

## Growth, development, and formation of corn hybrids' plants of different ripening groups depending on plant stand density

O. Kutsenko | V. Liashenko✉ | L. Keda

### Article info

#### Correspondence Author

V. Liashenko

E-mail:

[viktor.liashenko@ukr.net](mailto:viktor.liashenko@ukr.net)Poltava State Agrarian  
University,  
Skovoroda St., 1/3, Poltava,  
36000, Ukraine

**Citation:** Kutsenko, O., Liashenko, V., & Keda, L. (2023). Growth, development, and formation of corn hybrids' plants of different ripening groups depending on plant stand density. *Scientific Progress & Innovations*, 26 (4), 29–35. doi: 10.31210/spi2023.26.04.06

The study was conducted as to establishing the conformities to the natural laws of agro-ecosystems' structure of modern corn hybrids belonging to various ripening groups depending on plant stand density, at which the maximal manifestation of their productivity genetic potential is achieved. The research was conducted during 2019–2021 in field conditions on the farm of Shylyvka village council, Poltava region. Modern corn hybrids of three ripening groups were taken as materials for the investigation: Belami early-ripening, Tonifi KC mid-early-ripening, and Poesi KC mid-ripening. The study of phenological characteristics has shown that the duration of inter-phase periods and the crop vegetative period almost did not change under the effect of plant stand density (only on 1–2 days), but depended on the hybrids' biological characteristics and weather conditions. It has been determined that plant height indicator depends on weather conditions of the corn vegetative period, but not only on the hybrid's seeding density and its biological peculiarities. The highest indicators of linear growth were fixed in the plants of Belami hybrid at the density of 75 thou/ha (193.1 cm), Tonifi KC – 70 thou/ha (226.2 cm), and Poesi KC – 75 thou/ha (227.9 cm). It has been found that during the research years, overcrowding of sown areas leads to increasing the height of ear attachment in all the studied hybrids, which, on the average, was by 4.6 % more for Belami (at the density of 65–85 thou/ha); for Tonifi KC – by 4.4 % (at the density of 60–80 thou/ha); and by 4.2 % for Poesi KC (at the density of 65–85 thou/ha). Also, the height of ear attachment depends on plant height, and it is the largest in Poesi KC hybrid (88.3–92.2 cm) and the minimal in Belami (82.5–86.5 cm). In case of overcrowding, corn ear linear sizes decreased from the minimal to the maximal in Belami – by 3.4 %, Tonifi KC – by 5.5 %, Poesi KC – by 7.3 %, and grain weight per ear – by 12.1, 15.6, and 20.4 %, respectively. According to the obtained results, the optimal plant stand density of the studied hybrids was determined for receiving the maximal yield: 75 thou/ha for Belami, 70 thou/ha for Tonifi KC, and 75 thou/ha for Poesi KC.

**Keywords:** inter-phase periods, overcrowding, plant height, productivity, yield.

## Ріст, розвиток та формування продуктивності рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння

O. M. Куценко | В. В. Ляшенко | Л. Ю. Кеда

Полтавський державний  
аграрний університет,  
м. Полтава, Україна

Проведено дослідження щодо встановлення закономірностей структури агроценозів сучасних гібридів кукурудзи різних груп стиглості відповідно до густоти стояння рослин, за яких досягається максимальна реалізація генетичного потенціалу їхньої продуктивності. Дослідження проведено протягом 2019–2021 років у польових умовах фермерського господарства Шилівської сільської ради Полтавської області. Матеріалом дослідження обрано сучасні гібриди кукурудзи трьох груп стиглості: ранньостиглий Белама, середньоранній Тоніфі КС, середньостиглий Поезі КС. Дослідження фенологічних особливостей засвідчило, що тривалість міжфазних періодів і періоду вегетації культури майже не змінювались під впливом густоти стояння рослин (лише на 1–2 дні), а залежали від біологічних особливостей гібридів і погодних умов. Визначено, що показник висоти рослин залежить від погодних умов періоду вегетації кукурудзи, а не тільки від густоти посіву та біологічних особливостей гібрида. Найвищі показники лінійного росту були зафіксовані у рослин гібридів Белама за густоти 75 тис./га (193,1 см), Тоніфі КС – 70 тис./га (226,2 см), Поезі КС – 75 тис./га (227,9 см). Виявлено, що загушення посівів призводить до підвищення висоти прикріплення качана у всіх досліджуваних гібридів, що в середньому за роки досліджень становило для гібридів: Белама (за густоти 65–85 тис./га) – на 4,6 %; Тоніфі КС (60–80 тис./га) – на 4,4 %; Поезі КС (65–85 тис./га) – на 4,2 %. Також висота прикріплення качанів залежить від висоти рослин і є найбільшою у гібрида Поезі КС (88,3–92,2 см) та мінімальною у Белама (82,5–86,5 см). За загушення посіву зменшувались лінійні розміри качана від мінімального до максимального у гібридів Белама – на 3,4 %, Тоніфі КС – на 5,5 %, Поезі КС – на 7,3 %, а маса зерна з качана – на 12,1, 15,6 і 20,4 % відповідно. Згідно з одержаними результатами визначена оптимальна густота стояння досліджуваних гібридів для отримання максимальної урожайності для: Белама – 75 тис./га, Тоніфі КС – 70 тис./га, Поезі КС – 75 тис./га.

