

УДК 633.15:631.86

DOI:10.37128/2707-5826-2025-1-6

**ВПЛИВ ДИГЕСТАТУ НА
ФОРМУВАННЯ
АРХІТЕКТОНІКИ РОСЛИН
ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ**

В. Д. ПАЛАМАРЧУК, доктор

с.-г. наук, доцент

М. В. СКАКУН, аспірант,

Вінницький національний аграрний
університет

У статті приведені результати дослідження впливу варіантів удобрення у технології вирощування гібридів кукурудзи із різною тривалістю вегетаційного періоду на формування основних морфологічних ознак, таких як висота кріплення качанів та загальна висота рослин. Ґрунт на дослідній ділянці сірий лісовий із легкосуглинковим механічним складом. Для вивчення використали гібриди кукурудзи середньоранні Амарос (ФАО 230), Р8754 (ФАО 240), Бізбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), середньостиглі: КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380), середньопізні: ДН Анилаг (ФАО 420), Р 0217 (ФАО 460), за використання різних варіантів удобрення.

Нами встановлена взаємозалежність формування у досліджуваних гібридів кукурудзи висоти кріплення господарсько-цінних качанів та загальної висоти рослин. Тобто збільшення лінійних розмірів рослин сприяло зростанню висоти закладання качанів на ній. В межах досліджуваних гібридів найвище значення прояву висоти рослин та кріплення качанів встановлено у гібридів із найбільш тривалим вегетаційним періодом – ДН Анилаг (ФАО 420) – 286,1 та 133,9 см, Р 0217 (ФАО 460) – 291,9 та 134,0 см, що в повній мірі підтверджує дані джерел наукової літератури про існування закономірностей формування лінійних ознак рослин у гібридів кукурудзи залежно від тривалості вегетаційного періоду, зокрема з подовженням тривалості вегетації збільшується і значення висоти кріплення качанів та загальної висоти рослин.

В 2024 році, в зв'язку із тривалим періодом дефіциту вологи та високими значеннями температурного режиму в червні-серпні місяці відмічалось загальне зниження інтенсивності ростових процесів у досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості, що в кінцевому результаті вплинуло на значення висоти рослин, яка склала 256,8 см та висоти закладання качанів – 115,7 см. Найвище значення висоти закладання господарсько-цінних качанів та загальної висоти рослин встановлено на варіанті удобрення із триразовим внесенням дигестату – 60 т/га в основне удобрення + 60 т/га в передпосівне + 60 т/га в підживлення – Амарос (ФАО 230) – 272,1 та 130,9 см, Р8754 (ФАО 240) – 260,0 та 122,9 см, Бізбіт (ФАО 290) – 305,3 та 140,7 см, Богатир (ФАО 290) – 294,1 та 135,6 см, КВС 381 (ФАО 350) – 302,4 та 142,9 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 306,0 та 142,2 см, ДН Анилаг (ФАО 420) – 305,1 та 148,6 см, Р 0217 (ФАО 460) – 305,6 та 145,1 см, відповідно. В середньому висота рослин на даному варіанті знаходилась в межах 260,0-306,0 см, або на 40,7-71,2 см більше в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), а висота закладання качанів – 122,9-148,6 см, або на 24,3-40,9 см більше ніж на контрольному варіанті. Урахування специфіки формування морфологічних ознак у гібридів кукурудзи в майбутньому сприятиме більш точній оцінці їх урожайності залежно від способу застосування добрив.

Ключові слова: біоорганічне добриво, гібрид, дигестат, висота рослин, висота кріплення качанів, урожайність, макроеlementи, мікроеlementи, кукурудза.

Табл. 1. Літ. 20.

Постановка проблематики досліджень. Кукурудза, на разі, залишається основною зерно-фуражною культурою України та Світу зокрема, зацікавленість

якою істотно зросла в умовах можливості переробки основної та побічної продукції на біогаз та біоетанол. Основними чинниками які, сприяють вирощуванню кукурудзи в Україні є родючі ґрунти, сприятливі господарсько-економічні умови та ефективне перенесення рослинами зростання температурних режимів навколишнього середовища за рахунок C_4 типу фотосинтезу.

Важливими морфологічними ознаками для вирощування силосної та зернової кукурудзи є висота рослин та кріплення господарсько-цінного качана. Прояв яких істотно залежить від забезпеченості рослин факторами життя, зокрема елементами живлення. В зв'язку з цим дослідження особливостей формування морфологічних ознак у досліджуваних гібридів кукурудзи із різною тривалістю вегетаційного періоду в умовах Лісостепу правобережного залежно від внесення дигестату, який характеризується вмістом макро- та мікроелементів, мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза є актуальним для виробництва та необхідним з практичної точки зору.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стабільно високі показники виробництва продукції кукурудзи обумовлюються оптимальними продовольчими, кормовими і технічними якостями, а також позитивною реакцією рослин на інноваційні технологічні рішення у її вирощуванні [1, 2].

Для реалізації генетичного потенціалу зернової та силосної кукурудзи важливе значення має забезпеченість рослин мікро- та макроелементами. Тобто добрива є найбільш дієвим фактором зростання урожайності кукурудзи [3]. В порівнянні із іншими зерновими культурами кукурудза є дуже вимогливою культурою до умов мінерального живлення.

Використання оптимальної кількості елементів живлення рослин в основне і передпосівне удобрення, проведення позакореневих підживлень у критичні фази росту і розвитку сприяють формуванню високої врожайності зерна з високими показниками якості [4].

