

ISSN 2226-0099

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Сільськогосподарські науки

Випуск 117



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 8 від 25.02.2021 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Сільськогосподарські науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 117. 336 с.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України від 14.05.2020 № 627 (додаток 2) журнал внесений до Переліку фахових видань України (категорія «Б») у галузі сільськогосподарських наук (101 – Екологія, 201 – Агрономія, 202 – Захист і карантин рослин, 204 – Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва, 207 – Водні біоресурси та аквакультура).

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23212-13052ПР від 22.03.2018 року.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення
StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

Редакційна колегія:

Аверчев Олександр Володимирович – проректор з наукової роботи та міжнародної діяльності Херсонського державного аграрно-економічного університету, д.с.-г.н., професор – головний редактор

Ушкаренко Віктор Олександрович – завідувач кафедри землеробства Херсонського державного аграрно-економічного університету, д.с.-г.н., професор, академік НААН

Вожегова Раїса Анатоліївна – директор Інституту зрошуваного землеробства НААН України (м. Херсон), д.с.-г.н., професор, член-кор. НААН, заслужений діяч науки і техніки України

Шахман Ірина Олександрівна – доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.географ.н., доцент

Домарацький Євгеній Олександрович – доцент кафедри рослинництва, генетики, селекції та насінництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, д.с.-г.н., доцент

Лавренко Сергій Олегович – доцент кафедри землеробства Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.с.-г.н., доцент

Лавриненко Юрій Олександрович – заступник директора з наукової роботи Інституту зрошуваного землеробства НААН України (м. Херсон), д.с.-г.н., професор, чл.-кор. НААН

Коковихін Сергій Васильович – заступник директора Інституту зрошуваного землеробства НААН України, д.с.-г.н., професор

Србіслав Денчіч – член-кор. Академії наук і мистецтв та Академії технічних наук Сербії, д.ген.н., професор (Сербія)

Осадовский Збигнев – ректор Поморської Академії, д.біол.н., професор (Слупськ, Республіка Польща)

5. Тимошенко Г.З., Коваленко А.М., Новожижній М.В., Шепель А.В. Вплив щільності складення ґрунту на урожайність сільськогосподарських культур за різних систем обробітку ґрунту у короткоротаційних сівозмінах. *Зрошуване землеробство*. 2016. Вип. 66. С. 82–85.

6. Дридігер В.К., Стукалов Р.С., Матвеев А.Г. Влияние типа почвы и её плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края. *Земледелие*. 2017. № 2. С. 19–22.

7. Ременюк Ю.О. Вплив тривалого обробітку ґрунту на родючість чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 11. С. 14–17.

8. Наукові дослідження в агрономії : навчальний посібник / В.О. Ушкаренко та ін. Херсон : Грінь Д.С., 2016. 316 с.

УДК 631.81.095.337:633.15

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.117.6>

ВПЛИВ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ НА ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП СТИГЛОСТІ

Гангур В.В. – д.с.-г.н., с.н.с., завідувач кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет

Єремко Л.С. – к.с.-г.н., с.н.с., доцент кафедри рослинництва,
Полтавський державний аграрний університет

Руденко В.В. – здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії факультету
агротехнологій та екології,
Полтавський державний аграрний університет

У статті наведено результати дослідження щодо формування зернової продуктивності середньораннього та середньостиглого гібридів кукурудзи залежно від комплексного впливу мікробіологічних препаратів і мікродобрив за оброблення насіння й позакореневого підживлення в умовах нестійкого зволоження Лівобережного Лісостепу України.

Встановлено, що індивідуальна продуктивність рослин гібридів кукурудзи Оржися 237 МВ і Солонянський 298 СВ була найвищою за комплексного застосування мікробіологічного препарату «Екофосфорин» і мікродобрива «Оракул насіння» за допосівної обробки насіння і поєднання їх із позакореним підживленням рослин мікродобривом «Мікро-Мінераліс (кукурудза)» у фазі 7 листків. На цьому варіанті порівняно із контролем і застосуванням лише мікробіологічних препаратів довжина качана гібридів кукурудзи Оржися 237 МВ і Солонянський 298 СВ була більшою на 8,8–21,5 і 4,5–10,7%, діаметр качана – на 2,5–6,7 і 3,8–6,4%, а маса 1000 зерен – на 4,4–9,7 і 3,6–9,2%.

