

УДК 633.15:581.43/631.461.73

РОЗВИТОК КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ РОСЛИН КУКУРУДЗИ ЗА ВПЛИВУ МІКРОБНОГО ПРЕПАРАТУ ПОЛІМІКСОБАКТЕРИНУ

Л. А. Шевченко

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН
вул. Шевченка, 97; м. Чернігів, 14027, Україна; e-mail: shevchenkolyubov@ukr.net

*В умовах вегетаційного дослідження вивчено особливості розвитку кореневої системи рослин кукурудзи гібриду Дніпровський 181 СВ за впливу мікробного препарату Поліміксобактерину, біологічний агент якого — *Raenibacillus polytuxa* KB є активним продуцентом фізіологічно активних речовин. Встановлено, що використання Поліміксобактерину для передпосівної бактеризації насіння і поверхневої обробки вегетуючих рослин у фазах 3–5 або 7–9 листків впливає на збільшення розміру кореневої системи та її адсорбційної поверхні. Показано, що *R. polytuxa* KB є продуцентом речовин ауксинової природи, що значною мірою пояснює здатність мікробного препарату позитивно впливати на процеси росту та розвитку кореневої системи рослин.*

Ключові слова: коренева система, кукурудза, мікробний препарат Поліміксобактерин, фізіологічно активні речовини, *Raenibacillus polytuxa* KB.

Значення коренів у життєдіяльності рослин є надзвичайно важливим. Насамперед корінь закріплює рослину в ґрунті. У цитоплазмі клітин кореня активно проходять синтетичні процеси, у т. ч. первинний синтез амінокислот і амідів. Велике практичне значення має здатність коренів багатьох видів рослин синтезувати алкалоїди, виділяти значну кількість різних органічних речовин, за рахунок чого рослина впливає на корегування складу угруповань мікроорганізмів і функціонування ґрунтової мікробіоти. Важливою функцією коренів рослин є поглинання і транспорт води та елементів мінерального живлення з ґрунту [1].

Формування потужної мичкуватої кореневої системи рослин кукурудзи є одним із найважливіших факторів, який забезпечує ріст і розвиток надземних органів і загальну продуктивність рослин [2]. Тому всі агротехнологічні прийоми вирощування даної культури мають бути спрямовані на створення оптимальних умов для росту і розвитку кореневої системи рослин, особливо на ранніх етапах органогенезу. Зазначається [3], що за використання мікробних препаратів для передпосівної бактеризації

насіння сільськогосподарських культур відбувається розростання кореневої системи, збільшується загальна площа її адсорбційної поверхні та зростає активність поглинання на одиницю площі. Ефективним з цього погляду може бути використання в технології вирощування кукурудзи біопрепаратів на основі фосфатмобілізуювальних мікроорганізмів, оскільки відома визначальна роль фосфорного живлення рослин у формуванні і функціонуванні кореневої системи [4–6]. Здатність біологічних агентів цих мікробних препаратів продукувати фітогормональні речовини може бути також вагомим чинником впливу на розвиток коріння, оскільки літературні джерела свідчать про значний вплив фітогормонів на процеси ризогенезу [7; 8].

У зв'язку з цим метою нашої роботи було вивчення розвитку кореневої системи рослин кукурудзи за впливу Поліміксобактерину – мікробного препарату на основі фосфатмобілізуювальної бактерії *Raenibacillus polytuxa* KB, здатної також продукувати значні кількості фітогормонів. При цьому важливим було визначити вплив біопрепарату за різних способів його застосування.

Матеріали і методи. Дослідження проводили в умовах вегетаційного досліду на чорноземі вилуженому, який містить 2,12 % гумусу, 95,2 мг/кг азоту легкогідролізованого, 226 мг/кг фосфору, 108 мг/кг обмінного калію, $pH_{\text{сол.}}$ 5,30. Вологість ґрунту підтримували на рівні 60 % від повної вологоємності. Рослини вирощували у вегетаційному будиночку за природного освітлення і температури; тривалість експерименту становила 60 діб. Рослини кукурудзи (гібрид Дніпровський 181 СВ) вирощували у посудинах об'ємом 5 л, повторність шестикратна.