Основним індикатором впливу елементів живлення на зернову та силосну урожайність гібридів кукурудзи є формування нею архітекtonіки рослин та висоти закладання господарсько-цінних качанів [5]. Оптимальні лінійні розміри рослин кукурудзи – це не лише придатність до механізованого вирощування і збирання, але й компонент фотосинтетичної системи, який обумовлює кількість органічної речовини, яка утворюється в процесі фотосинтезу [2].

Основними технологічними показниками у кукурудзи є такі морфологічні ознаки як висота рослин та кріплення качанів. Висота закладання качанів знаходиться в міцній позитивній кореляційній залежності від загальної висоти рослин [6]. Параметри висоти рослин та кріплення качанів є головним компонентом біологічних особливостей гібридів та мають певну пропорційність відносно інших морфологічних особливостей, характерних певному генотипу гібридів [7].

На ефективність внесення елементів живлення істотний вплив здійснюють кліматичні умови вегетаційного періоду, біологічні особливості гібридів, форма добрив та тип ґрунту [8].

Для формування максимальної індивідуальної продуктивності кукурудзи важливе значення має не лише кількість внесених елементів живлення, але й співвідношення між ними. Саме збалансоване мінеральне живлення знімає імовірність подовження тривалості другої половини вегетації та сприяє виконанню комплексу збиральних робіт в оптимальні терміни [9].

Елементи живлення рослин характеризуються біологічними, хімічними та фізичними властивостями, що в умовах сучасних досліджень дозволяє вивчити можливі взаємодії між окремими елементами для можливості регуляції і транспорту їх в рослинному організмі [10].

В організмі рослин можна виділити близько 78 елементів із 108 відомих у природі. Доведено, що для нормального росту та розвитку рослині необхідно біля 15 елементів живлення: С, Н, О, N, К, Р, S, Ca, Mg, В, Cu, Fe, Mn, Мо, Zn. Решту відомих елементів можна віднести до умовно необхідних. В життєдіяльності рослин всі елементи живлення органічно взаємопов'язані між собою та відіграють унікальну роль [11].

Взаємодія елементів мінерального живлення відбувається в тому випадку, коли наявність одного здійснює вплив на засвоєння, транспорт, накопичення, надходження, розподіл, функціонування іншого, що обумовлюється не лише наявністю та кількістю певних елементів у середовищі, а й співвідношенням із іншими [12].

У системі удобрення кукурудзи, крім традиційних видів мінеральних та органічних добрив [13], важливого значення набуває використання біоорганічного добрива – дигестату біогазових станцій [3].

Дигестатом називаються органічні субстрати після ферментації у біогазових станціях збагачені елементами живлення, які найкраще підходять для удобрення сільськогосподарських культур та відновлення родючості ґрунтів [14]. Внесення дигестату в ґрунт дозволяє поповнювати запаси елементів живлення збагачувати ґрунт лігніном, який є основою утворення гумусу та сприяє отриманню екологічно чистої продукції рослинництва [3].

За рахунок внесення дигестату можна оптимізувати кругообіг поживних речовин, фіксацію органічного вуглецю та зменшити внесення мінеральних добрив, обмежити мінералізацію гумусу та поліпшити корисну мікрофлору ґрунтів [16], збільшити вміст у ньому різних форм азоту [17], покращити мікрофлору та активність ґрунтових ферментів [3].

До складу дигестату входять такі елементи живлення рослин, як вуглець (С), азот (N), фосфор (Р), калій (К), сірка (S), кальцій (Ca), магній (Mg), мікроелементи та мікроорганізми. В його складі також міститься органічна речовина, як при внесенні у ґрунт сприяє покращенню фізико-хімічних властивостей ґрунтів [3].

Оскільки на разі не існує однозначних рекомендацій щодо ефективного використання дигестату біогазових станцій у технологіях вирощування силосної та зернової кукурудзи для підвищення продуктивності, покращення якості продукції та відновлення родючості ґрунтів, цей напрям досліджень є актуальним і має суттєве практичне значення.

Метою наших досліджень було вивчення прояву основних морфологічних показників у сучасних гібридів кукурудзи залежно від застосування різних варіантів удобрення, з використанням дигестату біогазових станцій, мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза.

Матеріал та методика проведення досліджень. Дослідження проводили упродовж 2023-2024 рр. на дослідному полі кафедри рослинництва та садівництва Вінницького національного аграрного університету, розташованому в умовах ТОВ «Органік-Д».

Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий, легко-суглинковий за механічним складом, із глибоким рівнем залягання ґрунтових вод. За агрохімічною характеристикою ґрунт характеризувався: вмістом гумусу (за Тюрнімом і Кононовою) – 1,9-2,11 %, легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом), – 74,5-97,2 мг/кг ґрунту, рухомого фосфору і обмінного калію (за Чириковим) – відповідно 109-124 і 140-154 мг/кг ґрунту, $pH_{\text{сол}}$ – 5,1-5,6. Загальна площа однієї ділянки – 25 м², облікова – 10,5 м².

Для досліджень використовували гібриди силосної та зернової кукурудзи (чинник А) різних груп стиглості: середньоранні Амарос (ФАО 230), Р8754 (ФАО 240), Бігбіт (ФАО 290), Богатир (ФАО 290), середньостиглі: КВС 381 (ФАО 350), КВС Інтелегенс (ФАО 380), середньопізні: ДН Аншлаг (ФАО 420), Р 0217 (Р0217 АQ) (ФАО 460). Чинник В. Варіант удобрення: 1 – контроль (без застосування добрив); 2 – триразове внесення дигестату: в основне удобрення (60 т/га) + передпосівне: (60 т/га) + підживлення: (60 т/га); 3 – внесення дигестату в підживлення (60 т/га); 4 – внесення дигестату в передпосівне удобрення (60 т/га); 5 – внесення дигестату в основне удобрення (60 т/га); 6 – внесення мінеральних добрив (N₉₀P₉₀K₉₀) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Кліматичні умови вегетаційного періоду кукурудзи у 2023 році були сприятливими для її росту та розвитку завдяки оптимальному температурному режиму й рівню зволоженню. Натомість у 2024 році дані умови виявилися менш сприятливими через тривалі періоди ґрунтової та повітряної засухи, що негативно позначилося на продуктивності досліджуваних гібридів кукурудзи. Зокрема, у «червні-липні» 2024 року температура повітря сягала 42–45 °С, а тривалість посушливого періоду перевищила 30 діб.

