продуктивних органів кукурудзи (гібрид Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр.

Норма витрати препарату	Кількість рослин, %			Кількість качанів	
	без качанів	з одним качаном	з двома качанами	на 100 рослин, шт.	тис./га
Без обробок	1	65	34	132	80,7
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	-	53	47	147	88,5

Відзначено також вплив бактерій на елементи продуктивності кукурудзи (табл. 9). Так, маса одного качану збільшилася на 34 г, або на 17 %, вихід зерна – на 1 %, маса зерен в одному качані – на 25 г, що становило 16 % приросту.

9. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на елементи продуктивності кукурудзи (гібрид Одеський 365М), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр.

Норма витрати препарату на 1 т насіння	Маса 1 качана, г	Вихід зерна, %	Маса зерен в 1 качані, г	Урожайність, т/га
Без обробок	165,2	81,0	133,4	7,6
Обприскування кукурудзи під час вегетації: 1,0 л/га (робочого розчину – 250 л/га)	199,6	82,2	158,4	8,8
НІР _{0,5}	0,13		0,23	0,53

Згідно з отриманими даними, врожайність кукурудзи у контролі становила в середньому 7,58 т/га, тоді як після обробок досліджуванним препаратом – 8,76 т/га, що на 21 % більше; площа фотосинтетично активної листкової поверхні збільшилася на 13,5 %.

Результати проведених досліджень на помідорах свідчать про достовірне збільшення основних морфометричних показників після застосування бактерій роду *Azotobacter chroococcum*. Так, встановлено,

що після дворазового внесення препарату, діючою речовиною якого були бактерії роду *Azotobacter chroococcum*, із поливною водою висота рослин томатів сорту Лагідний становила 76,1 см, що на 21,8 см, або на 28,6 % більше порівняно з контролем (табл. 10). У ході досліджень було відзначено аналогічний вплив бактерій і на розвиток кореневої системи рослин томатів. Так, при поливі робочим розчином довжина коренів збільшилася щодо контролю на 1,5 см, або на 8,3 %.

10. Вплив бактерій роду *Azotobacter chroococcum* на елементи продуктивності томатів (сорт Лагідний), УкрНДСКР ІЗР, 2014–2018 рр.

Показники	Без обробок	З обробкою*	НІР ₀₅
Урожайність, т/га	44,1	54,8	2,33
Вміст сухої речовини (листочкової маси), г/м ² (масове плодоутворення)	404,2	486,6	5,98
Висота рослини, см	54,3	76,1	2,44
Довжина кореня, см	16,6	18,1	0,99
Маса плоду, г	97,1	107,4	2,56
Діаметр плоду, см	5,7	6,6	0,11
Діаметр штамба рослин перед плодоношенням, см	1,7	2,0	0,08
Кількість плодів, шт.	7,1	8,5	0,51
Площа листової поверхні посіву, тис. м ² /га (масове плодоутворення)	28,9	37,8	3,31

Примітка: *Внесення з поливною водою для прикореневого підживлення томатів: 20 мл/10 л води (1 л суспензії для поливу 1 м²)

Визначення вмісту сухої речовини томатів свідчить про позитивну дію препарату. З табл. 11 видно, що цей показник у рослин, оброблених згаданим препаратом, був більшим на 82,4 г/м², або на 16,9 % порівняно з контрольним варіантом.

Аналогічна закономірність простежувалася й при визначенні інших показників. Так, дослідженнями встановлено, що обробка *Azotobacter chroococcum* забезпечувала збільшення площі листової поверхні посіву на 8,86 тис. м²/га, або на 23,4 %, діаметра штамба рослин перед плодоношенням – на 0,3 см, або на 15 %, кількості плодів – на 1,4 шт., або на 16,5 %, діаметра плоду – на 0,9 см, або на 15,6 %.

Результати проведених досліджень свідчать про те, що у рослин, які поливали водою із додаванням досліджуваних бактерій, урожайність збільшилася на 10,7 т/га, або на 19,5 %, маса плоду – на 10,3 г, або на 9,6 % порівняно з контролем.

