

## ВПЛИВ ГУСТОТИ СТОЯННЯ РОСЛИН ТА РІВНЯ МІНЕРАЛЬНОГО ЖИВЛЕННЯ НА УМІСТ ХЛОРОФІЛУ В ЛИСТКАХ КУКУРУДЗИ

**ЦИЛЮРИК О.І.** – доктор сільськогосподарських наук., професор

*orcid.org/0000-0002-7479-8401*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**ТИЩЕНКО В.О.** – аспірант кафедри рослинництва

*orcid.org/0009-0006-6872-3223*

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

**Постановка проблеми.** Одним із головних чинників, що суттєво впливають на вміст хлорофілу в листі та врожайність кукурудзи, є оптимальна густина стояння рослин і рівень мінерального живлення [1–6]. Це питання стало особливо актуальним, оскільки в останні роки до Державного реєстру сортів рослин України було внесено значну кількість нових гібридів різних груп стиглості, для яких ці параметри ще не визначені з урахуванням конкретних зон вирощування [6, 7]. Визначення оптимальної густоти стояння для кожного нового гібриду є важливою умовою досягнення максимального рівня хлорофілу, високої врожайності та раціонального використання виробничих ресурсів. Таким чином, науковцям і виробникам необхідно приділяти підвищену увагу до параметрів густоти рослин і удобрення кукурудзи, щоб забезпечити високі показники продуктивності в умовах Степу [8–11].

Вміст хлорофілу та врожайність кукурудзи значною мірою залежать від густоти стояння рослин, оскільки цей показник визначає рівень конкуренції за ресурси, такі як світло, волога та поживні речовини. При зниженій густоті стояння кожна рослина отримує більше простору і менше конкуренції за світлові та водні ресурси, а також поживні елементи. Це сприяє формуванню більшої кількості та розміру качанів на одну рослину. Однак загальна кількість рослин на площі зменшується, що може негативно вплинути на врожайність у цілому, незважаючи на високу продуктивність окремих екземплярів. Оптимальна густина стояння дозволяє знайти баланс між числом рослин і доступними ресурсами, забезпечуючи достатнє надходження світла, води та поживних речовин. Це сприяє досягненню максимального вмісту хлорофілу в листі та високої врожайності на одиницю площі. Для правильного визначення оптимальної густоти необхідні детальні знання про особливості конкретного гібриду та умови його вирощування [12, 13].

Збільшення кількості рослин кукурудзи на одиницю площі може сприяти зростанню загальної врожайності. Проте це також підсилює конкуренцію між рослинами за необхідні ресурси. Внаслідок цього, культури можуть відчувати дефіцит світла, води та поживних речовин, що негативно впливає на вміст хлорофілу, розмір качанів і кількість зерен на кожній рослині. Така ситуація може призвести до погіршення якості врожаю та зниження його загальних показників.

Тому для досягнення максимальної врожайності кукурудзи надзвичайно важливо правильно визначити оптимальну густоту стояння рослин для конкретного

гібриду. Цей показник залежить від багатьох чинників, таких як тип ґрунту та рівень його удобрення, забезпеченість вологою, агротехнічні умови та кліматичні особливості регіону. Агрономи повинні постійно проводити дослідження і експериментально визначати найкращу густоту для кожного гібриду, адаптованого до конкретної агрокліматичної зони.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У світовій аграрній практиці оптимальна густина стояння рослин кукурудзи різних груп стиглості визначається на основі польових експериментів та коригується відповідно до технології вирощування, стиглості гібридів, родючості ґрунту та погодних умов у конкретні роки досліджень. Закордонні дослідження показали, що оптимальна густина для кукурудзи варіюється залежно від ґрунтово-кліматичних зон. У США вона становить 30–40 тис. рослин/га, Південній Африці – 17,2–20 тис. рослин/га, а у ЄС – 50–75 тис. рослин/га. Це підкреслює необхідність адаптації густоти стояння до конкретних умов на основі науково обґрунтованих досліджень як вітчизняних, так і закордонних фахівців [14].

При збільшенні густоти посівів кукурудзи сповільнюється фотосинтез, ріст і розвиток рослин [15]. За словами Маслійова С. В., загузені посіви кукурудзи, особливо ранньостиглих гібридів, прискорюють своє дозрівання [16]. Дослідження науковців містять суперечливі результати щодо впливу густоти рослин на їх вміст хлорофілу, фотосинтетичну діяльність, ріст і розвиток рослин, що зумовлено різними агротехнічними прийомами, ґрунтово-кліматичними умовами та морфо-біологічними особливостями гібридів. Експериментально встановлено, що для степової зони оптимальна густина становить 40–50 тис. рослин/га. Югенхеймер Р. У. [17] вважає, що кількість рослин кукурудзи на одиницю площі необхідно регулювати з урахуванням родючості ґрунту та рівня вологозабезпеченості. Збільшення густоти до 86 тис. рослин/га забезпечувало підвищення врожайності на 48%.