Агротехніка в досліді відповідала загальноприйнятій для Лісостепу правобережного України, крім досліджуваних чинників. Проведення сівби здійснювали за температури ґрунту на глибині загортання насіння 10-12 °С, пневматичними 8 - рядними сівалками типу John Deere 7000, нормою висіву

насіння 70 тис. шт. насінин на гектар. Насіння заробляли на глибину 6-8 см.

Попередником виступали зернові стерньові культури. Після збирання попередньої культури виконували лушення стерні важкими бородами (БДТ-7), а потім проводили оранку на глибину 25–27 см. В систему передпосівного обробітку ґрунту входила передпосівна культивация, боронування та вирівнювання поверхні поля.

В системі удобрення застосовували внесення дигестату (біоорганічного добрива) у різні строки (основне, передпосівне удобрення та підживлення) нормою 60 т/га та внесення комплексного мінерального добрива нітроамофоски у нормі $N_{90}P_{90}K_{90}$ у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза.

Дигестат отримували шляхом анаеробного зброджування в біогазовому реакторі свинячого гною впродовж 14 діб. За агрохімічним складом отриманий дигестат характеризувався не лише значним вмістом макроелементів, але й мав мікроелементи та корисні мікроорганізми, що дозволило нам характеризувати дане добриво, як біоорганічне.

Лінійні розміри рослин (висота закладання качанів та загальна висота рослин) визначали за загальноприйнятими методиками [18, 19].

Дослідження проводились у рамках II етапу прикладного дослідження «Розробка екологоорієнтованих технологій вирощування біоенергетичних культур для забезпечення енергонезалежності та ґрунтозбереження задля формування кліматичної нейтральності» (державний реєстраційний номер 0124U000483, термін виконання 2024-2025 рр.), що виконується за рахунок коштів державного бюджету.

Виклад основного матеріалу досліджень. Висота рослин та закладання качанів це саме ті морфологічні ознаки, які характеризують ростові процеси у рослин кукурудзи. Оптимізація живлення рослин кукурудзи істотно поліпшує наростання зеленої маси, сприяє зростанню площі листової поверхні і відповідно фотосинтетичної продуктивності рослин та інтенсивному росту і розвитку стебла, ефективному використанню ґрунтової вологи, що в кінцевому результаті забезпечує зростання урожайності посіву [20].

Результати досліджень підтверджують, що застосування різних варіантів удобрення суттєво впливає на лінійні розміри рослин кукурудзи та висоту прикріплення качанів (табл. 1).

Із даних таблиці 1 видно, що досліджувані морфологічні ознаки такі, як висота рослин та кріплення качанів суттєво залежали від групи стиглості гібридів та їх біологічних особливостей, так зокрема у групі середньоранніх гібридів із найменшим ФАО, в середньому по досліді, за два роки, значення даних ознак становило Амарос (ФАО 230) – 246,8 та 118,1 см, Р8754 (ФАО 240) – 237,0 та 106,8 см, у групі середньоранніх гібридів із ФАО 290: Бігбіт – 272,1 та 123,0 см, Богатир – 268,7 та 120,0 см, середньостиглих: КВС 381 (ФАО 350) – 272,8 та 124,6 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 283,1 та 128,9 см.