Таким чином, при вирощуванні томатів доцільним є використання бактерій роду *Azotobacter chroococcum* із поливною водою, оскільки за їх дії поліпшується ріст та розвиток рослин.

Висновки. При застосуванні бактерій роду *Azotobacter chroococcum* для обробки насіння зернових культур (пшениця яра), обприскування сільськогосподарських культур під час вегетації (кукурудза) та внесення з поливною водою для прикореневого підживлення (томати) спостерігали істотне зростання більшості якісних показників рослин та врожаю.

Список використаної літератури

1. Біологічний азот / Пати́ка В. П. та ін. Київ : Світ, 2003. 424 с.
2. Гормоны и гормоноподобные соединения микроорганизмов / Цавкелова Е. А. и др. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2006. № 3. С. 261–268.
3. Кириченко Е. В., Коць С. Я. Использование *Azotobacter chroococcum* для создания комплексных биологических биопрепаратов. *Biotechnologia Acta*. 2011. № 3. С. 74–81.
4. Кириченко Е. В., Титова Л. В., Коць С. Я. Эффективность бактериализации семян пшеницы яровой новым штаммом *Azotobacter chroococcum* T79. *Агр. наука*. 2010. № 1. С. 21–24.
5. Мікробні біотехнології в сільському господарстві / Смірнов В. В. та ін. *Агроекологічний журнал*. 2002. № 3. С. 3–9.
6. Мікробні препарати у землеробстві: теорія і практика / Волкогон В. В. та ін. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
7. Микроорганизмы – продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение / Цавкелова Е. А. и др. *Прикладная биохимия и микробиология*. 2006. № 2. С. 133–143.
8. Моргун В. В., Коць С. Я., Кириченко О. В. Ростстимулирующие ризобактерии и их практическое применение. *Физиология и биохимия*

References

1. Biological nitrogen / Patyka V. P. et al. Kyiv : Svit, 2003. 424 p.
2. Hormones and hormon-like compounds of microorganisms / Tsavkelova E. A. et al. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2006. No 3. P. 261–268.
3. Kyrychenko E. V., Kots S. Ya. The use of *Azotobacter chroococcum* for creation of complex biological preparations. *Biotechnologia Acta*. 2011. No 3. P. 74–81.
4. Kyrychenko E. V., Tytova L. V., Kots S. Ya. Efficiency of spring wheat seeds bacterization by new strain *Azotobacter chroococcum* T79. *Agr. nauka*. 2010. No 1. P. 21–24.
5. Microbial biotechnologies in agriculture / Smirnov V. V. et al. *Agroekolohichniy zhurnal*. 2002. No 3. P. 3–9.
6. Microbial preparations in agronomy: theory and practice / Volkohon V. V. et al. Kyiv : Ahrarna nauka, 2006. 312 p.
7. Microbes – producers of plant growth stimulators and their practical use / Tsavkelova E. A. et al. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2006. No 2. P. 133–143.
8. Morgun V. V., Kots S. Ya., Kyrychenko O. V. Growth promoting rhizobacteria and their use in practice. *Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rastenii*. 2009. No 3. P. 187–207.

культурных растений. 2009. № 3. С. 187–207.

9. Патица В. П. Стан і перспективи досліджень мікробної азотфіксації. *Онтогенез рослин, біологічна фіксація молекулярного азоту та азотний метаболізм*. Тернопіль, 2001. С. 111–115.

10. Тихонович И. А., Круглов Ю. В. Биопрепараты в сельском хозяйстве (методология и практика использования микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). Москва : Россельхозакадемия, 2005. 154 с.

11. Умаров М. М. Азотфиксация в биосфере и биотехнологический потенциал diazotрофов. *Бiol. Моск о-ва испыт. природы, отд. биол.* 2007. 112. Прил. 1. С. 150–155.

12. Черемисов Б. М. О быстром переходе мирового земледелия на биологическую фиксацию азота атмосферы (концепция БАРС). *Вест. Рос. акад. с.-х. наук*. 2006. № 2. С. 39–41.

13. Altaf M. M., Ahmad I. In vitro and in vivo biofilm formation by *Azotobacter* isolates and its relevance to rhizosphere colonization. *Rhizosphere*. 2017. Vol. 3. P. 138–142.