**Ключові слова:** міжфазні періоди, загушення посівів, висота рослин, продуктивність, урожай.

**Бібліографічний опис для цитування:** Куценко О. М., Ляшенко В. В., Кеда Л. Ю. Ріст, розвиток та формування продуктивності рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. № 26 (4). С. 29–35.

## Вступ

Підвищенню та стабілізації врожаїв зерна кукурудзи, зміцненню зернофуражного та продовольчого балансу України сприяє впровадження у виробництво нових гібридів і засобів їх вирощування та встановлення для них оптимальної густоти стеблостою, а саме: адаптація гібридів до специфіки погодних і виробничих умов, недотримання гібридного складу та технології їх вирощування стримує одержання стабільних і високих урожаїв зерна кукурудзи у виробництві [1, 2].

Зв'язок між урожайністю та густиною посіву (кількістю одиниць площі рослин) становить значний агрономічний інтерес [3–5]. Зрозуміло, що залежний від щільності вплив на врожайність зумовлений конкуренцією між сусідніми рослинами за необхідні природні ресурси. Існує основне припущення, що рослина, розташована на певній ділянці, змушена отримувати поживні речовини лише з безпосередньої близькості, і ця зона може бути більшою, ніж розмір фактичної рослини як на поверхні, так і в землі [6, 7].

Відповідно до досліджень С. О. Добровольського [8] як зменшення, так і збільшення норм висіву насіння негативно впливає на врожайність зерна кукурудзи. Результати цих дослідів свідчать, що залежно від норм висіву насіння істотних змін польової схожості та тривалості періоду від сходів до кушення не спостерігалось.

Зважаючи на всі особливості ґрунтово-кліматичної зони, встановлюється найдоцільніша густина посівів кукурудзи відповідно до її групи стиглості [9]. Вона може коливатися залежно від біотипів і зони вирощування від 25 до 70 тис./га [10]. Відповідно до результатів Полтавської ДСГДС імені М. І. Вавилова [9] для регіону були встановлені оптимальні густоти стояння рослин для забезпечення максимальної продуктивності гібридів кукурудзи (ранньостиглі – 65–70 тис./га, середньоранні – 55–60 тис./га, середньостиглі – 45–50 тис./га).

За даними Л. С. Єремко [11], які отримані на Генічеській дослідній станції, для максимальної урожайності посіву оптимальна густина стояння рослин в умовах зрошення для ранньостиглих становила 80–90 тис./га, середньоранніх і середньостиглих – 70 тис./га та 60 тис./га. Водночас вологість зерна зменшилася до 21,5 і 24,5 %. Саме через це вибір найкращої густоти стояння рослин дозволить одержувати вищі врожаї з меншою вологістю зерна, у зв'язку з чим затрати на післязбиральне досушування значно знизяться.

У дослідженнях Г. П. Жемели та ін. [12] встановлено залежність тривалості міжфазних періодів та періоду вегетації гібридів кукурудзи від їх біологічних особливостей та погодних умов і майже не змінювалася під впливом густоти стояння рослин. Водночас за даними [13] максимальний рівень урожайності гібридів залежить від густоти та типу

стиглості: для середньостиглого – за 70 тис./га, середньораннього – 60–70 тис./га.

У результаті досліджень [14] з'ясовано, що через загушення посівів зменшуються показники індивідуальної продуктивності. Отже, визначення найкращої густоти посіву для різних за стиглістю гібридів кукурудзи, зважаючи на агроекологічні умови, є головним чинником зростання вироблення товарного зерна.