Високі врожаї кукурудзи можливі лише за умови внесення достатньої кількості добрив, оскільки ця культура ефективніше засвоює поживні речовини порівняно з іншими зерновими. Це пояснюється тривалішим вегетаційним періодом і здатністю рослин активно поглинати елементи живлення протягом усього циклу розвитку – від початку вегетації до повного дозрівання зерна [18]. Найбільше споживання поживних речовин відбувається

до фази воскової стиглості [19], коли рослини вже засвоїли 90% елементів, особливо у період інтенсивного росту (від викидання волоті до цвітіння). На формування 1 тони зерна кукурудза поглинає 16–35 кг азоту, 7–13 кг фосфору та 20–35 кг калію [20]. Регулярне удобрення та підживлення протягом усього вегетаційного періоду сприяє високій продуктивності, оскільки всі необхідні елементи надходять до стебла через кореневу систему [21]. Оптимальні норми мінеральних і органічних добрив є ключем до забезпечення високої врожайності кукурудзи [22, 23]. Тільки за правильного застосування добрив можна досягти збільшення врожайності та покращення якості зерна [24, 25].

**Мета** нашої роботи полягала у визначенні вмісту хлорофілу в листках кукурудзи та формування врожайності зерна залежно від густоти стояння рослин та удобрення.

**Матеріали та методика досліджень.** Польовий експеримент було проведено в фермерському господарстві «Юлія і К», розташованому в селі Мар'ївка Новомосковського району Дніпропетровської області. Ґрунт на дослідному полі – звичайний малогумусний чорнозем з вмістом гумусу 3,3%. Вміст рухомих форм N–NO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і K<sub>2</sub>O становив відповідно 2,5, 10,0 та 8,9 мг/100 г ґрунту, рН дорівнює 6,9, а щільність ґрунту – 1,2 г/см<sup>3</sup>.

Обробіток ґрунту почали з луцення стерні за допомогою важкої дискової борони БДВП–4.2 після збору врожаю озимої пшениці. Схема експерименту передбачала посів чотирьох гібридів, що належать до різних груп стиглості: ранньостиглий ДМС Лорд, середньоранній ДМС Прайм, середньостиглий ДМС 3015 та середньопізній ДМС Шатл.

Для кожного гібрида було застосовано три фони удобрення:

1. Без добрив;
2. N<sub>30</sub>P<sub>30</sub>K<sub>30</sub>;
3. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>.

Внесення добрив здійснювалося навесні розкидним способом перед передпосівною культивацією з використанням комплексного мінерального добрива нітроамофоски.

Крім того, зазначені гібриди висівалися за густоти стояння рослин у 30, 40, 50 та 60 тис./га. Догляд за кукурудзою проводився згідно з прийнятими технологіями для степової зони, зокрема, внесення ґрунтового гербіциду Харнес – 2,5 л/га, а в фазі 5–6 листків обприскування страховим гербіцидом Дісулам – 0,5 л/га. Погодні умови були в цілому сприятливими для росту та розвитку рослин кукурудзи, за винятком посушливих періодів весни (травень) та літа (червень, серпень).

Усі обліки та спостереження проводили відповідно до методики агрономічних досліджень. [26].

**Результати досліджень.** Дослідження показують, що кількість листків у кукурудзи тісно пов'язана з біологічними особливостями гібридів. Спостерігалось поступове збільшення кількості листків від ранньостиглого гібрида ДМС Лорд (9,8–10,4 шт./рослину) до середньопізнього ДМС Шатл (12,5–13,5 шт./рослину). Також було відзначено тенденцію до зростання кількості листків при внесенні мінеральних добрив, що збільшувало цей показник на 7,6–10,7%.

Найменшу площу листків однієї рослини зафіксовано в контролі – 319,9–528,8 см<sup>2</sup>. Внесення мінеральних добрив, зокрема в дозі N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, спричинило збільшення площі листової пластинки на 25,4–28,4%. Водночас, у густіших посівах кукурудзи (60 тис. рослин на га) площа листової поверхні зменшувалася на 7,3–9,2% через підвищену конкуренцію між рослинами.

Фотосинтез залежить від площі листової поверхні: чим більша площа, тим більше сонячної енергії може бути поглинуто для фотосинтезу. Листки, будучи основними органами цього процесу, визначають його продуктивність, тому їх збільшена площа сприяє підвищенню ефективності фотосинтезу. Це, у свою чергу, забезпечує кращий ріст і розвиток рослин, а також формування вищого врожаю зерна кукурудзи.

Основним підходом до максимального використання фотосинтетично активної радіації сонця є стимулювання швидкого розвитку листової поверхні кукурудзи, особливо на ранніх етапах вегетації, за допомогою сучасних елементів агротехнологій. Зокрема, застосування мінеральних добрив та оптимальної густоти стояння рослин для різних груп стиглості гібридів кукурудзи сприяє підвищенню вмісту хлорофілу, ефективності фотосинтезу та збільшенню врожайності зерна.