14. Bacterial-mediated tolerance and resistance to plants under abiotic and biotic stresses / Choudhary D. K. et al. *J. Plant Growth Regul.* 2016. Vol. 35. P. 276–300.

15. Bhattacharyya P. N., Jha D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2012. Vol. 28. P. 1327–1350.

16. Cabello R., Gamarra M., García D. *Ventocilla Azospirillum sp., Azotobacter sp. y Pseudomonas sp.* promotoras del crecimiento vegetal de cultivos de *Solanum tuberosum* y *Zea mays*. *Sagasteguiana*. 2018. Vol. 2. P. 145–156.

17. Compant S., Clément C., Sessitsch A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Sol. Biol. Biochem.* 2010. Vol. 42. P. 669–678.

18. Crochelins: siderophores with an unprecedented iron-chelating moiety from the nitrogen-fixing bacterium *Azotobacter*

9. Patyka V. P. The state and perspectives for microbial nitrogen fixation research. *Ontohenez roslын, biolohichna fiksatsiya molekuliarnoho azotu ta azotnyi metabolizm*. Ternopil, 2001. P. 111–115.

10. Tikhonovich I. A., Kruglov Yu. V. Biological preparations in agriculture (methodology and practice of microorganisms usage in horticulture and feed production). Moscow : Rosselkhozakademiyа, 2005. 154 p.

11. Umarov M. M. Nitrogen fixation in biosphere and biotechnological potential of diazotrophs. *Byul. Mosk. o-va ispyt. prirody, otd. biol.* 2007. 112. Add. 1. P. 150–155.

12. Cheremisov B. M. About fast transfer to biological fixation of atmosphere nitrogen (concept BARS). *Vest. Ros. Akad. s.-kh. nauk*. 2006. No 2. P. 39–41.

13. Altaf M. M., Ahmad I. In vitro and in vivo biofilm formation by *Azotobacter* isolates and its relevance to rhizosphere colonization. *Rhizosphere*. 2017. Vol. 3. P. 138–142.

14. Bacterial-mediated tolerance and resistance to plants under abiotic and biotic stresses / Choudhary D. K. et al. *J. Plant Growth Regul.* 2016. Vol. 35. P. 276–300.

15. Bhattacharyya P. N., Jha D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2012. Vol. 28. P. 1327–1350.

16. Cabello R., Gamarra M., García D. *Ventocilla Azospirillum sp., Azotobacter sp. y Pseudomonas sp.* promotoras del crecimiento vegetal de cultivos de *Solanum tuberosum* y *Zea mays*. *Sagasteguiana*. 2018. Vol. 2. P. 145–156.

17. Compant S., Clément C., Sessitsch A. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo and endosphere of plants: their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. *Sol. Biol. Biochem.* 2010. Vol. 42. P. 669–678.

18. Crochelins: siderophores with an unprecedented iron-chelating moiety from the nitrogen-fixing bacterium *Azotobacter chroococcum* / Baars O. et al. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 2018. Vol. 57. P. 536–541.