Досить важливим фактором при вивченні густоти стояння рослин є характер поширення кореневої системи по радіусу у ґрунтових шарах у поєднанні з максимальним проникненням у глибину, який забезпечує продуктивність рослин. При вивченні густоти гібридів кукурудзи в умовах північної Степової зони Ю. І. Ткаліч [15] довів, що коренева система розвивалася повільніше при збільшенні густоти стояння рослин. Водночас згідно з дослідями Є. В. Деряги [16] у східному Степу при загущенні посівів гібридів кукурудзи різних груп стиглості відбувається зменшення товщини стебла.

У північній Степовій зоні ранньостиглий і середньоранній гібриди сформували найвищу врожайність на не удобреному фоні при густоті стояння 50 тис./га, для середньораннього та середньопізнього – 30–40 тис./га, а з унесенням добрив – при 40 тис./га. При оптимальній густоті стояння рослин зі внесенням мінеральних добрив збільшується урожайність гібридів усіх груп стиглості [17].

Отже, актуальною проблемою, що постає перед виробництвом останніми роками, є встановлення диференційованої густоти сучасних гібридів у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах задля реалізації свого генетичного потенціалу продуктивності [18–20].

## Мета дослідження

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей структури агроценозів сучасних гібридів кукурудзи різних груп стиглості відповідно до густоти стояння рослин, за яких досягається максимальна реалізація генетичного потенціалу їх продуктивності.

*Завдання дослідження:*

- провести фенологічні спостереження та дослідити динаміку росту, розвитку рослин і формування продуктивності гібридів кукурудзи відповідно до густоти стояння рослин;
- встановити індивідуальну продуктивність рослин;
- науково обґрунтувати взаємозв'язок між урожайністю, густиною стояння рослин та тривалістю вегетаційного періоду гібридів кукурудзи.

## Матеріали і методи

Дослідження було проведено впродовж 2019–2021 років у польових умовах СФГ «Фаворит» Шилівської сільської ради Полтавського району

Полтавської області. Матеріалом дослідження обрано сучасні гібриди кукурудзи лінійки «Causade Semences» трьох груп стиглості: ранньостиглий Бела́мі, середньоранній Тоніфі КС, середньостиглий Поезі КС [21].

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем типовий середньогумусний з такими агрохімічними показниками: вміст гумусу в шарі 0–20 см – 4,95 %, в шарі 20–40 см – 3,73 % і на глибині до 160 см – 0,49 % [22].

У досліді використано загальноприйняту техно-логію вирощування кукурудзи для ґрунтово-кліматичної зони. Кукурудза розміщувалась у ланці сівозміни: соя – озима пшениця – кукурудза. Для боротьби з бур'янами внесено гербіциди АХ 900 (2,5 л/га) та Прайм (0,5 л/га). Ранньовесняний обробіток ґрунту зводився до закриття вологи та вирівнювання ґрунту, передпосівний – проводили комбінованими агрегатами типу «Європак». Сівбу виконували сівалкою точного висіву KUNN PLANTER з налаштуванням необхідної густоти. Протягом вегетації не проводили міжрядних обробітків.

Поставлені завдання виконували експериментальним методом у польових дослідях згідно з методикою Державного сортопробування сільськогосподарських культур [23] і «Методикою польового дослідження» [24, 25]. Площа посівної ділянки – 158,4 м<sup>2</sup> (36 м × 4,4 м), облікової – 108,0 м<sup>2</sup> (36 м × 3,0 м). Повторність – трикратна.

**Таблиця 2**

Тривалість міжфазних періодів вегетації гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин, діб (середнє за 2019–2021 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Тривалість періодів			
		сівба – сходи	сходи – цвітіння волотей	цвітіння волотей – повна стиглість	сходи – повна стиглість
Бела́мі	65	10,7	55,7	64,0	119,7
	70				
	75				
	80				
	85				
Тоніфі КС	60	10,7	62,0	69,3	131,3
	65				
	75				
	80				
Поезі КС	65	10,7	67,3	80,7	148,0
	70				
	75				
	80				
	85				

Гібрид Бела́мі виявився достатньо пластичним до змін густоти стояння культури, і це не вплинуло на зміну кількості діб між фазами розвитку та вегетацію загалом.