У наших дослідженнях значний вплив на вміст хлорофілу в листках кукурудзи мали мінеральні добрива та оптимальна густина рослин. Вміст хлорофілу також залежав від особливостей гібридів і їхньої групи стиглості. Застосування мінеральних добрив у дозах N<sub>30-60</sub>P<sub>30-60</sub>K<sub>30-60</sub> порівняно з контролем (SPAD 50,6–55,4) збільшило вміст хлорофілу на ранньостиглому гібриді ДМС Лорд на 9,2–10,2 одиниць (18,90–20,60%), на середньоранньому ДМС Прайм – на 10,3–13,89 одиниць (19,20–24,70%), на середньостиглому ДМС 3015 – на 3,4–7,7 одиниць (5,60–13,20%), а на середньопізньому ДМС Шатл – на 2,6–7,1 одиниць (4,10–12,30%).

Було виявлено тенденцію до підвищення вмісту хлорофілу при внесенні більш високих доз мінеральних добрив (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>), особливо у ранньостиглого ДМС Лорд і середньораннього ДМС Прайм, порівняно з середньостиглим ДМС 3015 та середньопізнім ДМС Шатл. Це пояснюється коротшим вегетаційним періодом ранньостиглих гібридів, що призводить до швидшого настання фаз розвитку і, відповідно, більшого вмісту хлорофілу та інтенсивнішого фотосинтезу під час вимірювання (кінець липня) у фазі початку викидання волотей (ВВСН 60–63). У пізньостиглих гібридів ці процеси активізувалися пізніше.

Отже, внесення добрив у дозах N<sub>30-60</sub>P<sub>30-60</sub>K<sub>30-60</sub> сприяло підвищенню вмісту хлорофілу в листках кукурудзи, вимірюваного в одиницях SPAD, порівняно з контрольним варіантом (SPAD 50,6–55,4) на 2,6–13,9 одиниць SPAD, або на 4,10–24,70%. Спостерігалася тенденція збільшення вмісту хлорофілу при внесенні вищої дози добрив (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) у ранньостиглого гібрида ДМС Лорд і середньораннього ДМС Прайм, порівняно з середньостиглим ДМС 3015 і середньопізнім ДМС Шатл.

За результатами досліджень у 2022–2024 роках, за врожайністю зерна перевагу мали середньостиглий

гібрид ДМС 3015 (3,86–6,02 т/га), середньопізній ДМС ШАТЛ (4,41–6,01 т/га) та середньоранній ДМС Прайм (4,52–5,97 т/га), що свідчить про переваги гібридів з тривалішим вегетаційним періодом. Водночас ранньостиглий ДМС Лорд (3,89–4,60 т/га) мав на 0,63–1,42 т/га (13,9–23,5%) нижчу врожайність (табл. 1).

Внесення мінеральних добрив сприяло збільшенню врожайності кукурудзи порівняно з контрольним варіантом. Зокрема, для середньостиглого гібрида ДМС 3015 підживлення  $N_{30}P_{30}K_{30}$  підвищило врожайність на 0,12–0,87 т/га (2,13–18,3%), а  $N_{60}P_{60}K_{60}$  – на 0,66–1,13 т/га (11,35–22,6%). Для середньостиглого ДМС ШАТЛ збільшення врожайності становило 0,37–1,17 т/га (7,7–19,6%)

Таблиця 1

**Вплив густоти стояння рослин та фону мінерального удобрення на врожайність зерна кукурудзи в середньому за 2022–2024 роки, т/га**

Густота стояння рослин, тис/га (фактор С)	Гібриди кукурудзи (фактор А) та система удобрення (фактор В)											
	ДМС ЛОРД (ранньостиглий)			ДМС ПРАЙМ (середньоранній)			ДМС 3015 (середньостиглий)			ДМС ШАТЛ (середньопізній)		
	без добрив	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	без добрив	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	без добрив	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$	без добрив	$N_{30}P_{30}K_{30}$	$N_{60}P_{60}K_{60}$
2022 рік												
30	4,35	4,21	4,11	5,94	4,79	5,15	4,90	5,68	5,85	5,14	5,37	6,85
40	4,41	4,45	4,87	6,14	6,44	6,22	6,22	6,94	6,21	6,26	6,48	7,18
50	5,15	4,78	5,12	6,83	7,22	7,49	6,06	7,16	7,59	7,34	7,51	7,25
60	5,33	4,61	4,87	6,58	7,25	6,81	6,72	7,22	7,37	7,00	7,43	7,11
2023 рік												
30	4,64	4,45	3,96	4,92	5,50	5,34	3,90	5,32	5,22	4,50	5,10	5,70
40	4,95	4,35	4,34	5,86	5,90	5,45	5,34	6,02	5,56	5,60	5,40	6,10
50	4,96	5,01	4,90	6,02	6,05	6,02	5,76	6,32	6,23	5,87	6,05	6,25
60	5,33	4,75	4,62	5,10	6,01	5,84	5,05	5,76	5,98	5,20	5,05	5,50
2024 рік												
30	2,70	3,20	3,40	2,70	2,90	3,10	2,80	3,20	3,90	3,60	3,80	4,00
40	3,10	3,30	3,30	3,50	3,70	3,90	3,20	3,50	4,20	3,90	4,10	4,30
50	3,00	3,60	3,80	4,20	4,30	4,40	3,80	4,00	4,25	4,20	4,30	4,30
60	2,50	3,50	3,70	3,80	4,20	3,80	3,70	3,90	4,10	4,10	4,20	4,40
Середнє												
30	3,89	3,95	3,82	4,52	4,39	4,53	3,86	4,73	4,99	4,41	4,78	5,51
40	4,15	4,03	4,17	5,16	5,34	5,19	4,92	5,48	5,32	5,25	5,32	5,86
50	4,37	4,46	4,60	5,68	5,85	5,97	5,20	5,82	6,02	5,80	5,95	6,01
60	4,38	4,28	4,39	5,16	5,82	5,48	5,15	5,62	5,81	5,43	5,56	5,67
Роки досліджень	2022		2023		2024							
НІР <sub>0,5</sub> т/га для гібриду (А)	1,0		0,8		0,9							
для системи добрив (В)	0,7		0,6		0,3							
для густоти стояння рослин (С)	0,6		0,5		0,7							
для взаємодії факторів (АВС)	1,5		1,4		1,2							