У середньому за роки досліджень (2019–2020 рр.) у разі застосування для допосівної обробки насіння мікробіологічного препарату на основі азотфіксуючих і фосформобілізуючих мікроорганізмів («Екофосфорин») приріст урожайності зерна становив для середньораннього і середньостиглого гібридів 0,11 і 0,08 т/га відповідно.

За поєднання мікробіологічного препарату «Екофосфорин» із мікродобривом «Оракул насіння» загальний рівень зернової продуктивності посівів середньораннього гібриду Оржися 237 МВ збільшувався на 0,25 т/га, а середньостиглого гібриду Солонянський 298 СВ – на 0,36 т/га щодо контролю. Максимальною була урожайність зерна (Оржися 237 МВ – 7,11 т/га, Солонянський 298 СВ – 7,75 т/га) за поєднання допосівної обробки насіння комплексом мікробіологічного препарату «Екофосфорин» і мікродобрива

«Оракул насіння» та позакореневого підживленням рослин мікродобривом «Мікро-Мінераліс (кукурудза)».

Ключові слова: кукурудза (*Zea mays L.*), гібриди, мікробіологічні препарати, мікродобрива, оброблення насіння, позакоренево підживлення, урожайність.

Gangur V.V., Yeremko L.S., Rudenko V.V. The impact of cultivation technology elements on productivity formation in maize hybrids of different maturity groups

The article presents the results of research on grain productivity formation in medium-early ripening and medium-ripening maize hybrids depending on the complex effect of microbiological preparations and micronutrients fertilizers for seed treatment and foliar application in unstable moisture conditions of the Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine.

It is established that plant productivity of maize hybrids Orzhitsa 237 MV and Solonyansky 298 SV was highest in the variants of complex application of microbiological preparation "Ekofosforyn" and microfertilizer "Oracle seeds" for pre-sowing treatment of seeds and combining it with foliar application on aboveground plant parts with microfertilizer "Micro-Mineralis (corn)" during the appearance of 7 leaves on corn plants. In this variant, the cob length of maize hybrids Orzhitsa 237 MV and Solonyansky 298 SV was greater by 8,8–21,5% and 4,5–10,7%, cob diameter by 2,5–6,7 and 3,8–6,4%, weight of 1000 seeds by 4,4–9,7 and 3,6–9,2% respectively, compared with control variant and variants with using only microbiological preparation.

On average over the years of research (2019–2020), the increase in grain yield of medium-early ripening and medium-ripening maize hybrids was 0,11 and 0,08 t per ha in variants with pre-sowing seed treatment with the microbiological preparation based on nitrogen-fixing and phosphorus-mobilizing microorganisms (Ecophosphorin).

The grain yield was maximum (in maize hybrids Orzhitsa 237 MV – 7,11 t per ha, Solonyansky 298 SV 7,75 t per ha) in the variants of complex application of microbiological preparation "Ekofosforyn" and fertilizer "Oracle seeds" under pre-sowing treatment of seeds and combining it with foliar application on aboveground plant parts with micronutrients fertilizer "Micro-Mineralis (corn)" during the appearance of 7 leaves on corn plants.

Key words: maize (*Zea mays L.*), hybrids, microbiological preparations, microfertilizers, seed treatment, foliar application, yield.

Постановка проблеми. Основа для стабілізації виробництва зернової продукції є підвищення рівня продуктивності сільськогосподарських культур, серед яких лідером у світовому виробництві є кукурудза. Її вирощують на площі близько 160 млн га, що становить майже 36% від загальних обсягів світового виробництва зерна.

Кукурудза є універсальною культурою різнобічного використання. Із зерна цієї культури виготовляється близько 3500 видів продукції, серед якої важливе продовольче значення мають борошно, крупи, харчовий крохмаль, рослинна олія, етиловий спирт, гліцерин, органічні кислоти, консерви. Силос виготовлений із кукурудзи, зібраної у фазі молочно-воскової стиглості зерна, є важливим компонентом раціонів у годівлі великої рогатої худоби [1, с. 1].