Варто зазначити, що із загущенням посіву тривалість періоду сходи – цвітіння волотей збільшувалась у гібрида Тоніфі КС залежно від густоти від 62,0 до 63,7 діб, у гібрида Поезі КС – від 67,3 до 68,3 діб. Своєю чергою, у гібрида Бела́мі тривалість цього періоду незалежно до зміни густоти стояння становила 55,7 днів.

Дослідження впливу густоти рослин перед збиранням виконано за схемою наведеною у таблиці 1.

**Таблиця 1**

Схема досліду

Групи скоростиглості та назва гібридів кукурудзи	Густота стояння рослин перед збиранням, тис./га				
Ранньостиглий (ФАО 200) Бела́мі	65	70	75	80	85
Середньоранній (ФАО 260) Тоніфі КС	60	65	70	75	80
Середньостиглий (ФАО 300) Поезі КС	65	70	75	80	85

### Результати та їх обговорення

Під впливом густоти стояння та погодних умов розвиток рослин кукурудзи за роками в межах одного гібрида проходив з різною інтенсивністю. Проведені дослідження підтверджують, що середній мінімальний показник періоду вегетації за 2019–2021 роки досліджень спостерігався у ранньостиглого гібрида Бела́мі (119,7 діб), більш тривалий – у середньо-раннього Тоніфі КС (131,3–132,7 діб), найтриваліший – середньостиглий Поезі КС (148,0–151,0 діб).

Після збільшення густоти рослин спостерігали подовження періоду вегетації гібридів Тоніфі КС та Поезі КС відповідно на 1,4 та 3,0 діб (табл. 2).

У всіх гібридів тривалість періоду від цвітіння волотей до повної стиглості змінювалася мало і була в межах 1–2 діб. У досліджуваних гібридів найкоротший період сходи – цвітіння волотей (45–61 діб) був 2020 року при високих температурах повітря. Середнім (54–66 діб) – 2019 року та максимально тривалим (68–78 дні) – у прохолодному і дуже вологому 2021 році (табл. 3).

**Таблиця 3**

Тривалість міжфазних періодів вегетації гібридів кукурудзи різних груп стиглості за роками, дів

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Тривалість періодів								
		сівба – сходи			сходи – цвітіння волотей			цвітіння волотей – повна стиглість		
		2019	2020	2021	2019	2020	2021	2019	2020	2021
Беламі	65									
	70									
	75	10	10	12	54	45	68	60	67	65
	80									
	85									
Тоніфі КС	60									
	65				62	56	68			
	70	10	10	12	63	56	69	65	75	68
	75				64	57	70	65	76	69
	80									
Поезі КС	65									
	70									
	75	10	10	12	65	61	76	71	85	86
	80							72	86	87
	85				66	61	78	73	87	88

Отже, в умовах центральної Лісостепової зони України тривалість міжфазних періодів та періоду вегетації культури майже не змінювалась під впливом густоти стояння рослин, а залежала від біологічних особливостей гібридів та погодних умов.

Згідно з нашими спостереженнями динаміки росту

кукурудзи у фазі 7–8 листків ранньостиглий гібрид Беламі мав найбільшу висоту рослин (65,5–66,7 см) (табл. 4). У наступній фазі (11–12 листків) макси-мальні темпи росту спостерігаються вже у гібридів Тоніфі КС та Поезі КС, а мінімальні – Беламі.

**Таблиця 4**

Динаміка росту рослин гібридів кукурудзи різних груп стиглості залежно від густоти стояння рослин, см (середнє за 2019–2021 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Фази росту і розвитку рослин			
		7–8 листків	11–12 листків	13–14 листків	цвітіння волотей
Беламі	65	65,5	119,6	163,8	189,3
	70	66,3	122,1	165,9	190,3
	75	66,7	122,3	166,8	193,1
	80	66,6	123,4	165,5	191,0
	85	66,1	121,7	163,5	190,4
Тоніфі КС	60	64,0	124,7	174,0	223,3
	65	64,5	125,1	176,0	224,3
	70	64,7	126,5	180,2	226,2
	75	63,6	124,8	178,1	224,8
	80	63,0	121,7	175,5	222,8
Поезі КС	65	63,3	123,3	175,7	224,8
	70	63,5	124,7	178,5	225,8
	75	64,8	126,9	179,9	227,9
	80	66,4	124,9	177,2	225,5
	85	65,4	122,8	172,7	224,6

Під час проведення обліків у фазі 13–14 листків у середньораннього гібрида Тоніфі КС спостерігалась максимальна висота рослин (180,2 см) при густоті 70 тис./га. У фазу цвітіння волотей висота рослин у ранньостиглого гібрида Беламі була максимальною при густоті 75 тис./га і становила 193,1 см, у середньораннього Тоніфі КС при густоті 70 тис./га – 226,2 см та середньостиглого Поезі КС при густоті 75 тис./га – 227,9 см.