при внесенні  $N_{30}P_{30}K_{30}$  та 0,24–1,1 т/га (4,23–19,9%) при використанні  $N_{60}P_{60}K_{60}$ .

Однак у 2022–2024 рр. на ранньостиглому гібриді ДМС Лорд та середньоранньому ДМС ПРАЙМ ефективність добрив була низькою через посуху в критичні фази розвитку (викидання волоті, цвітіння, налив зерна). Прибавка врожайності була мінімальною: на ДМС Лорд – лише 0,01 т/га (0,21%), а на ДМС ПРАЙМ – 0,66 т/га (11,0%).

**Висновки:** 1. Було виявлено поступове збільшення кількості листків у кукурудзи від 9,8–10,4 шт. на одну рослину в ранньостиглого гібриду ДМС Лорд до 12,5–13,5 шт. у середньопізнього ДМС Шатл, що чітко пов'язано з біологічними особливостями гібридів. Також встановлено, що внесення мінераль-

них добрив сприяє збільшенню кількості листків на 7,50–10,60%.

2. Площа листової поверхні кукурудзи залежала від кількості листків на рослині. Найменша площа спостерігалася на контрольних варіантах і становила 319,9–528,8 см<sup>2</sup>. Застосування мінеральних добрив, особливо в дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , спричинило приріст площі листків на 25,3–28,3%. Збільшення густоти рослин до 60 тис. га викликало тенденцію до зменшення площі листової поверхні на 7,3–9,2% через підвищену конкуренцію між рослинами.

3. Внесення добрив у дозах  $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$  призвело до збільшення вмісту хлорофілу в листках кукурудзи порівняно з контролем (SPAD 50,6–55,4) на 2,6–13,9 одиниць SPAD, або 4,10–24,70%. Було також помі-

чено, що підвищена доза мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  значно підвищила вміст хлорофілу в ранньостиглому гібриді ДМС Лорд і середньоранньому ДМС Прайм порівняно із середньостиглим ДМС 3015 і середньопізним ДМС Шатл.