Схема досліду включала такі варіанти:

1. Контроль — без бактеризації;
2. Поліміксобактерин (передпосівна бактеризація насіння);
3. Обробка Поліміксобактерином вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків;
4. Передпосівна бактеризація + обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 3–5 листків;
5. Обробка Поліміксобактерином вегетуючих рослин у фазі 7–9 листків;
6. Передпосівна бактеризація + обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7–9 листків.

Бактеризацію проводили шляхом обробки насіння кукурудзи суспензією *P. polytuxa* KB з розрахунку 0,5 млн. клітин на насінину. Поверхневу обробку вегетуючих рослин суспензією препарату проводили вручну за використання пульверизатора. Витрати Поліміксобактерину при цьому розраховували, виходячи з рекомендованої для виробництва норми 500 мл/га за титру клітин бактерій 5 млрд./мл.

Для визначення індукції ризогенезу насіння квасолі сорту Мавка пророщували у кюветах на зволоженому фільтрувальному папері в термостаті за температури +24 °C до появи сходів. Протягом 7 днів проростки квасолі витримували на денному світлі до появи 2-х справжніх листочків. Живці, довжина яких становила 13-14 см, витримували протягом 24 годин у різних розведеннях культуральної рідини *Paenibacillus polytuxa* KB, а також розчину (10^{-5} моль) β -індолілоцтової кислоти (позитивний контроль), потім промивали і переносили в склянки з водогінною водою та на 15-ту добу визначали кількість, довжину і масу утворених корінців [8].

Масу коренів рослин кукурудзи, вирощених у вегетаційному досліді, визначали ваговим методом після відмивання у водогінній воді і висушування при 105 °C у сушильній шафі.

Загальну і робочу адсорбційні поверхні кореневої системи рослин кукурудзи визначали за методом Д. А. Сабініна та І. І. Колосова [9].

Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали за використання стандартних комп'ютерних програм Statistica 6.0, Microsoft Office Excel 2003–2007.

Результати та обговорення. Дослідженнями С. С. Медведєва встановлено [10], що найбільше значення в регулюванні процесів росту і розвитку коренів рослин мають ауксини (зокрема, індоліл-3-оцтова кислота), впливаючи на поділ клітин перициклу, з яких закладаються бокові корені. У рослинництві даний ефект ауксину часто використовують для укорінення живців. Нами експериментально встановлено, що бактерії *P. polytuxa* KB мають високу рістстимуляторну активність – забезпечують збільшення середньої довжини коренів живців, їх маси та кількості. При витримуванні живців квасолі у нерозведений культуральній рідині бактерій та при її розведенні водогінною водою у співвідношенні 1 : 10 спостерігали пригнічення процесу коренеутворення, що свідчить про високу концентрацію вмісту ауксину, яка має інгібуючу дію на ризогенез живців (рис. 1). Розведення культуральної рідини 1 : 50 сприяло збільшенню загальної кількості корінців від 14,7 од./рослину у контролі до 17,7 од./рослину у дослідному варіанті, але маса і довжина корінців були меншими відносно контролю (табл. 1). Найбільшу стимулювальну дію культуральної рідини досліджуваних бактерій спостерігали за її розведення 1 : 100 — загальна кількість коренів та їх маса зростали в два рази порівняно з контролем (від 14,7 од./рослину до 29,8 од./рослину або від 0,309 г / 5 рослин до 0,602 г / 5 рослин відповідно). У порівнянні з варіантом обробки розчином β -індолілоцтової кислоти (ІОК) середня кількість коренів у зазначеному вище варіанті зростала від 21,8 од./рослину до 29,8 од./рослину або на 36,7 %, при цьому маса коренів збільшувалася від 0,465 г / 5 рослин до 0,602 г / 5 рослин або на 29,5 %.