У рослин середньостиглого гібрида, зважаючи на їх біологічні особливості, формувались рослини з більшою висотою, ніж у скоростиглих.

Також спостерігається залежність показників висоти рослин і від погодних умов років досліджень. Зокрема, в умовах 2019 р. висота рослин гібрида Беламі (75 тис./га) складала 178,5 см, Тоніфі КС

(70 тис./га) – 210,8 см і гібрида Поезі КС (75 тис./га) – 213,0 см. Натомість, у 2020 р. ці показники були дещо іншими, й склали відповідно за гібридами – 193,2, 241,4 та 241,1 см, 2021 р. – 207,7, 225,9 і 229,7 см. Висота рослин при загущенні посіву зменшувалась в посушливому 2019 та 2020 рр., та збільшувалась у вологому 2021 р.

Отже, відповідно до динаміки зміни висоти рослин можна зробити висновок, що цей показник залежить і від погодних умов періоду вегетації кукурудзи, а не тільки від густоти посіву та біологічних особливостей гібрида.

Відповідно до густоти стояння спостерігалися зміни у висоті прикріплення качанів, що є показником придатності рослин кукурудзи до механізованого збирання (табл. 5).

Таблиця 5

Висота прикріплення качана залежно від густоти стояння рослин, см

Гібриди	Роки спостережень	Густота стояння рослин, тис./га					
		60	65	70	75	80	85
Беламі	2019–2020	-	81,55	82,9	84,15	84,6	85,75
	2021	-	84,5	85,2	86,7	87,6	88,1
	В середньому	-	82,5	83,7	85,0	85,6	86,5
Тоніфі КС	2019–2020	84,9	85,95	87,25	87,95	88,9	-
	2021	85,4	86,1	87,5	88,4	89,2	-
	В середньому	85,1	86,0	87,3	88,1	89,0	-
Поезі КС	2019–2020	-	85,95	87,15	87,95	88,9	89,8
	2021	-	93,1	94,4	95,2	96,5	97,1
	В середньому	-	88,3	89,6	90,4	91,4	92,2

Показники 2021 р. значно перевищували середні значення висоти прикріплення качана 2019–2020 років у всіх досліджуваних гібридах. У середньому за роки досліджень при підвищенні густоти стояння рослин у гібрида Беламі від 65 до 85 тис./га висота прикріплення качана збільшувалась на 4,6 %, у гібрида Тоніфі КС за зміни густоти від 60 до 80 тис./га на 4,4 % і гібрида Поезі КС від 65 до 85 тис./га – на 4,2 %.

При збільшенні густоти вищезазначених гібридів кожного року спостерігалось збільшення висоти прикріплення качана рослин. За 2019 р. у гібридів Беламі – від 83,8 до 88,2 тис./га, Тоніфі КС – 88,7–92,1 тис./га, Поезі КС – 89,7–92,9 тис./га. 2020 року відповідно за гібридами – 79,3–83,3, 81,1–85,7, 82,2–86,7 тис./га і 2021 р. – 84,5–88,1, 85,4–89,2 та 93,1–97,1 тис./га. Отже, загушення посівів призводить до підвищення висоти прикріплення качана у всіх досліджуваних гібридів.

Таблиця 6

Морфологічні ознаки качанів і елементи структури урожаю залежно від густоти стояння рослин (2019–2021 рр.)

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Довжина качана, см	Маса зерна з одного качана, г	Вихід зерна, %
Беламі	65	20,7	153,4	81,5
	70	20,5	150,0	82,1
	75	20,4	147,8	82,8
	80	20,1	139,3	81,0
	85	20,0	134,9	81,0
Тоніфі КС	60	21,8	181,6	80,2
	65	21,5	177,2	81,3
	70	21,1	174,6	82,2
	75	20,5	161,3	81,4
	80	20,6	153,3	79,6
Поезі КС	65	22,0	167,3	77,2
	70	21,6	158,5	77,9
	75	21,0	154,9	78,8
	80	20,8	146,4	78,3
	85	20,4	133,1	77,1

Також було відмічене збільшення діапазону мінливості маси зерна та лінійних розмірів качана через перехід від ранньостиглої форми до середньостиглої. Найкращою озерненістю качана була в усіх гібридів за оптимальної густоти (75 тис./га у гібрида Беламі, 70 тис./га – Тоніфі КС та 75 тис./га Поезі КС) і складала відповідно 82,8, 82,2, 78,8 %. Мінімальних значень вона набула за максимальної густоти посіву рослин (85, 80 і 85 тис./га) і становила відповідно – 81,0, 79,6 і 77,1 %.