4. Найоптимальнішою густотою для різних груп стиглості кукурудзи виявилася густина 50–60 тис. рослин на гектар, оскільки вона забезпечувала максимальні біометричні показники та врожайність зерна на рівні 4,60–6,02 т/га та 4,38–5,81 т/га відповідно. Для умов Північного Степу України рекомендується висівати середньостиглі гібриди кукурудзи за густоти стояння 50 тис. рослин на гектар із внесенням добрив  $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ , зокрема гібрид ДМС 3015, який демонстрував максимальну врожайність 6,93–6,02 т/га.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Tkalic, Y. I., Tsyliuryk O. I., Kokhan, A. V., Yevtushenko, H. O., Gonzalez, P. H. Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agrology*. 2023. №6 (4). P. 97–103. DOI:10.32819/021116
2. Tsyliuryk O. I., Izhboldin, O. O., Sologub, I. M. Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 2023. № 26 (10). 59–67. DOI:10.48077/scihor10.2023.59
3. Лихочвор В. В., Шинкарук Л. М. Фотосинтетичні показники рослин кукурудзи залежно від елементів удобрення. Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти : зб. тез IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, квітень 2021 р.). Київ : Науковометодичний центр ВФПО, 2021. С. 95–97.
4. Циліурік О. І., Сологуб І. М. Регулятори росту в посівах кукурудзи Північного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 132. 237–248. DOI:10.32782/2226–0099.2023.132.29
5. Циліурік О. І., Сологуб І. М. Ефективність стимуляторів росту рослин на кукурудзі в Північному Степу. *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 130. 259–268. DOI:10.32851/2226–0099.2023.130.37
6. Шинкарук Л. М. Вплив удобрення кукурудзи на біометричні показники та елементи структури урожаю кукурудзи в умовах західного Лісостепу України. *Збірник наукових праць Уманського НУС*. Вип. 96, ч. 1. 2020. С. 443–456. DOI: 10.31395/2415–8240–2020–96–1–443–456
7. Шинкарук Л. М. Вплив макро- і мікродобрив на врожайність кукурудзи. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: 12 агрономія*. 2021. № 25. С. 162–166. DOI: 10.31734/agronomy2021.01.162
8. Циліурік О. І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Львів: Новий Світ–2000, 2019. 298 с. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/1687/1/thilyu.pdf>
9. Циліурік О. І. Сучасні системи мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Одеса: Олді Плюс+, 2023. – 344 с. : 12 рис., 71 табл., 458 бібліогр. <https://oldiplus.ua/suchasni-sistemi-mulchuvalnogo-obrobitku-gruntu-v-pivnichnomu-stepu/>
10. Петриченко В. Ф., Лихочвор В. В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур у підручник. 5–те вид., виправ., доповн. Львів : НВФ «Українські технології», 2020. 806 с.
11. Камінський В. Ф. та ін. Наукові основи ефективності використання виробничих ресурсів у різних моделях технологій вирощування зернових культур. Київ: Видавничий дім «Вінніченко». 2017. 580 с.
12. Bahatchenko V. V., Tahantsova M. M., & Stefkivska Y. L. Вплив густоти стояння рослин кукурудзи на насінневу продуктивність батьківських компонентів гібридів *Zea mays* L. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. (26), 56–66. DOI:10.47414/np.26.2018.211195
13. Kutsenko O., Liashenko V., & Keda L. Growth, development, and formation of corn hybrids' plants of different ripening groups depending on plant stand density. *Scientific Progress & Innovations*. 2023. 26 (4), 29–35. DOI: 10.31210/spi2023.26.04.06
14. Циков В. С. Кукуруза: технологія, гібриди, насіння. Дніпропетровськ: Зоря, 2003. 296.
15. Пащенко Ю. М., Борисов В. М., Шишкіна О. Ю. Адаптивні і ресурсозберіжні технології вирощування гібридів кукурудзи: монографія. Дніпропетровськ: АРТ–ПРЕС, 2009. 225.
16. Маслійов С. В. Вплив густоти рослин на урожайність кременистої кукурудзи в умовах східної частини Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 3. 11–14.
17. Югенхеймер Р. У. Кукурудза: покращення сортів, виробництво насіння, використання. Переклад з англійської під ред. Шмараєва Г. Е., М: Колос, 1979. 519.
18. Асанішвілі Н. М. Оптимізація мінерального живлення гібридів кукурудзи на основі рослинної діагностики. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Т. 11. № 3. 22. DOI:10.31548/agr
19. Balawejder M., Szostek M., Gorzelany J., Antos P., Witek G., Matłok N. A. Study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, № 4, 1343. DOI:10.3390/su12041343
20. Drulis P., Kriauciuniene Z., Liakas V. The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. P. 741. DOI: 10.3390/agronomy12030741
21. Говенько Р. В. Вплив технологічних прийомів вирощування на формування елементів структури врожаю гібридів кукурудзи. *Агробіологія*. 2022. № 2 (174). 68–78. DOI:10.33245/2310–9270–2022–174–2–68–78
22. Говенько Р. В., Антал Т. В. Продуктивність кукурудзи залежно від виду азотних добрив, позакореневого підживлення та погодних умов. *Аграрні інновації*. 2022. Вип. 15. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.3>
23. Kalenska S, Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing corn hybrids depending on the type and methods of applying fertilizers. *Plant and Soil Science*. 2022. № 1. 1–13. DOI: 10.31548/agr.13(1).2022.7–16
24. Волощук О. П., Стасів О. Ф., Волощук І. С., Глива В. В., Пащак М. О. Продуктивність гібридів кукурудзи залежно від різних норм внесення мінеральних добрив у Західному Лісостепу України. *Передаїрне та гірське землеробство і тваринництво*. 2020.

Вип. 68 (I). 51–65. DOI: 10.32636/01308521.2020–(68)–1–4

25. Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Honcharuk I., Telekalo N. The modeling of the production process of high–starch corn hybrids of different maturity groups. *European Journal of Sustainable Development*. 2021. Vol. 10. № 1. P. 584–598. DOI:10.14207/ejsd.2021.v10n1p584
26. Ушкаренко В. О., Вожегова Р. А. Методика польового досліджу: навчальний посібник, Одеса: Олді Плюс+, 2024. 448. <https://oldiplus.ua/metodika-polovogo-doslidu-zroshuvane-zemlerobstvo/>