Таблиця 1

**Вплив системи удобрення на морфологічні ознаки досліджуваних
гібридів кукурудзи, см (за 2023-2024 рр., $\pm S_x$)**

Назва гібриду	Варіант удобре- ння	Висота рослин			Висота закладання качанів		
		2023 р.	2024 р.	середнє, за 2023- 2024 рр., $\pm S_x$	2023 р.	2024 р.	середнє, за 2023- 2024 рр., $\pm S_x$
1	2	3	4	5	6	7	8
Амарос (ФАО 230)	1 (К)	232,7	203,9	218,3 $\pm$ 20,4	115,1	84,5	99,8 $\pm$ 21,6
	2	286,8	257,4	272,1 $\pm$ 20,8	139,5	122,3	130,9 $\pm$ 12,2
	3	273,2	230,2	251,7 $\pm$ 30,4	127,6	114,7	121,2 $\pm$ 9,1
	4	278,3	247,1	262,7 $\pm$ 22,1	130,1	121,5	125,8 $\pm$ 6,1
	5	260,7	232,5	246,6 $\pm$ 19,9	125,7	109,9	117,8 $\pm$ 11,2
	6	238,8	219,5	229,2 $\pm$ 13,6	123,2	103,5	113,4 $\pm$ 13,9
P8754 (ФАО 240)	1 (К)	207,1	197,5	202,3 $\pm$ 6,8	84,8	79,2	82,0 $\pm$ 4,0
	2	265,5	254,4	260,0 $\pm$ 7,8	127,3	118,4	122,9 $\pm$ 6,3
	3	257,1	229,9	243,5 $\pm$ 19,2	115,7	111,4	113,6 $\pm$ 3,0
	4	264,8	245,9	255,4 $\pm$ 13,4	115,6	115,8	115,7 $\pm$ 0,1
	5	257,5	226,6	242,1 $\pm$ 21,8	104,9	104,5	104,7 $\pm$ 0,3
	6	228,8	208,9	218,9 $\pm$ 14,1	104,8	99,7	102,3 $\pm$ 3,6
Бігбіт (ФАО 290)	1 (К)	263,8	204,3	234,1 $\pm$ 42,1	105,6	98,2	101,9 $\pm$ 5,2
	2	317,9	292,7	305,3 $\pm$ 17,8	146,5	134,8	140,7 $\pm$ 8,3
	3	307,4	268,8	288,1 $\pm$ 27,3	141,3	115,4	128,4 $\pm$ 18,3
	4	308,8	284,7	296,8 $\pm$ 17,0	144,5	116,1	130,3 $\pm$ 20,1
	5	269,4	242,8	256,1 $\pm$ 18,8	141,9	109,3	125,6 $\pm$ 23,1
	6	278,8	225,7	252,3 $\pm$ 37,5	116,5	105,9	111,2 $\pm$ 7,5
Богатир (ФАО 290)	1 (К)	250,8	220,7	235,8 $\pm$ 21,3	113,3	96,9	105,1 $\pm$ 11,6
	2	306,3	281,9	294,1 $\pm$ 17,3	142,8	128,4	135,6 $\pm$ 10,2
	3	300,1	266,6	283,4 $\pm$ 23,7	129,3	111,5	120,4 $\pm$ 12,6
	4	304,9	280,6	292,8 $\pm$ 17,2	139,9	112,5	126,2 $\pm$ 19,4
	5	265,8	253,1	259,5 $\pm$ 9,0	126,8	108,4	117,6 $\pm$ 13,0
	6	262,3	231,2	246,8 $\pm$ 22,0	124,7	105,4	115,1 $\pm$ 13,6
КВС 381 (ФАО 350)	1 (К)	275,3	228,9	252,1 $\pm$ 32,8	119,5	101,7	110,6 $\pm$ 12,6
	2	310,1	294,7	302,4 $\pm$ 10,9	147,4	138,3	142,9 $\pm$ 6,4
	3	292,2	278,1	285,2 $\pm$ 10,0	130,6	117,3	124,0 $\pm$ 9,4
	4	302,5	283,9	293,2 $\pm$ 13,2	138,9	125,4	132,2 $\pm$ 9,5
	5	286,8	264,3	275,6 $\pm$ 15,9	129,8	109,6	119,7 $\pm$ 14,3
	6	282,9	238,3	260,6 $\pm$ 31,5	129,3	107,8	118,6 $\pm$ 15,2
КВС Інтелегенс (ФАО 380)	1 (К)	277,8	235,8	256,8 $\pm$ 29,7	129,6	103,4	116,5 $\pm$ 18,5
	2	314,2	297,7	306,0 $\pm$ 11,7	148,1	136,3	142,2 $\pm$ 8,3
	3	302,9	279,4	291,2 $\pm$ 16,6	143,3	119,9	131,6 $\pm$ 16,5
	4	313,2	288,5	300,9 $\pm$ 17,5	144,4	126,6	135,5 $\pm$ 12,6
	5	290,3	270,5	280,4 $\pm$ 14,0	134,8	119,7	127,3 $\pm$ 10,7
	6	279,6	247,6	263,6 $\pm$ 22,6	130,6	109,8	120,2 $\pm$ 14,7

1	2	3	4	5	6	7	8
ДН Аншлаг (ФАО 420)	1 (К)	278,4	240,9	259,7±26,5	130,3	106,7	118,5±16,7
	2	318,7	291,5	305,1±19,2	158,8	138,4	148,6±14,4
	3	303,2	280,9	292,1±15,8	141,1	132,2	136,7±6,3
	4	314,6	289,5	302,1±17,7	145,5	135,4	140,5±7,1
	5	295,1	278,6	286,9±11,7	137,2	124,6	130,9±8,9
	6	284,9	257,3	271,1±19,5	137,2	118,9	128,1±12,9
Р 0217 (ФАО 460)	1 (К)	280,5	249,2	264,9±22,1	133,7	107,9	120,8±18,2
	2	311,4	299,7	305,6±8,3	152,3	137,8	145,1±10,3
	3	310,3	285,1	297,7±17,8	139,4	130,4	134,9±6,4
	4	310,5	293,6	302,1±12,0	146,6	135,1	140,9±8,1
	5	308,7	281,9	295,3±19,0	139,3	123,4	131,4±11,2
	6	310,2	262,1	286,2±34,0	141,8	120,1	131,0±15,3

Примітка: **Варіант удобрення:** 1 – контроль (без застосування добрив); 2 – триразове внесення дигестату: в основне удобрення (60 т/га) + передпосівне: (60 т/га) + підживлення: (60 т/га); 3 – внесення дигестату в підживлення (60 т/га); 4 – внесення дигестату в передпосівне удобрення (60 т/га); 5 – внесення дигестату в основне удобрення (60 т/га); 6 – внесення мінеральних добрив ($N_{90}P_{90}K_{90}$) у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза (фаза 5-7 листків кукурудзи, норма внесення 1,5 л / га).

Джерело сформовано на основі власних результатів досліджень

Найвище значення прояву висоти рослин та кріплення качанів встановлено у гібридів із найбільш тривалим вегетаційним періодом – ДН Аншлаг (ФАО 420) – 286,1 та 133,9 см, Р 0217 (ФАО 460) – 291,9 та 134,0 см, що в повній мірі підтверджує дані джерел наукової літературних про існування закономірностей формування лінійних ознак рослин у гібридів кукурудзи залежно від тривалості вегетаційного періоду, зокрема з подовженням тривалості вегетації збільшується і значення висоти рослин та кріплення качанів.