Важливе значення у підвищенні валових зборів зерна цієї культури має добір гібридів із високим рівнем адаптаційної здатності щодо дії абіотичних і біотичних стрес-факторів та оптимізація умов росту і розвитку рослин протягом вегетаційного періоду за рахунок розробки, удосконалення агротехнології щодо конкретної агрокліматичної зони вирощування [2, с. 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Адаптаційна здатність гібридів щодо дії факторів навколишнього середовища визначається модифікаційною та генотиповою мінливістю, в основі яких знаходяться зміни фізіолого-біохімічних процесів і анатомо-морфологічних ознак рослин під час онтогенезу. Їхня екологічна пластичність є характеристикою ефективного використання наявних ресурсів зони вирощування у процесі максимальної реалізації генетично зумовленого потенціалу продуктивності та формування стабільно високого урожаю [3, с. 38]. Тому важливим аргументом у процесі підбору гібриду

для вирощування є не лише його висока продуктивність, а й здатність забезпечити її за негативного впливу абіотичних і біотичних факторів навколишнього середовища [4, с. 15].

Рівень продуктивності гібридів підвищується зі збільшенням тривалості періоду вегетації. Також спостерігається закономірність щодо збільшення вологості зерна до часу збирання. Ранньостиглі і середньоранні гібриди характеризуються швидкою вологовіддачею зерна у процесі його досягання, а удосконалення елементів агротехнологічного процесу вирощування дає змогу значно підвищити урожайність їхніх посівів і зменшити енерговитрати на доведення зернової маси до стандартної вологості [5, с. 50].

Досить перспективним та екологічно безпечним агротехнологічним прийомом є використання мікробіологічних препаратів і мікроелементів. Вони можуть бути застосованими у кілька способів: за рахунок внесення безпосередньо у ґрунт, під час проведення допосівної обробки насіння та позакореневого підживлення рослин. У сучасній сільськогосподарській практиці існує низка корисних ґрунтових мікроорганізмів, які використовуються як інокулянти. До них, зокрема, відносяться “Pseudomonassp”, “Azospirillum”, “Azotobacter” і “Phosphobacterium”.

Механізм впливу мікроорганізмів на процеси життєдіяльності рослин має 3 ключових позиції: синтез фітогормонів, вітамінів, антибіотиків, ферментів [6, с. 108]; поліпшення поживного режиму за рахунок біоаккумуляції неорганічних сполук, трансформації азоту та важкорозчинних органічних і неорганічних сполук у доступні для рослин форми [7, с. 5]; біологічний контроль ураження рослин фітопатогенами [8, с. 1].

Ексудати кореневої системи рослин, до складу яких входять органічні сполуки (цукри, органічні кислоти, вітаміни, флавоноїди і терпеноїди), є поживним середовищем мікробних популяцій [9, с. 233; 10, с. 789]. Мікробіологічні препарати на основі азотфіксуючих мікроорганізмів за своєю дією є еквівалентними внесенню 40–60 кг/га мінерального азоту, а використання біопрепаратів, що містять фосфатомобілізуючі бактерії, дозволяє забезпечити рослини фосфором у дозі 30–40 кг/га діючої речовини [11, с. 30].

Ефективним заходом оптимізації протікання фізіолого-біохімічних процесів є позакореневе підживлення мікродобривами, яке сприяє забезпеченню рослин необхідними мікроелементами у критичні періоди їхнього споживання [12, с. 162] та впливає на продукційний процес кукурудзи і її толерантність щодо дії стрес-факторів [13, с. 2647; 14, с. 33]. Тому питання оптимізації поживного режиму є актуальним у формуванні високопродуктивних агроценозів кукурудзи.

Постановка завдання. Мета і завдання дослідження полягали у з’ясуванні ефективності застосування мікродобрив і мікробіологічного препарату в агротехнологічному процесі вирощування гібридів кукурудзи різних груп стиглості. Дослідження проводили протягом 2019–2020 рр. в умовах дослідного поля ДП «ДГ «Степне» Інституту свинарства і АПВ НААН» Полтавського району Полтавської області, яке територіально розташоване у зоні Лівобережного Лісостепу України.

Ґрунтовий покрив дослідних ділянок – чорноземом типовий важкосуглинковий із вмістом гумусу у шарі 0–20 см 4,5%, азоту, що гідролізується – 5,44–8,10 мг (за Тюрінім і Коновою), рухомого фосфору – 10,0–15,0 мг (за Чириковим), калію – 16–20 мг на 100 г ґрунту (за Масловою). Реакція ґрунтового розчину – слабкокисла, рН сольової витяжки – 6,1. Гідролітична кислотність становить 2,1–2,3 мг-екв. на 100 г ґрунту. Клімат зони – помірно континентальний. Роки

проведення досліджень характеризувалися неоднозначним виявом погодних умов протягом вегетаційного періоду розвитку кукурудзи.