#### REFERENCES:

1. Tkalic, Y. I., Tsyliuryk O.I., Kokhan, A. V., Yevtushenko, H. O., Gonzalez, P. H. (2023). Efficacy of growth regulators for maize fields. *Agronomy*, 6 (4), 97–103. DOI:10.32819/021116 [in Ukrainian].
2. Tsyliuryk O. I., Izhboldin, O. O., Sologub, I. M. (2023). Efficiency of growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26 (10), 59–67. DOI:10.48077/scihor10.2023.59 [in Ukrainian].
3. Lykhochvor V.V., Shynkaruk L.M. (2021). Fotosyntetychni pokaznyky roslyn kukurudzy zalezno vid elementiv udobrennia. [Photosynthetic parameters of corn plants depending on the elements of fertilizer]. Klimatychni zminy ta silske gospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarynoi nauky ta osvity : zb. tez IV Mizhnarodnoi naukovy–prakychnoi konferentsii. Kyiv: Naukovometodychnyi tsentr VFPO, 95–97 [in Ukrainian].
4. Tsyliuryk O. I., Solohub I. M. (2023). Rehulatory rostu v posivakh kukurudzy Pivnichnoho Stepu Ukrainy [Growth regulators in corn crops of the Northern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskiy naukoviy visnyk*, 132, 237–248. DOI:10.32782/2226–0099.2023.132.29 [in Ukrainian].
5. Tsyliuryk O. I., Solohub I. M. (2023). Efektyvnist stymulatoriv rostu roslyn na kukurudzi v Pivnichnomu Stepu [Effectiveness of plant growth stimulants on corn in the Northern Steppe]. *Tavriiskiy naukoviy visnyk*, 130, 259–268 DOI:10.32851/2226–0099.2023.130.37 [in Ukrainian].
6. Shynkaruk L. M. (2020). Vplyv udobrennia kukurudzy na biometrychni pokaznyky ta elementy struktury urozhaiu kukurudzy v umovakh zakhidnoho Lisostepu Ukrainy [The influence of corn fertilization on biometric indicators and elements of the corn crop structure in the conditions of the western forest-steppe of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUS*, 96(1), 443–456. DOI: 10.31395/2415–8240–2020–96–1–443–456 [in Ukrainian].
7. Shynkaruk L. M. (2021). Vplyv makro– i mikrodbryv na vrozhainist kukurudzy [Effect of macro- and micro-fertilizers on corn yield]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya: 12 ahronomiia*, 25, 162–166. DOI: 10.31734/agronomy2021.01.162 [in Ukrainian].
8. Tsyliuryk O. I. (2019). Systema mulchuvannogo obrobitku gruntu v Pivnichnomu Stepu [Mulching soil cultivation system in the Northern Steppe]: monohrafiia. Lviv: Novyi Svit–2000, 298. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/1687/1/thilyu.pdf> [in Ukrainian].
9. Tsyliuryk O. I. (2023). Suchasni systemy mulchuvannogo obrobitku gruntu v Pivnichnomu Stepu [Modern systems of soil mulching in the Northern Steppe]: monohrafiia. Odessa: Oldi Plus+, 344. <https://oldiplus.ua/suchasni-sistemi-mulchuvannogo-obrobitku-gruntu-v-pivnichnomu-stepu/> [in Ukrainian].
10. Petrychenko V. F., Lykhochvor V. V. Roslynnytstvo. (2020). Novi tekhnologii vyroshchuvannia polovykh kultur [Crop production. New technologies for growing field crops]: pidruchnyk. 5–te vyd., vyprav., dopovn. Lviv : NVF «Ukrainski tekhnologii», 806 [in Ukrainian].
11. Kaminskiy V. F. ta in. (2017). Naukovi osnovy efektyvnosti vykorystannia vyrobnychykh resursiv u riznykh modeliakh tekhnologii vyroshchuvannia zernovykh kultur [Scientific bases of the efficiency of the use of production resources in various models of technologies for growing grain crops]. Kyiv: Vydavnychi dim «Vinichenko», 580. [in Ukrainian].
12. Bahatchenko V. V., Tahantsova M. M., & Stefkivska Y. L. (2018). Vplyv hustoty stoiannia roslyn kukurudzy na nasinnievu produktyvnist batkivskykh komponentiv hibrydiv Zea mays L. [The effect of standing density of maize plants on seed productivity of parental components of Zea mays L hybrids.]. *Naukovi pratsi Instytutu bioenerhetychnykh kultur i tsukrovnykh buriakiv*, 26, 56–66. DOI:10.47414/np.26.2018.211195 [in Ukrainian].
13. 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 [in Ukrainian].
14. Tsykov V. S. (2003). Kukuruzna: tekhnologii, hibrydy, nasinnia [Maize: technology, hybrids, seeds]. Dnipropetrovsk: Zoria, 296. [in Ukrainian].
15. Pashchenko Yu. M., Borysov V. M., Shyshkina O. Iu. (2009). Adaptyvni i resursozberezhni tekhnologii vyroshchuvannia hibrydiv kukurudzy [Adaptive and resource-saving technologies for growing corn hybrids]: monohrafiia. Dnipropetrovsk: ART-PRES, 225. [in Ukrainian].
16. Masliiov S. V. (2016). Vplyv hustoty roslyn na urozhainist kremenystoi kukurudzy v umovakh skhidnoi chastynty Stepu Ukrainy [The effect of plant density on the yield of flint corn in the conditions of the eastern part of the Steppe of Ukraine]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarynoi akademii*. 3. 11–14. [in Ukrainian].
17. Iuhenkheimer R. U. (1979). Kukurudzna: pokrashchennia sortiv, vyrobnytstvo nasinnia, vykorystannia [Maize: improvement of varieties, seed production, use]. Pereklad z anhliiskoi pid red. Shmaraieva H.E., M: Kolos, 519. [in Ukrainian].
18. Asanishvili N. M. (2020). Optyimizatsiia mineralnoho zhyvlennia hibrydiv kukurudzy na osnovi roslynnoi diahnozyky [Optimization of mineral nutrition of corn hybrids based on plant diagnostics. Crop production and soil science.]. *Roslynnytstvo ta hruntoznavstvo*. 11(3). 22. DOI:10.31548/agr [in Ukrainian].
19. Balawejder M., Szostek M., Gorzelany J., Antos P., Witek G., Matok N. A. (2020). Study on the potential fertilization effects of microgranule fertilizer based on the protein and calcined bones in maize cultivation. *Sustainability*, 12(4), 1343. DOI:10.3390/su12041343
20. Drulis P., Kriauciuniene Z., Liakas V. (2022). The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*, 12, 741. DOI: 10.3390/agronomy12030741