На прояв морфологічних ознак у гібридів кукурудзи різних груп стиглості значний вплив мали кліматичні умови року досліджень. Зокрема в розрізі років досліджень виявлений вплив режиму вологозабезпечення та температурних показників на значення формування висоти рослин та кріплення качанів у досліджуваних гібридів кукурудзи. Так, в 2023 році, який виявився більш сприятливим за вологозабезпеченням та температурними показниками в період вегетації кукурудзи, в середньому по досліді висота рослин становила – 284,2 см, а висота кріплення качанів – 131,6 см. В 2024 році, в зв'язку із тривалим періодом дефіциту вологи та високими значеннями температурного режиму в червні-серпні місяці відмічалось загальне зниження інтенсивності ростових процесів у досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості, що в кінцевому результаті вплинуло на значення висоти рослин, яка склала 256,8 см та висоти закладання качанів – 115,7 см. Крім того встановлений вплив на прояв досліджуваних морфологічних ознак таких, як загальна висота рослин та висота закладання качанів, системи удобрення. Зокрема, найнижче значення даних морфологічних ознак встановлено на варіанті без добрив (контроль), для всіх гібридів кукурудзи

незалежно від їх груп стиглості – Амарос (ФАО 230) – 218,3 та 99,8 см, Р8754 (ФАО 240) – 202,3 та 82,0 см, Бігбіт (ФАО 290) – 234,1 та 101,9 см, Богатир (ФАО 290) – 235,8 та 105,1 см, КВС 381 (ФАО 350) – 251,2 та 110,6 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 256,8 та 116,5 см, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 259,7 та 118,5 см, Р 0217 (ФАО 460) – 264,9 та 120,8 см, відповідно. В той же час найвище значення висоти рослин та кріплення качанів встановлено на варіанті удобрення із триразовим внесенням дигестату – 60 т/га в основне удобрення + 60 т/га в передпосівне + 60 т/га в підживлення – Амарос (ФАО 230) – 272,1 та 130,9 см, Р8754 (ФАО 240) – 260,0 та 122,9 см, Бігбіт (ФАО 290) – 305,3 та 140,7 см, Богатир (ФАО 290) – 294,1 та 135,6 см, КВС 381 (ФАО 350) – 302,4 та 142,9 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 306,0 та 142,2 см, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 305,1 та 148,6 см, Р 0217 (ФАО 460) – 305,6 та 145,1 см, відповідно. В середньому висота рослин на даному варіанті знаходилась в межах 260,0-306,0 см, або на 40,7-71,2 см більше в порівнянні із варіантом без внесення добрив (контроль), а висота закладання качанів – 122,9-148,6 см, або на 24,3-40,9 см більше ніж на варіанті без внесення добрив (контроль).

На варіанті удобрення, що передбачав внесення дигестату біогазових станцій на основі свинячого гною нормою 60 т/га у підживлення зростання висоти рослин складало 32,4-51,0 см, а висоти кріплення качанів на 13,4-31,6 см, в порівнянні із варіантом без добрив (контроль). Варіабельність висоти рослин на даному варіанті, в середньому за роки досліджень, складала 243,5-297,7 см, а висота закладання господарсько-цінних качанів – 112,3-135,4 см.

Внесення дигестату біогазових станцій нормою 60 т/га у передпосівне удобрення сприяло формуванню висоти рослин у групі досліджуваних гібридів кукурудзи в межах 255,4-302,1 см та висоти закладання качанів – 115,7-140,9 см, або на 37,2-62,7 см та 19,0-33,7 см більше в порівнянні із варіантом без внесення добрив (контроль).

П'ятий варіант удобрення, який передбачав внесення дигестату біогазових станцій в основне удобрення нормою 60 т/га сприяв зростанню величини досліджуваних морфологічних ознак у гібридів кукурудзи на 22,1-39,8 см для висоти рослин та висоти закладання качанів – на 9,1-23,7 см, в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив).

Шостий варіант удобрення, що передбачав застосування мінерального добрива нормою $N_{90}P_{90}K_{90}$ в поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза також забезпечив зростання величини висоти закладання качанів та загальної висоти рослин у досліджуваних гібридів кукурудзи різних груп стиглості. При цьому висота рослин збільшилась на 6,8-21,3 см, а висота кріплення качанів на 3,7-20,3 см в порівнянні із варіантом без внесення добрив (контроль).

Отже, висота рослин і висота закладання качанів є взаємозалежними ознаками, що зумовлюються тривалістю вегетаційного періоду, генетичними особливостями гібридів та суттєво залежать від способу удобрення посівів кукурудзи. Зокрема покращення забезпеченості рослин кукурудзи елементами живлення за рахунок внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із

мікродобривом Нановіт кукурудза позитивно впливає на прояв таких морфологічних ознак, як висота закладання качанів та загальна висота рослин. При цьому найкращий варіант щодо формування даних ознак забезпечує варіант удобрення, який передбачає внесення дигестату в основне, передпосівне удобрення та у підживлення.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Висота закладання качанів і загальна висота рослин є взаємопов'язаними морфологічними ознаками, що характеризуються тісною кореляційною залежністю та мають істотний вплив на ефективність механізованого вирощування і збирання гібридів кукурудзи. Поліпшення забезпеченості рослин елементами живлення за рахунок внесення дигестату та мінеральних добрив у поєднанні із мікродобривом Нановіт кукурудза забезпечує зростання лінійних розмірів рослин на 6,8-71,2 см та висоти закладання качанів на 3,7-40,9 см в порівнянні із контрольним варіантом (без внесення добрив).