Контроль (вода)



ІОК 10^{-5} моль



P. polytuxa KB (1 : 10)



P. polytuxa KB (1 : 50)



P. polytuxa KB (1 : 100)



P. polytuxa KB (1 : 200)



P. polytuxa KB (1 : 500)



P. polytuxa KB (1 : 1000)

Рис. 1. Ризогенез живців квасолі сорту Мавка за впливу *P. polytuxa* KB.

Таблиця 1. Вплив *P. polytuxa* КВ на ризогенез живців квасолі сорту Мавка

Варіанти дослідів	Розведення	Кількість коренів, од./рослину	Маса коренів, г / 5 рослин	Довжина кореня, см
Контроль	–	14,7 ± 0,5	0,309 ± 0,012	3,23 ± 0,05
ІОК (10 ⁻⁵ моля)	–	21,8 ± 0,8	0,465 ± 0,015	3,38 ± 0,06
<i>P. polytuxa</i> КВ	нерозведена культуральна рідина	0,0 ± 0,0	0,000 ± 0,000	0,00 ± 0,00
	1 : 10	12,1 ± 0,7	0,299 ± 0,008	3,01 ± 0,09
	1 : 50	17,7 ± 0,8	0,363 ± 0,009	2,82 ± 0,03
	1 : 100	29,8 ± 0,5	0,602 ± 0,013	3,58 ± 0,05
	1 : 200	21,4 ± 0,8	0,513 ± 0,009	4,42 ± 0,06
	1 : 500	19,4 ± 0,7	0,538 ± 0,005	3,29 ± 0,03
	1 : 1000	16,6 ± 0,7	0,328 ± 0,009	3,12 ± 0,07

Обробка рослин культуральною рідиною у розведенні 1 : 200 також сприяла значному приросту кількості утворених коренів — 21,4 од./рослину при показниках контролю 14,7 од./рослину. Середня маса їх при цьому зростала на 66,0 % порівняно з контролем (від 0,309 г / 5 рослин до 0,513 г / 5 рослин) і була майже на рівні показників, отриманих за дії розчину ІОК. Середня довжина корінців при даному розведенні була найвищою серед усіх досліджених розведень і становила 4,42 см (у контролі — 3,23 см). Зі збільшенням ступеня розведення культуральної рідини бактерій до 1 : 500 та 1 : 1000 стимуляція ризогенезу дещо знижувалась, але показники кількості утворених коренів, їхньої маси та довжини були вищими, ніж у контрольному варіанті (з обробкою живців квасолі водою).

Отже, результати біотестів з використанням живців квасолі свідчать про високу фізіологічну активність бактерій *P. polytuxa* КВ — біоагенту Поліміксобактерину, що проявляється в індукції ризогенезу ізольованих живців квасолі.

Найважливішими характеристиками стану кореневої системи є маса і площа поглинальної поверхні. За добре розвиненої кореневої системи рослини ефективно використовують вологу і поживні речовини з ґрунту. Дослідженнями Н. І. Якушкіної [11] виявлено, що ріст коренів визначається інтенсивністю поділу і розтягненням клітин. Основною зоною поглинання поживних речовин при цьому є зона розтягнення клітин та корене-

вих волосків, які збільшують поверхню кореня в сотні разів, оскільки на 1 мм² поверхні кореня розвивається від 200 до 400 кореневих волосків.

В умовах вегетаційного дослідів встановлено, що бактеризація насіння та обробка вегетуючих рослин кукурудзи суспензією Поліміксобактерину сприяє кращому розвитку кореневої системи, що впливає на активацію адсорбційної здатності коренів до поглинання поживних речовин з ґрунту (рис. 2).

Відомо, що загальна адсорбційна поверхня коренів складається із активної робочої (поглинальної) і неактивної поверхонь. Активною робочою поверхнею кореневої системи є та, що адсорбує речовини з навколишнього середовища, а потім десорбує їх усередину клітин кореня [12]. Аналіз експериментальних даних свідчить, що маса кореневої системи збільшувалася від 2,20 г/рослину (у контролі) до 2,58 г/рослину у варіанті бактеризація + поверхнева обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 3–5 листків (табл. 2).