21. Hovenko R. V. (2022). Vplyv tekhnolohichnykh pry-  
iomiv vyroshchuvannya na formuvannya elementiv  
struktury vrozhaiv hibrydiv kukurudzy [The influ-  
ence of technological methods of cultivation on the  
formation of elements of the structure of the  
crop of corn hybrids]. *Ahrobiolohiia*, 2(174). 68–78.  
DOI:10.33245/2310-9270-2022-174-2-68-78 [in  
Ukrainian].
22. Hovenko R. V., Antal T. V. (2022) .Produktyvnist kuku-  
rudzy zalezno vid vydu azotnykh dobryv, pozakore-  
nevoho pidzhyvlennia ta pohodnykh umov [Maize pro-  
ductivity depending on the type of nitrogen fertilizers,  
foliar fertilization and weather conditions]. *Ahrarni inno-  
vatsii*, 15. 22–29. DOI:10.32848/ahrar.innov.2022.15.3  
[in Ukrainian].
23. Kalenska S, Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R.,  
Antal T. (2022). Economic and energy efficiency of  
technologies for growing corn hybrids depending on the  
type and methods of applying fertilizers. *Plant and Soil  
Science*. 1, 1–13. DOI: 10.31548/agr.13(1).2022.7–16
24. Voloshchuk O. P., Stasiv O. F., Voloshchuk I. S.,  
Hlyva V. V., Pashchak M. O. (2020). Produktyvnist hibry-  
div kukurudzy zalezno vid riznykh norm vnesen-  
nia mineralnykh dobryv u Zakhidnomu Lisostepu  
Ukrainy [Productivity of corn hybrids depending on  
different rates of application of mineral fertilizers in  
the Western Forest Steppe of Ukraine]. *Peredhirne ta  
hirske zemlerobstvo i tvarynytsvo*, 68(1), 51–65. DOI:  
10.32636/01308521.2020-(68)-1-4 [in Ukrainian].
25. Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Honcharuk I.,  
Telekalo N. (2021). The modeling of the production pro-  
cess of high-starch corn hybrids of different maturity  
groups. *European Journal of Sustainable Development*.  
10(1), 584–598. DOI:10.14207/ejsd.2021.v10n1p584
26. Ushkarenko V. O., Vozhehova R. A. (2024). Metodika  
polovoho doslidu: navchalnyi posibnyk [Methodology of  
field research: a study guide], Odesa: Oldi Plius+, 448.  
[https://oldiplus.ua/metodika-polovogo-doslidu-zroshu-  
vane-zemlerobstvo/](https://oldiplus.ua/metodika-polovogo-doslidu-zroshu-vane-zemlerobstvo/) [in Ukrainian].

**Циліорик О.І., Тищенко В.О. Вплив густоти сто-  
яння рослин та рівня мінерального живлення на  
уміст хлорофілу в листках кукурудзи**

Одним із головних чинників, що суттєво впливають на вміст хлорофілу в листі та врожайність кукурудзи, є оптимальна густина стояння рослин і рівень мінерального живлення. **Мета** нашої роботи полягала у визначенні вмісту хлорофілу в листках кукурудзи та формування врожайності зерна залежно від густоти стояння рослин та удобрення. **Матеріали та методика досліджень.** Схема експерименту передбачала посів чотирьох гібридів, що належать до різних груп стиглості: ранньостиглий ДМС Лорд, середньоранній ДМС Прайм, середньостиглий ДМС 3015 та середньопізній ДМС Шатл. Для кожного гібрида було застосовано три фони удобрення (без добрив;  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ;  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ). Гібриди висівалися з густиною 30, 40, 50 та 60 тис./га. Методичне забезпечення експерименту здійснювалося відповідно загальноприйнятих рекомендацій та ДСТУ. **Результати досліджень.** Виявлено поступове збільшення кількості листків у кукурудзи від 9,8–10,4 шт. на одну рослину в ранньостиглого гібриду ДМС Лорд до 12,5–13,5 шт. у середньопізнього ДМС Шатл, що чітко пов'язано з біологічними особливостями гібридів. Також встановлено, що внесення мінеральних добрив сприяє збільшенню