У двохфакторному досліді вивчали гібриди кукурудзи різних груп стиглості: середньоранній Оржиця 237 МВ (далі – ФАО 230) і середньостиглий Солонянський 298 СВ (далі – ФАО 310) (фактор А) та способи застосування мікробіологічного препарату і мікродобрив (фактор Б). Схема їхнього використання за варіантами досліді була такою: контроль (обробка насіння водою); допосівна обробка насіння мікробіологічним препаратом «Екофосфорин» (100 мл на гектарну норму насіння); допосівна обробка насіння комплексом «Екофосфорин» + мікродобриво «Оракул насіння» (1,0 л/т); поєднання допосівної обробки насіння комплексом «Екофосфорин» + «Оракул насіння» і позакореневого підживлення рослин мікродобривом «Мікро-Мінераліс (кукурудза)» (1 л/га) у фазі 7 листків.

Основою мікробіологічного препарату «Екофосфорин» є бактеріальні штами *Agrobacterium radiobacter* IMB B-7246, *Azotobacter chroococcum* IMB-7171 і *Bacillus megaterium* IMB B-7168 у співвідношенні 1:1. Мікродобриво «Оракул насіння» містить у своєму складі P_2O_5 – 99, K_2O – 65, SO_3 – 57, Fe – 15, Cu – 5,4, Zn – 5,4, B – 1,8, Mn – 15, Co – 0,1, Mo – 0,4 г/л. Мікроелементи – складники мікродобрива, схелатовані органічною сполукою – етідреновою кислотою, яка утворює високостійкі хелати, доступні для засвоєння насінням. Компоненти мікродобрива «Мікро-Мінераліс (кукурудза)» (Mo – 0,5, Mg – 4,0, Mn – 1,0, Cu – 1,5, Co – 0,5, Fe – 1,4, Zn – 1,0, B – 0,3, N – 5,0) є легкодоступними для рослин.

Повторність польового досліді – триразова. Розміщення варіантів – систематичне. Облікова площа ділянки становила 50 м². Агротехніка вирощування кукурудзи, окрім елементів, які вивчали, була загальноприйнятою для зони Лівобережного Лісостепу України. Усі обліки та спостереження, передбачені програмою досліді, були проведені відповідно до загальноприйнятих методик. Достовірність отриманих результатів була визначена методом дисперсійного аналізу [15].

Виклад основного матеріалу досліді. Під час досліді, проведених протягом 2019–2020 рр., виявлено позитивний вплив мікробіологічного препарату «Екофосфорин» як у чистому виді, так і в баковій суміші із мікродобривом «Оракул насіння» за допосівної обробки насіння кукурудзи або листового підживлення мікродобривом «Мікро-Мінераліс (кукурудза)» на формування елементів індивідуальної продуктивності рослин культури (табл. 1).

Результати досліді свідчать, що інокулювання насіння кукурудзи перед сівбою мікробіопрепаратом «Екофосфорин» сприяло збільшенню довжини качана у середньораннього гібриду Оржиця 237 МВ на 1,3 см (8,0%), а у середньостиглого гібриду Солонянський 298 СВ – на 0,5 см (2,7%) порівняно із контролем. Що стосується діаметру качана та маси 1000 зернин, то значення цих показників також підвищилися у гібридів кукурудзи, яку вирощували у досліді, на 1,4 см і 6,7 г та 0,6 см і 8,2 г відповідно. Використання бакової суміші мікробіологічного препарату «Екофосфорин» і мікродобрива «Оракул насіння» для допосівної обробки насіння за ефективністю переважало застосування лише інокулянту «Екофосфорин».

Позитивний вплив дії препаратів виявився шляхом збільшення довжини і діаметру початка та маси 1000 зернин у гібридів Оржиця 237 МВ і Солонянський 298 СВ порівняно із контрольним варіантом на 11,7, 4,1, 5,1, 5,9, 2,5, 5,4%. Максимальної величини зазначені вище показники набували за комплексного застосування мікробіологічного препарату «Екофосфорин» і мікродобрива «Оракул насіння» для допосівної обробки насіння і поєднання їх із позакореним підживленням рослин мікродобривом «Мікро-Мінераліс (кукурудза)». У такому варіанті рослини середньораннього

і середньостиглого гібридів формували качани довжиною 19,8 і 20,7 см діаметром 49,4 і 51,4 мм, а маса 1000 зерен дорівнювала 294,8 і 332,4 г.