Найвище значення висоти рослин та кріплення качанів встановлено на варіанті удобрення із триразовим внесенням дигестату – 60 т/га в основне удобрення + 60 т/га в передпосівне + 60 т/га в підживлення – Амарос (ФАО 230) – 272,1 та 130,9 см, Р8754 (ФАО 240) – 260,0 та 122,9 см, Бігбіт (ФАО 290) – 305,3 та 140,7 см, Богатир (ФАО 290) – 294,1 та 135,6 см, КВС 381 (ФАО 350) – 302,4 та 142,9 см, КВС Інтелегенс (ФАО 380) – 306,0 та 142,2 см, ДН Аншлаг (ФАО 420) – 305,1 та 148,6 см, Р 0217 (ФАО 460) – 305,6 та 145,1 см, відповідно. В середньому висота рослин на даному варіанті знаходилась в межах 260,0-306,0 см, або на 40,7-71,2 см більше в порівнянні із контрольним варіантом (без добрив), а висота кріплення качанів – 122,9-148,6 см, або на 24,3-40,9 см більше ніж на контрольному варіанті.

Урахування особливостей формування морфологічних ознак у гібридів кукурудзи надалі дасть змогу оцінювати їхню продуктивність залежно від способу внесення добрив.

Список використаної літератури

1. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Коковіхін С.В., Біляєва І.М., Дробітько А.В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях із урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. *Зрошуване землеробство*. 2020. № 73. С. 21–26. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3>.
2. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Забара П.П., Сахацький Г.І. Морфологічні показники гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від елементів технології за умов зрошення. *Аграрні інновації*. 2021. № 8. С. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.8.14>.
3. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Рудська Н.О., Колісник О.М. Новітні технології вирощування овочевих культур та кукурудзи за використання дигестату біогазових станцій: монографія. Вінниця: Друкарня «Друк», 2023. 296 с.

4. Паламарчук В.Д. Вплив позакоренових підживлень на лінійні розміри рослин кукурудзи. *Науковий вісник НУБІП України. Агрономія*. 2018. № 286. С. 231–244.
5. Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часі економія. *Farmer*. 2015. № 1. С. 56–57.
6. Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Каленська С.М., Єрмакова Л.М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин. Вінниця, 2013. 636 с.
7. Сіроха О.Л. Вплив удобрення на біометричні показники та показники вирівняності рослин кукурудзи різної групи стиглості. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2014. Вип. 5 (82). С. 37–47.
8. Kablan L.A. Variability in corn yield response to nitrogen fertilizer in eastern Canada. *Agronomy Journal*. 2017. Vol. 109, Issue 5. P. 2231–2242. DOI: 10.2134/agronj2016.09.0511.
9. Zuffo L.T. Assessing genotypic variation for nitrogen use efficiency and associated traits in Brazilian maize hybrids grown under low and high nitrogen inputs. *Euphytica*. 2021. 217 p. DOI: 10.1007/s10681-021-02806-y.
10. Infante P.A., Moore K.J., Lenssen A.W., Archontoulis S.V., Scott P., Fei S. Phenology and biomass production of adapted and non-adapted tropical corn populations in central Iowa. *Agronomy Journal*. 2018. 110. P. 171–182. DOI: 10.2134/agronj2016.11.0666.
11. Паламарчук В.Д., Кричковський В.Ю., Паламарчук О.Д., Шуберанський В.Е. Інноваційні технології в рослинництві: підручник ТОВ «ДРУК», 2024. 582 с.
12. Zhang H., Bittman S., Hunt D.E., Bounaïx F. Corn response to long-term manure and fertilizer applications on a preceding perennial forage crop. *European Journal of Agronomy*. 2020. Vol. 115. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125990.
13. Грабовський М.Б., Вахній С.П., Лозінський М.В., Панченко Т.В., Басюк П.Л. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 33–42. DOI:10.33245/2310-9270-2021-167-2-33-42.
14. Болтянська Н.І., Болтянський О.В. Формування моделі механізму застосування технологій ресурсозбереження на молочнотоварних фермах. *Сучасні проблеми та технології аграрного сектору України: Збірник наукових праць*. 2019. Вип. 12. С. 26–32.
15. Скляр О.Г. Властивості біодобрив, що отримуються після анаеробної ферментації гною. *Праці ТДАТУ*. 2013. Вип. 13, Т. 3. С. 110–118.
16. Dragicevic I., Trine A. Sogn and Susanne Eich-Greathorex. Recycling of Biogas digestates in crop production – soil and plant trace metal content and variability. *Frontiers in sustainable food systems*. 2018. Vol. 2. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00045>.
17. Jamison J., Khanal S.K., Nguyen N.H., Deenik J.L. Assessing the effects of digestates and combinations of digestates and fertilizer on yield and nutrient

use of Brassica juncea (Kai Choy). *Agronomy*. 2021. 11. P. 509. DOI:10.3390 / AGRONOMY11030509.

18. Вовкодав В.В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур (зернові, круп'яні та зернобобові). К.: 2001. 356 с.

19. Ушкаренко В.О., Вожегова Р. А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Методика польового досліджу: навчальний посібник. Херсон: Гринь, 2014. 448 с.

20. Дудка М.І., Якунін О.П., Пустовий С.І. Вплив позакореневого підживлення на формування зернової продуктивності кукурудзи за вирощування її після соняшнику. *Таврійський науковий вісник. Серія сільськогосподарські науки*. 2020. № 115. С. 42–48. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>.