Визначення площі адсорбційної поверхні кореневої системи показує, що найбільший показник відношення активної адсорбційної поверхні кореня до загальної отримано також у варіанті з бактеризацією насіння та обробки вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків. Так, загальна площа адсорбційної поверхні кореневої системи становила 1,43 м²/рослину, активна — 0,75 м²/рослину, при показниках контролю — 0,97 м²/рослину та 0,20 м²/рослину, відповідно. Варто зазна-



Контроль



Поліміксобактерин
(передпосівна бактеризація
насіння)



Обробка Поліміксобактерином вегетуючих рослин
у фазі 3–5 листків



Передпосівна бактеризація
насіння + обробка Поліміксобактерином вегетуючих
рослин у фазі 3–5 листків



Обробка Поліміксобактерином вегетуючих рослин
у фазі 7–9 листків



Передпосівна бактеризація
насіння + обробка Поліміксобактерином вегетуючих
рослин у фазі 7–9 листків

Рис. 2. Розвиток кореневої системи рослин кукурудзи за впливу Поліміксобактерину.

чити, бактеризація насіння та обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7–9 листків також сприяла значному зростанню активної адсорбційної поверхні коренів — $0,54 \text{ м}^2/\text{рослину}$, при цьому відношення активної адсорбційної поверхні до загальної було на рівні $0,41$ при даному показнику у контрольному варіанті — $0,21$.

Отже, застосування Поліміксобактерину шляхом передпосівної бактеризації насіння

кукурудзи і обробки вегетуючих рослин у фазі 3–5 листків та 7–9 листків позитивно впливає на розвиток кореневої системи, сприяє збільшенню маси коріння. При цьому зростає площа адсорбційної поверхні коренів, що ми пояснюємо позитивною дією фізіологічно активних речовин — продуктів метаболізму фосфатмобілізувальної бактерії *P. polymyxa* KB та її здатністю переводити у розчинний стан сполуки фосфору в ґрунті.

Таблиця 2. Розвиток кореневої системи рослин кукурудзи за впливу бактеризації та обробки вегетуючих рослин Поліміксобактерином

Варіанти досліджу	Маса коренів, г/рослину	Площа адсорбційної поверхні коренів, м ² /рослину		
		загальна	активна	активна/загальна
Контроль – без передпосівної бактеризації та обробки вегетуючих рослин	2,20 ± 0,03	0,97 ± 0,05	0,20 ± 0,05	0,21
Поліміксобактерин (передпосівна бактеризація насіння)	2,43 ± 0,04	1,29 ± 0,02	0,45 ± 0,06	0,35
Обробка Поліміксобактерином вегетуючих рослин у фазі 3-5 листків	2,44 ± 0,03	0,93 ± 0,08	0,30 ± 0,03	0,32
Передпосівна бактеризація + обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 3-5 листків	2,58 ± 0,09	1,43 ± 0,02	0,75 ± 0,01	0,52
Обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7-9 листків	2,36 ± 0,04	1,14 ± 0,07	0,38 ± 0,01	0,33
Передпосівна бактеризація + обробка вегетуючих рослин Поліміксобактерином у фазі 7-9 листків	2,55 ± 0,03	1,31 ± 0,01	0,54 ± 0,01	0,41

1. Фізіологія рослин / за редакцією М. М. Макрушина. — Вінниця : Нова Книга, 2006. — 416 с.

2. Физиология сельскохозяйственных растений / отв. ред. Б. А. Рубин. — Том V (Физиология кукурузы и риса). — М. : Издательство Московского университета, 1969. — 416 с.

3. Волкогон В. В. Мікробні препарати як фактор підвищення засвоюваності рослинами мінеральних добрив / В. В. Волкогон // Сільськогосподарська мікробіологія : міжвід. темат. наук. збірн. — Чернігів : ІСГМ УААН, 2006. — Вип. 4. — С. 21–30.

4. Ткаліч Ю. І. Результати дослідження корневих систем пшениці озимої, кукурудзи, сояшнику і гречки в степу України / Ю. І. Ткаліч, І. Д. Ткаліч // Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони НААН. — 2015. — № 8. — С. 56–65.