В умовах 2019–2021 рр. встановлено, що максимальна врожайність сформувалась у середньостиглого гібрида Поезі КС (9,44 т/га), а ранньостиглий гібрид

Також висота прикріплення качанів залежить від висоти рослин, більша вона у середньостиглого гібрида Поезі КС (88,3–92,2 см) та мінімальна у ранньостиглого Беламі (82,5–86,5 см).

При збільшенні густоти посіву поступово зменшувались морфологічні ознаки качанів (табл. 6). На масу зерна з качана також істотний вплив мали погодні умови року, адже посушливого 2019 року показники цих структурних елементів були мінімальними.

Через збільшення густоти рослин від максимального значення до мінімального у досліджуваних гібридів спостерігалось зменшення лінійних розмірів на 3,4 % – ранньостиглий Беламі, 5,5 % – середньоранній Тоніфі КС та 7,3 % середньостиглий Поезі КС. Загушення посіву також спричинило зменшення маси зерна з качана в усіх досліджуваних гібридів: ранньостиглий – на 18,5 г (12,1 %), середньоранній – на 28,3 г (15,6 %) та середньостиглий – на 34,2 г (20,4 %).

Беламі мав найменшу продуктивність в середньому за три роки дослідження (табл. 7).

Ранньостиглий гібрид Беламі мав максимальну урожайність 7,69 т/га за густоти стояння рослин 75 тис./га. Через зменшення густоти на 5 та 10 тис. спостерігали зменшення врожаю відповідно на 3,3 та 6,2 %. При загущенні посіву до 80 та 85 тис./га також спостерігалось зменшення урожаю відповідно до 7,4 та 7,15 т/га. Отже, урожайність досліджуваних гібридів більшою мірою зменшувалась при загущенні посівів: Беламі – до 85 тис./га, Тоніфі КС – до 80 тис./га, Поезі КС – до 85 тис./га.

Таблиця 7

Урожайність зерна різних за стиглістю гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, т/га

Гібриди	Густота стояння рослин, тис./га	Урожайність, т/га				
		2019 р.	2020 р.	2021 р.	середнє за 2020–2021 рр.	середнє за 2019–2021 рр.
Беламі	65	5,04	7,99	8,60	8,30	7,21
	70	5,18	8,30	8,82	8,56	7,43
	75	5,24	8,60	9,22	8,91	7,69
	80	5,00	8,20	9,00	8,60	7,40
	85	4,93	7,95	8,56	8,26	7,15
Тоніфі КС	60	6,40	8,51	8,81	8,66	7,91
	65	6,84	8,99	9,21	9,10	8,35
	70	7,00	9,32	9,45	9,38	8,59
	75	7,08	8,77	9,07	8,92	8,31
	80	6,40	8,51	8,70	8,61	7,87
Поезі КС	65	7,77	9,00	9,31	9,16	8,69
	70	8,23	9,38	9,59	9,49	9,07
	75	8,65	9,87	9,81	9,84	9,44
	80	8,60	9,61	9,44	9,53	9,22
	85	8,42	9,21	9,13	9,17	8,92
НІР 0,95: для густоти		0,31	0,16	0,21		
для гібридів		0,23	0,13	0,17		

Середньоранній гібрид Тоніфі КС досягав максимальної врожайності (8,59 т/га) за густоти стояння посіву 70 тис./га. Також спостерігається така ж закономірність, як і в ранньостиглого гібрида на загущених та зріджених посівах – зменшення врожаю: 60–65 тис./га – на 2,8–7,9 %; 75–80 тис./га – на 3,3–8,3 %.

Через агроекологічні умови 2019–2021 рр. спостерігали значні зміни щодо формування врожайності досліджуваних гібридів. Посушливий 2019 р. через недостатню кількість опадів і високу температуру повітря мав мінімальну урожайність порівняно з середнім показником за 2020–2021 рр. Так, показники максимальної врожайності у цей рік становили у ранньостиглого гібрида – 5,24 т/га, середньораннього – 7,0 т/га та середньостиглого – 8,65 т/га.