Список використаної літератури / References

1. Hadzalo Ya.M., Vozhehova R.A., Kokovikhin S.V., Biliaieva I.M., Drobitko A.V. (2020). Naukove obgruntuvannya tekhnolohii vyroshchuvannya kukurudzy na zroshuvanykh zemliakh iz urakhuvanniam hidrotermichnykh chynnykiv i zmin klimatu [*Scientific justification of maize cultivation technologies on irrigated lands considering hydrothermal factors and climate change*]. *Zroshuvane zemlerobstvo – Irrigated agriculture*. № 73. 21–26. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3> [in Ukrainian].

2. Vozhehova R.A., Lavrynenko Yu.O., Marchenko T.Iu., Piliarska O.O., Zabara P.P., Sakhatskyi H.I. (2021). Morfolohichni pokaznyky hibrydiv kukurudzy riznykh hrup FAO zalezho vid elementiv tekhnolohii za umov zroshennia [*Morphological indicators of maize hybrids of different FAO maturity groups depending on technological elements under irrigation conditions*]. *Ahrarni innovatsii – Agrarian Innovations*. № 8. 91–99. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov>. [in Ukrainian].

3. Palamarchuk V.D., Krychkovskyi V.Iu., Rudska N.O., Kolisnyk O.M. (2023). Novitni tekhnolohii vyroshchuvannya ovochevykh kultur ta kukurudzy za vykorystannia dyhestatu biohazovykh stantsii: monohrafiia [*Advanced technologies for growing vegetable crops and corn using digestate from biogas plants: monograph*]. [in Ukrainian].

4. Palamarchuk V.D. (2018). Vplyv pozakorenevykh pidzhyvlen na liniini rozmiiry roslyn kukurudzy [*Effect of foliar fertilization on the linear dimensions of maize plants*]. *Naukovyi visnyk NUBIP Ukrainy. Ahronomiia – Scientific Bulletin of NULES of Ukraine. Agronomy*. № 286. 231–244. [in Ukrainian].

5. Hrabovskyi M.B. (2015). Udobrennia kukurudzy: na chasi ekonomiiia [*Fertilization of maize: timely economy*]. *Farmer*. № 1. 56–57. [in Ukrainian].

6. Palamarchuk V.D., Polishchuk I.S., Kalenska S.M., Yermakova L.M. (2013). Biolohiia ta ekolohiia silskohospodarskykh roslyn [*Biology and ecology of agricultural plants*]. [in Ukrainian].

7. Sirokha O. L. (2014). Vplyv udobrennia na biometrychni pokaznyky ta pokaznyky vyryvniianosti roslyn kukurudzy riznoi hrupy styhlosti [*Influence of fertilization on the biometrics and uniformity of corn plants of different maturity*

groups]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seria: Silskohospodarski nauky – Collection of scientific works of vinnytsia national agrarian university. series: agricultural sciences*. Issue 5 (82).

37–47. [in Ukrainian].

8. Kablan L.A. (2017). Variability in corn yield response to nitrogen fertilizer in eastern Canada. *Agronomy Journal*. Vol. 109, Issue 5. P. 2231–2242. DOI: 10.2134/agronj2016.09.0511 [in English].

9. Zuffo L.T. (2021). Assessing genotypic variation for nitrogen use efficiency and associated traits in Brazilian maize hybrids grown under low and high nitrogen inputs. *Euphytica*. DOI: 10.1007/s10681-021-02806-y [in English].

10. Infante P.A., Moore K.J., Lenssen A.W., Archontoulis S.V., Scott P., Fei S. (2018). Phenology and biomass production of adapted and non-adapted tropical corn populations in central Iowa. *Agronomy Journal*. 110. P. 171–182. DOI: 10.2134/agronj2016.11.0666 [in English].

11. Palamarchuk V.D., Krychkovskyi V.Iu., Palamarchuk O.D., Shuberanskyi V.E. (2024). Innovatsiini tekhnolohii v roslynnytstvi: pidruchnyk [*Innovative technologies in crop production: a textbook*]. [in Ukrainian].

12. Zhang H., Bittman S., Hunt D.E., Bounaïx F. (2020). Corn response to long-term manure and fertilizer applications on a preceding perennial forage crop. *European Journal of Agronomy*. Vol. 115. DOI: 10.1016/j.eja.2019.125990 [in English].

13. Hrabovskyi M.B., Vakhnii S.P., Lozinskyi M.V., Panchenko T.V., Basiuk P.L. (2021). Zernova produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezhno vid zastosuvannia kompleksnykh mineralnykh dobryv [*Grain productivity of corn hybrids depending on the application of complex mineral fertilizers*]. *Ahrobiolohiia – Agrobiology*. № 2. 33–42. [in Ukrainian].

14. Boltianska N.I., Boltianskyi O.V. (2019). Formuvannia modeli mekhanizmu zastosuvannia tekhnolohii resursozberezhennia na molochnotovarnykh fermakh [*Formation of a model for the mechanism of resource-saving technologies in dairy farms*]. *Suchasni problemy ta tekhnolohii ahrarnoho sektoru Ukrainy: Zbirnyk naukovykh prats – Problems and technologies in the agricultural sector of Ukraine: collection of scientific papers*. Issue 12. 26–32. [in Ukrainian].

15. Skliar O.H. (2013). Vlastyvoli biodobryv, shcho otrymuiutsia pislia anaerobnoi fermentatsii hnoiu [*Properties of Bi fertilizers Obtained After Anaerobic Fermentation of Manure*]. *Pratsi TDAU – Proceedings of Tavria state agrotechnological university*. Issue 13, Vol. 3. 110–118. [in Ukrainian].

16. Dragicevic I., Trine A. (2018). Sogn and Susanne Eich-Greatorex. Recycling of Biogas digestates in crop production – soil and plant trace metal content and variability. *Frontiers in sustainable food systems*. Vol. 2. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00045>. [in English].