19. Effects of model root exudates on structure and activity of a soil diazotroph

- chroococcum* / Baars O. et al. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 2018. Vol. 57. P. 536–541.
19. Effects of model root exudates on structure and activity of a soil diazotroph community / Burgmann H. et al. *Environ. Microbiol.* 2005. N 11. P. 1711–1724.
20. Estiyar H. K., Khoei F. R., Behrouzgar E. K. The effect of nitrogen biofertilizer on yield and yield components of white bean (*Phaseolus vulgaris* cv. Dorsa). *Int. J. Biosci.* 2014. No 4 (11). P. 217–222.
21. Growth response of *Amaranthus gangeticus* to *Azotobacter chroococcum* isolated from different agroclimatic zones of Karnataka / Sandeep C. et al. *J. Phytology.* 2011. No 3 (7). P. 29–34.
22. Hakeem K. R., Akhtar M. S., Abdullah S. N. A. Plant, soil and microbes. *Implications in Crop Science Springer International Publishing AG.* 2016. Vol. 1. P. 366–378.
23. Milosevic N., Tintor B., Protic B. C. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. *Rom. Biotechnol. Lett.* 2012. Vol. 17 (3). P. 7352–7357.
24. Moreno-Galván A., Rojas-Tapias D., Bonilla R. Sequential statistical design application in identification of *Azotobacter chroococcum* AC1 nutritional sources. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 2011. Vol. 11. P. 151–158.
25. Natural biopolymer for preservation of microorganisms during sampling and storage / Sorokulova I. et al. *Journal of Microbiological Methods.* 2012. Vol. 88. P. 140–146.
26. Salanlur A., Ozturk A., Akten S. Growth and yield response of spring wheat to inoculation with rhizobacteria. *Plant, Soil and Environment.* 2006. Vol. 52, N 3. P. 111–118.
27. Soleimanzadeh H., Gooshchi F. Effects of *Azotobacter* and nitrogen chemical fertilizer on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Appl. Sci. J.* 2013. Vol. 21 (8). P. 1176–1180.
28. The effect of deficit irrigation and *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components community / Burgmann H. et al. *Environ. Microbiol.* 2005. N 11. P. 1711–1724.
20. Estiyar H. K., Khoei F. R., Behrouzgar E. K. The effect of nitrogen biofertilizer on yield and yield components of white bean (*Phaseolus vulgaris* cv. Dorsa). *Int. J. Biosci.* 2014. No 4 (11). P. 217–222.
21. Growth response of *Amaranthus gangeticus* to *Azotobacter chroococcum* isolated from different agroclimatic zones of Karnataka / Sandeep C. et al. *J. Phytology.* 2011. No 3 (7). P. 29–34.
22. Hakeem K. R., Akhtar M. S., Abdullah S. N. A. Plant, soil and microbes. *Implications in Crop Science Springer International Publishing AG.* 2016. Vol. 1. P. 366–378.
23. Milosevic N., Tintor B., Protic B. C. Effect of inoculation with *Azotobacter chroococcum* on wheat yield and seed quality. *Rom. Biotechnol. Lett.* 2012. Vol. 17 (3). P. 7352–7357.
24. Moreno-Galván A., Rojas-Tapias D., Bonilla R. Sequential statistical design application in identification of *Azotobacter chroococcum* AC1 nutritional sources. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 2011. Vol. 11. P. 151–158.
25. Natural biopolymer for preservation of microorganisms during sampling and storage / Sorokulova I. et al. *Journal of Microbiological Methods.* 2012. Vol. 88. P. 140–146.
26. Salanlur A., Ozturk A., Akten S. Growth and yield response of spring wheat to inoculation with rhizobacteria. *Plant, Soil and Environment.* 2006. Vol. 52, N 3. P. 111–118.
27. Soleimanzadeh H., Gooshchi F. Effects of *Azotobacter* and nitrogen chemical fertilizer on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Appl. Sci. J.* 2013. Vol. 21 (8). P. 1176–1180.
28. The effect of deficit irrigation and *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* on grain yield, yield components

of maize (SC 704) as a second cropping in western Iran / Naseri N. et al. *Bull. Environ. Pharmacol. Life Sci.* 2013. Vol. 2. P. 104–112.

29. Wani S. A. Effect of balanced NPKS, biofertilizer (*Azotobacter*) and vermicompost on the yield and quality of brown sarson (*Brassica rapa L.*) : M. Sc. thesis / Sher-e-Kashmir University of Agriculture Sciences and Technology. Kashmir, Srinagar, 2012. P. 28–31.

30. Wani S. A., Chand S., Ali T. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: an overview. *Curr. Agric. Res. J.* 2013. Vol. 1. P. 35–38.

29. Wani S. A. Effect of balanced NPKS, biofertilizer (*Azotobacter*) and vermicompost on the yield and quality of brown sarson (*Brassica rapa L.*) : M. Sc. thesis / Sher-e-Kashmir University of Agriculture Sciences and Technology. Kashmir, Srinagar, 2012. P. 28–31.

30. Wani S. A., Chand S., Ali T. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: an overview. *Curr. Agric. Res. J.* 2013. Vol. 1. P. 35–38.

Отримано 03.06.2020