Агроекологічні умови 2021 р. сприяли високій зерновій продуктивності у гібридів Беламі (8,6–8,56 т/га) та Тоніфі КС (8,81–8,70 т/га) і незначно меншою у гібрида Поезі КС. У ці досліджувані роки спостерігалась взаємодія чинників біотипу гібридів і густоти посівів рослин, яка вплинула на формування врожаю кукурудзи. Саме тому необхідно визначити оптимальні параметри густоти рослин при вирощуванні гібрида конкретної групи стиглості у певних кліматичних умовах.

Отже, згідно з одержаними результатами визначена оптимальна густота стояння досліджуваних гібридів для отримання максимальної врожайності для: ранньостиглого Беламі – 75 тис./га, середньораннього Тоніфі КС – 70 тис./га, середньостиглого Поезі КС – 75 тис./га.

## Висновки

Тривалість періоду вегетації кукурудзи визначалась біологічними властивостями гібридів та густотою стояння рослин. Загущення посіву подовжувало вегетацію гібридів у середньому на 1–2 дні.

Найвищі показники лінійного росту були зафіксовані у рослин ранньостиглого гібрида Беламі за густоти 75 тис./га (193,1 см), середньораннього Тоніфі КС – 70 тис./га (226,2 см), а середньостиглого

Поезі КС – 75 тис./га (227,9 см).

За загущення посіву гібрида Беламі від мінімального до максимального рівня лінійні розміри качана зменшувались на 3,4 %, Тоніфі КС – на 5,5 %, Поезі КС – на 7,3 %, а маса зерна з качана – на 12,1, 15,6 і 20,4 % відповідно.

Максимальний урожай зерна ранньостиглого гібрида одержано за густоти стояння рослин 75 тис./га, середньораннього – 70 тис./га, середньостиглого 75 тис./га.

*Перспективи подальших досліджень* передбачають визначення особливостей росту, розвитку й урожайності гібридів кукурудзи за строками сівби.

## Конфлікт інтересів


Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

## References

- Solomon, K. F., Chauhan, Y., & Zeppa, A. (2017). Risks of yield loss due to variation in optimum density for different maize genotypes under variable environmental conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 203 (6), 519–527. <https://doi.org/10.1111/jac.12213>
- Tokatlidis, I. S. (2017). Crop adaptation to density to optimise grain yield: breeding implications. *Euphytica*, 213 (4). <https://doi.org/10.1007/s10681-017-1874-8>
- El-Hamed, K. E.-S. A., & Elwan, M. W. M. (2011). Dependence of pumpkin yield on plant density and variety. *American Journal of Plant Sciences*, 02 (05), 636–643. <https://doi.org/10.4236/ajps.2011.25075>
- Tokatlidis, I., Chauhan, Y., & Assefa, Y. (2022). Editorial: Crop response to density: Optimization of resource use to promote sustainability. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.969332>
- Assefa, Y., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R., Jeschke, M., Paszkiewicz, S., Smith, S., & Ciampitti, I. A. (2018). Analysis of long term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain. *Scientific Reports*, 8 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23362-x>
- Assefa, Y., Vara Prasad, P. V., Carter, P., Hinds, M., Bhalla, G., Schon, R., Jeschke, M., Paszkiewicz, S., & Ciampitti, I. A. (2016). Yield responses to planting density for us modern corn hybrids: a synthesis-analysis. *Crop Science*, 56 (5), 2802–2817. <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.04.0215>