17. Jamison J., Khanal S.K., Nguyen N.H., Deenik J.L. (2021). Assessing the effects of digestates and combinations of digestates and fertilizer on yield and nutrient use of

Brassica juncea (Kai Choy). *Agronomy*. 11. P. 509. [in English].

18. Vovkodav V.V. (2001). *Metodyka derzhavnoho sortovyprobuvannia silskohospodarskykh kultur (zernovi, krupiani ta zernobobovi)* [Methodology of state variety testing of agricultural crops (cereals, cereals and legumes)]. [in Ukrainian].

19. Ushkarenko V.O., Vozhehova R.A., Holoborodko S.P., Kokovikhin S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu: navchalnyi posibnyk* [Methodology of field research: a study guide]. [in Ukrainian].

20. Dudka M. I., Yakunin O. P., Pustovyi S. I. (2020). *Vplyv pozakorenevoho pidzhyvlennia na formuvannia zernovoi produktyvnosti kukurudzy za vyroshchuvannia yii pislia soniashnyku* [The influence of foliar fertilization on the formation of grain productivity of corn grown after sunflower]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya silskohospodarski nauky – Tavria scientific bulletin. agricultural sciences series*. № 115. 42–48. DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.115.6>. [in Ukrainian].

ANNOTATION

THE EFFECT OF DIGESTATE ON THE FORMATION OF PLANT ARCHITECTURE IN MAIZE HYBRIDS

The article presents the results of a study on the impact of different fertilization schemes used in the cultivation technology of various maize hybrids from different maturity groups on the formation of key morphological traits, such as plant height and ear placement height. The soil of the experimental plot is classified as grey forest soil with a light loamy mechanical composition. The study involved maize hybrids of different maturity groups: early medium – Amaros (FAO 230), P8754 (FAO 240), Bigbit (FAO 290), Bohatyr (FAO 290); medium – KWS 381 (FAO 350), KWS Intelligence (FAO 380); and medium-late – DN Anshlah (FAO 420), P0217 AQ (FAO 460), under the application of various fertilization treatments.

We established a correlation between plant height and the placement of economically valuable ears in the studied maize hybrids. Specifically, an increase in plant size contributed to a higher ear placement on the plant. Among the studied hybrids, the greatest values for both plant height and ear attachment height were observed in the hybrids with the longest vegetation period – DN Anshlah (FAO 420) with 286.1 cm and 133.9 cm, and P0217 (FAO 460) with 291.9 cm and 134.0 cm, respectively. These findings fully confirm data from scientific literature, which indicate a consistent pattern in the development of linear traits in maize hybrids depending on their maturity group – namely, that a longer vegetation period is associated with increased plant height and ear placement height.

In 2024, due to a prolonged period of moisture deficit and high temperatures during the months of June to August, a general decline in the intensity of growth processes was observed in the studied maize hybrids of various maturity groups. As a result, this negatively affected plant height, which averaged 256.8 cm, and the height of ear placement, which was recorded at 115.7 cm.

The highest values of plant height and ear placement were recorded in the fertilization variant with triple digestate application – 60 t/ha as base fertilization + 60 t/ha pre-sowing + 60 t/ha top dressing. The results by hybrid were as follows: Amaros (FAO 230) – 272.1 cm and 130.9 cm, R8754 (FAO 240) – 260.0 cm and 122.9 cm, Bigbit (FAO 290) – 305.3 cm and 140.7 cm, Bohatyr (FAO 290) – 294.1 cm and 135.6 cm, KWS 381 (FAO 350) – 302.4 cm and 142.9 cm, KWS Intelligence (FAO 380) – 306.0 cm and 142.2 cm, DN Anshlag (FAO 420) – 305.1 cm and 148.6 cm, and P0217 (FAO 460) – 305.6 cm and 145.1 cm, respectively. On average, plant height in this variant ranged from 260.0 to 306.0 cm, which is 40.7–71.2 cm higher compared to the control

(without fertilizers). Ear placement height ranged from 122.9 to 148.6 cm, which is 24.3–40.9 cm higher than in the control variant. Taking into account the specifics of morphological trait development in maize hybrids will allow for more accurate evaluation of their productivity depending on the fertilization strategy used.

Key words: Bio-organic fertilizer, hybrid, digestate, plant height, ear placement height, yield, macroelements, microelements, maize.

Table 1. Lit. 20.

Відомості про авторів

Паламарчук Віталій Дмитрович – доктор сільськогосподарських наук, доцент кафедри рослинництва та садівництва, факультету агрономії, садівництва та захисту рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. email: vd-palamarchuk@ukr.net).

Скакун Михайло Васильович – аспірант кафедри рослинництва та садівництва факультету агрономії, садівництва та захисту рослин навчально-наукового інституту агротехнологій та природокористування Вінницького національного аграрного університету (21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3. email: mykhaylo.skakun@kws.com)

Palamarchuk Vitalii Dmytrovych – Doctor of agricultural sciences, associate professor of the department of plant production and horticulture, faculty of agronomy, horticulture and plant protection, educational and research institute of agricultural technologies and nature management, Vinnytsia national agrarian university (21008, Vinnytsia, Sonyachna st., 3 email: vd-palamarchuk@ukr.net).

Skakun Mykhailo Vasylovych – a postgraduate student at the Department of Crop Production and Horticulture, Faculty of Agronomy, Horticulture, and Plant Protection, Educational and Scientific Institute of Agrotechnologies and Environmental Management, Vinnytsia National Agrarian University (21008, Vinnytsia, Sonyachna Street, 3. email: mykhaylo.skakun@kws.com).