Таблиця 1

**Вплив мікробіологічного препарату та мікродобрив
на індивідуальну продуктивність рослин кукурудзи (2019–2020 рр.)**

Гібриди	Варіанти застосування мікродобрив і мікробіопрепаратів	Довжина качана, см	Діаметр качана, мм	Маса 1000 зерен, г
Оржиця 237 МВ	Контроль (фон)	16,3	46,3	268,7
	«Екофосфорин»	17,6	47,7	275,4
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння»	18,2	48,2	282,3
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння» + «Мікро-Мінераліс (кукурудза)»	19,8	49,4	294,8
Солонянський 298 СВ	Контроль (фон)	18,7	48,3	304,3
	«Екофосфорин»	19,2	48,9	312,5
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння»	19,8	49,5	320,8
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння» + «Мікро-Мінераліс (кукурудза)»	20,7	51,4	332,4

Необхідно зазначити, що препарати, які використовували для оброблення насіння та позакореневого підживлення посівів кукурудзи, мали більш виражений вплив на довжину і діаметр качана у середньораннього гібриду Оржиця 237 МВ, на масу 1000 зернин у середньостиглого гібриду Солонянський 298 СВ.

Рівень індивідуальної продуктивності рослин визначав величину урожайності зерна гібридів кукурудзи, які вивчали. Результати досліджень свідчать, що покращення умов живлення рослин гібридів кукурудзи шляхом застосування мікробіологічного препарату та його композицій із мікродобривами сприяло зростанню їхньої зернової продуктивності (табл. 2).

Таблиця 2

**Урожайність зерна кукурудзи залежно від застосування
мікробіологічного препарату та мікродобрив (2019–2020 рр.)**

Гібриди	Варіанти застосування мікродобрив і мікробіопрепаратів	Урожайність зерна, т/га		Середнє за 2 роки
		2019	2020	
1	2	3	4	5
Оржиця 237 МВ	Контроль (фон)	7,65	5,28	6,47
	«Екофосфорин»	7,83	5,32	6,58
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння»	7,98	5,46	6,72
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння» + «Мікро-Мінераліс (кукурудза)»	8,13	6,08	7,11

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5
Солонянський 298 СВ	Контроль (фон)	8,06	6,24	7,15
	«Екофосфорин»	8,25	6,42	7,23
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння»	8,44	6,57	7,51
	«Екофосфорин» + «Оракул насіння» + «Мікро-Мінераліс (кукурудза)»	8,65	6,84	7,75
НІР _{0,95}	фактор А – 0,16 т/га; фактор В – 0,18 т/га; взаємодія факторів АВ – 0,20 т/га			

У середньому за два роки досліджень приріст урожаю зерна на різних варіантах застосування мікробіологічного препарату і мікродобрив становив від 0,11 до 0,64 т/га у гібриду Оржиця 237 МВ і від 0,08 до 0,60 т/га у гібриду Солонянський 298 СВ. За інокулювання насіння гібридів кукурудзи перед сівбою мікробіологічним препаратом на основі азотфіксуєчих і фосформобілізуєчих мікроорганізмів «Екофосфорином» спостерігається тенденція до зростання зернової продуктивності культури порівняно із контролем, однак різниця за показником урожайності між цими варіантами є не істотною і знаходиться в межах НІР. За сумісного використання мікробіопрепарату «Екофосфорин» і мікродобрива «Оракул насіння» для допосівної обробки насіння приріст зернової продуктивності посівів є істотним. Так, рівень урожайності середньораннього гібриду Оржиця 237 МВ підвищився на 0,25 т/га (3,9%), а середньостиглого гібриду Солонянський 298 СВ – на 0,36 т/га (5,0%) щодо контролю.

Найвищу урожайність зерна зафіксовано за поєднання допосівної обробки насіння комплексом мікробіологічного препарату «Екофосфорин» і мікродобрива «Оракул насіння» та позакореневого підживлення рослин мікродобривом «Мікро-Мінераліс (кукурудза)». Урожайність середньораннього гібриду кукурудзи Оржиця 237 МВ становила 7,11 т/га, що вище контролю на 0,64 т/га (9,9%), а середньостиглого гібриду Солонянський 298 СВ – 7,75 т/га (приріст 0,60 т/га або 8,4%).