7. Fischer, R. A. (2020). Breeding wheat for increased potential yield: Contrasting ideas from Donald and Fasoulas, and the case for early generation selection under nil competition. *Field Crops Research*, 252, 107782. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2020.107782>
8. Dobrovolskyi, S. O. (2021). Vplyv normy vysivu nasinnia na produktyvnist hibrydiv kukurudzy. *Efektivne funktsionuvannia ekolohichno-stabilnykh terytorii u konteksti stratehii stiikoho rozvytku: ahroekolohichni, sotsialnyi ta ekonomichni aspekty: Materialy V mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii*. Poltava [in Ukrainian]
9. Hanhur, V. V. (2021). Kukurudza na zerno – krashchi stroky sivby i optimalna hustota stoiannia roslyn dlia Livoberezhnogo Lisostepu. *Ahrobiznes Sьогодni*, 07 (446), 24–25. [in Ukrainian]
10. Tsykov, V. S. (2003). *Kukurudza: tehnologiya, gibrydy, semena*. Dnepropetrovsk: Zorya [in Russian]
11. Yermenko, L. S. (2002). Optymizatsiia struktury posiviv, riznykh za skorostyhlishti hibrydiv kukurudzy. *Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh vchenykh i spetsialistiv z problemy vyrobnytstva zerna v Ukraini*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian]
12. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Liashenko, V. V., Liashenko, Y. S., & Podoliak, V. A. (2021). Formation of maize hybrids grain productivity depending on sowing rate. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 1, 97–105. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.11>
13. Zhemela, H. P., & Shevelov, V. V. (2000). Vplyv deiaknykh ahrotekhnichnykh zakhodiv vyroshchuvannia na zaburianenist ta volohozabezpechenist kukurudzy. *Visnyk Poltavskoho Derzhavnogo Silskohospodarskoho Instytutu*, 2, 12–15. [in Ukrainian]
14. Zhemela, H. P., Barabolia, O. V., Liashenko, V. V., Liashenko, Ye. S., & Podoliak, V. A. (2021). Hustota roslyn – faktor dlia oderzhanntia vysoknykh vrozhaiv kukurudzy. In T. O. Chaika (Red.), *Stiiki rozvytok silskykh terytorii u konteksti realizatsii derzhavnoi ekolohichnoi polityky ta enerhozberezhennia: kolektyvna monohrafiia* (pp. 49–56). Poltava: Astraia [in Ukrainian]
15. Tkalych, Yu. I. (2000). Rist, rozvytok ta produktyvnist hibrydiv kukurudzy riznogo morfotytu zalezno vid hustoty stoiannia roslyn v pivnichnii chastyni Stepu Ukrainy. *Doctor's thesis*. Instytut zernovoho hospodarstva UAAN, Dnipropetrovsk [in Ukrainian]
16. Deriaha, Ye. V. (2002). Tekhnolohichni zakhody optymizatsii vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy riznykh hrup styhlosti v skhidnomu Stepu. *Candidate's thesis*. Instytut zernovoho hospodarstva UAAN, Dnipropetrovsk [in Ukrainian]
17. Zaverkaliuk, V. F. (2003). Produktyvnist hibrydiv kukurudzy zalezno vid hustoty stoiannia roslyn i rivnia mineralnogo zhyvlennia v pivnichnomu Stepu Ukrainy. *Extended abstract of candidate's thesis*. Instytut zernovoho hospodarstva UAAN, Dnipropetrovsk [in Ukrainian]
18. Polyakov, V. (2020). Yield of corn hybrids depending on plant density and fertilization systems. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 27 (41). [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27\(41\)-22](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-22)
19. Vlashchuk, O. M., Konashchuk, O. P., & Kolpakova, O. S. (2017). Vplyv strokiv sivby na produktyvnist ta yakist zerna hibrydiv kukurudzy v umovakh zroshennia. *Ahroekolohichni Zhurnal*, 3, 89–95. [in Ukrainian]
20. Tokatlidis, I. S., & Koutroubas, S. D. (2004). A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research*, 88 (2–3), 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2003.11.013>
21. Katalog kompanii «Causade Semences». Retrieved from: <https://euralis.ua/wp-content/uploads/WEB-2021-Cossad-Catalogue.pdf> [in Ukrainian]
22. Karta gruntiv Ukrainy. Retrieved from: <https://super-agronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#win15> [in Ukrainian]
23. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini*. Vinnytsia: FOP Korzun D. Yu. [in Ukrainian]
24. Ushkarenko, V. O., Vozhehova, R. A., Holoborodko, S. P., & Korkovikhin, S. V. (2020). *Metodyka polovoho doslidu*. Odesa: Oldi+ [in Ukrainian]
25. Lebid, Ye. M., Tsykov, V. S., & Pashchenko, Yu. M. (2008). *Metodyka provedennia polovykh doslidiv z kukurudzoiu: metodychni rekomendatsii*. Dnipropetrovsk: IZGH UAAN [in Ukrainian]

#### ORCID

- O. Kutsenko  <https://orcid.org/0000-0001-8692-2302>  
V. Liashenko  <https://orcid.org/0000-0003-0177-6209>



2023 Kutsenko O. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.