5. Boone F. R. The influence of mechanical resistance and phosphate supply on morphology and function of maize roots / F. R. Boone, B. W. Veen // Neth. J. Agric. Sci. — 1982. — № 30. — P. 179–192.

6. Якунін О. П. Коренева система та продуктивність гібридів кукурудзи різних груп стигло-

сті / О. П. Якунін, Ю. І. Ткаліч // Бюлетень Інституту зернового господарства УААН. — 1999. — № 9. — С. 11–14.

7. Мартин Г. І. Реакція клітин кореневої меристеми на дію екзогенної індолілоцтової кислоти / Г. І. Мартин, В. М. Генералова // Фізіологія рослин України на межі тисячоліть. — К. : Фітосоціоцентр, 2001. — Т. 1. — С. 342–344.

8. Турецкая Р. Х. Физиология корнеобразования у черенков и стимуляторы роста / Р. Х. Турецкая. — М. : Наука, 1961. — 278 с.

9. Агрохімічний аналіз : підручник / [М. М. Городній, А. П. Лісовал, А. В. Бикін та ін.]; за ред. М. М. Городнього. — К. : Арістей, 2005. — 476 с.

10. Медведев С. С. Физиология растений / С. С. Медведев. — СПб. : Издательство Санкт-Петербургского университета, 2012. — 512 с.

11. Якушкина Н. И. Физиология растений / Н. И. Якушкина. — М. : Владос, 2004. — 464 с.

12. Фізіологія рослин : практикум / [О. В. Войцехівська, А. В. Капустян, О. І. Косик та ін.]; за заг. ред. Т. В. Паршикової. — Луцьк : Терен, 2010. — 420 с.

РАЗВИТИЕ КОРНЕВОЙ СИСТЕМЫ РАСТЕНИЙ КУКУРУЗЫ ПРИ ВЛИЯНИИ МИКРОБНОГО ПРЕПАРАТА ПОЛИМИКСОБАКТЕРИНА

Л. А. Шевченко

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН, г. Чернигов

В условиях вегетационного опыта исследовано особенности развития корневой системы растений кукурузы гибрида Днепровский 181 СВ под влиянием микробного препарата Полимиксобактерина, биологический агент которого Paenibacillus polymyxa KB является активным продуцентом физиологически активных веществ. Установлено, что использование Полимиксобактерина для предпосевной бактеризации семян и поверхностной обработки вегетирующих растений в фазу 3–5 или 7–9 листьев влияет на увеличение размера корневой системы и ее адсорбирующей поверхности. Показано, что P. polymyxa KB является продуцентом веществ ауксиновой природы, что значительно объясняет способность микробного препарата положительно влиять на процессы роста и развития корневой системы растений.

Ключевые слова: корневая система, кукуруза, микробный препарат Полимиксобактерин, физиологически активные вещества, Paenibacillus polymyxa KB.

DEVELOPMENT OF CORN ROOT SYSTEM UNDER THE INFLUENCE OF MICROBIAL PREPARATION POLIMIKSOBakterYN

L. A. Shevchenko

Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, NAAS, Chernihiv

Features of development of corn root system of hybrid Dniprovskiyi 181 CB under the influence of the microbial preparation Polimiksobakteryn (biological agent of which Paenibacillus polymyxa KB is an active producer of physiologically active substances) were investigated in a vegetation experiment. It has been established that the use of Polimiksobakteryn for pre-sowing bacterization of seeds and surface treatment of the vegetative plants in a phase of 3–5 or 7–9 leaflets induces increase in the size of the root system and its adsorption surface. It was shown that the bacteria Paenibacillus polymyxa KB is a producer of phytohormone substances of auxin nature, which explains the ability of the microbial preparation Polimiksobakteryn to positively influence the processes of growth and development of the root system.

Key words: root system, corn, microbial preparation, Polimiksobakteryn, physiologically active substances, Paenibacillus polymyxa KB.

Отримано 09.10.2017