Ефективність препаратів за впливом на формування урожайності гібридів кукурудзи різних груп стиглості була кращою у менш сприятливі за погодними умовами роки протягом періоду вегетації. У роки проведення досліджень таким був 2020 рік, коли середньомісячна температура літніх місяців перевищувала середній багаторічний показник на 2,1 градуса, а протягом п'яти декад зазначеного вище періоду відсутніми були агрономічно ефективні опади. За таких погодних умов урожайність зерна гібридів Оржиця 237 МВ і Солонянський 298 СВ на варіанті комплексного застосування мікробіологічного препарату і мікродобрив була вищою порівняно із контролем у 2020 році на 15,2 (9,6%), а у 2019 році – на 6,3 (7,3%).

Висновки і пропозиції. У процесі формування індивідуальної продуктивності рослин, що визначає загальний рівень урожаю посівів зерна, найбільш ефективним є поєднання допосівної обробки насіння комплексом мікробіологічного препарату «Екофосфорин», мікродобрива «Оракул насіння» та позакореневого підживлення рослин у фазі 7 листків мікродобривом «Мікро-Мінераліс

(кукурудза)». Застосування цих елементів технології вирощування сприяє підвищенню зернової продуктивності посівів середньораннього гібриду кукурудзи Оржиця 237 МВ до 7,11 т/га, середньостиглого гібриду Солонянський 298 СВ – до 7,75 т/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sah R.P., Chakraborty M., Prasad K., Pandit M., Tudu V.K., Chakravarty M.K., Narayan S.C., Rana M., Moharana D. Impact of water deficit stress in maize: phenology and yield components. *Scientific Reports*. 2020. Vol. 10(2944). P. 1–15. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59689-7>.
2. Fromme D.D., Spivey T.A., James G.W. Agronomic Response of Corn (*Zea mays* L.) Hybrids to Plant Populations. *International Journal of Agronomy*. 2019. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1155/2019/3589768>.
3. Влащук А.М., Желтова А.Г., Колпакова О.С. Шляхи збільшення виробництва зерна сучасних гібридів кукурудзи. *Новітні технології вирощування сільськогосподарських культур* : V міжнарод. наук.-практ. конф. Вінниця, 2016. С. 38–39.
4. Марченко Т., Сова Р., Глушко Т. Селекція кукурудзи для зрошуваних умов. *Світові рослинні ресурси: стан і перспективи розвитку* : міжнарод. наук.-практ. конф. Київ, 2015. С. 14–16.
5. Лавриненко Ю.О., Коковіхін С.В., Писаренко П.В. Екологічна мінливість показників темпів розвитку рослин кукурудзи. *Таврійський науковий вісник*. 2005. Вип. 40. С. 46–55.
6. Dobbelaere S., Vanderleyden J., Okon Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit. Rev. Plant Sci*. 2010. № 22. P. 107–149.
7. Alori E.T., Babalola O.O., Prigent-Combaret C. Impacts of Microbial Inoculants on the Growth and Yield of Maize Plant. *The Open Agriculture Journal*. 2019. Vol. 13. P. 1–8. Doi: 10.2174/1874331501913010001.
8. Mahmood A., Turgay O.C., Farooq M., Hayat R. Seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria: a review. *FEMS Microbiology Ecology*. 2016. № 92. P. 1–12. Doi: 10.1093/femsec/fiw112.
9. Bais H.P., Weir T.L., Perry L.G., Gilroy S., Vivanco J.M. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annual Review of Plant Biology*. 2006. Vol. 57. P. 233–266.
10. Massalha H., Korenblum E., Tholl D., Aharoni A. Small molecules belowground: the role of specialized metabolites in the rhizosphere. *The Plant Journal*. 2017. Vol. 90. P. 788–807.
11. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика : монографія / Волкогон В.В. та ін. Київ : Аграрна наука, 2006. 312 с.
12. Bender R.R., Haegerle J.W., Ruffo M.L., Below F.E. Nutrient uptake, partitioning and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. *Agronomy Journal*. 2013. Vol. 105. P. 161–170.
13. Anjum T.A., Randhawa S.A., Ullah M.A., Naeem E., Qamar M.R., Nadeem A.U. Influence of zinc nutrition on growth and yield behaviour of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Am. J. Plant Sci*. 2014. Vol. 5. P. 2646–2654.
14. Wasaya A., Shabir M.S., Hussain M., Ansar M., Aziz A., Hassan W., Ahmad I. Foliar application of Zinc and Boron improved the productivity and net returns of maize grown under rainfed conditions of Pothwar plateau. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 2017. Vol. 17(1). P. 33–45.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1979. 416 с.