кількості листків на 7,50–10,60%. Площа листової поверхні кукурудзи залежала від кількості листків на рослині. Найменша площа спостерігалася на контрольних варіантах і становила 319,9–528,8 см<sup>2</sup>. Застосування мінеральних добрив, особливо в дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , спричинило приріст площі листків на 25,3–28,3%. Збільшення густоти рослин до 60 тис. га викликало тенденцію до зменшення площі листової поверхні на 7,3–9,2% через підвищену конкуренцію між рослинами. Внесення добрив у дозах  $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$  призвело до збільшення вмісту хлорофілу в листках кукурудзи порівняно з контролем (SPAD 50,6–55,4) на 2,6–13,9 одиниць SPAD, або 4,10–24,70%. Було також помічено, що підвищена доза мінеральних добрив  $N_{60}P_{60}K_{60}$  значно підвищила вміст хлорофілу в ранньостиглому гібриді ДМС Лорд і середньоранньому ДМС Прайм порівняно із середньостиглим ДМС 3015 і середньопізнім ДМС Шатл. Найоптимальнішою густиною для різних груп стиглості кукурудзи виявилася густина 50–60 тис. рослин на гектар, оскільки вона забезпечувала максимальні біометричні показники та врожайність зерна на рівні 4,60–6,02 т/га та 4,38–5,81 т/га відповідно. **Висновки.** Для умов Північного Степу України рекомендується висівати середньостиглі гібриди кукурудзи за густоти стояння 50 тис. рослин на гектар із внесенням добрив  $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ , зокрема гібрид ДМС 3015, який демонстрував максимальну врожайність 6,93–6,02 т/га.

**Ключові слова:** гібриди кукурудзи, густина рослин, удобрення, одиниці SPAD, урожайність.

**Tsilyuryk O.I., Tyshchenko V.O. Influence of plant density and mineral nutrition level on chlorophyll content in corn leaves**

one of the main factors that significantly affect the chlorophyll content in leaves and corn yield is the optimal plant density and level of mineral nutrition. **Purpose.** The aim of our work was to determine the chlorophyll content in corn leaves and the formation of grain yield depending on plant density and fertilization. **Materials and Methods.** The experimental design included the sowing of four hybrids belonging to different maturity groups: early-maturing DMS Lord, mid-early DMS Prime, mid-maturing DMS 3015, and mid-late DMS Shuttle. For each hybrid, three fertilization backgrounds were applied (no fertilizers;  $N_{30}P_{30}K_{30}$ ;  $N_{60}P_{60}K_{60}$ ). The hybrids were sown at densities of 30, 40, 50, and 60 thousand plants per hectare. The methodological support of the experiment was carried out according to generally accepted recommendations and national standards (DSTU). **Results.** A gradual increase in the number of leaves in corn was found, from 9.8–10.4 leaves per plant in the early-maturing hybrid DMS Lord to 12.5–13.5 leaves in the mid-late DMS Shuttle, which is clearly related to the biological characteristics of the hybrids. It was also established that the application of mineral fertilizers promoted an increase in the number of leaves by 7.50–10.60%. The leaf area of corn depended on the number of leaves per plant. The smallest leaf area was observed in the control variants, ranging from 319.9–528.8 cm<sup>2</sup>. The application of mineral fertilizers, especially at the dose of  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , led to an increase in leaf area by 25.3–28.3%. Increasing plant density to 60 thousand plants per hectare tended to reduce leaf area by 7.3–9.2% due to increased competition between plants. Fertilizer application at doses of  $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$  resulted in an increase in chlorophyll content in corn leaves compared to the control (SPAD 50.6–55.4) by 2.6–13.9 SPAD units, or 4.10–24.70%. It was also noted that a

higher dose of mineral fertilizers ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) significantly increased the chlorophyll content in the early-maturing hybrid DMS Lord and the mid-early DMS Prime compared to the mid-maturing DMS 3015 and mid-late DMS Shuttle. The optimal plant density for various corn maturity groups was found to be 50–60 thousand plants per hectare, as it provided the highest biometric indicators and grain yield at 4.60–6.02 t/ha and 4.38–5.81 t/ha, respectively.

**Conclusions.** For the conditions of the Northern Steppe of Ukraine, it is recommended to sow mid-maturing corn hybrids at a density of 50 thousand plants per hectare with the application of fertilizers  $N_{30-60}P_{30-60}K_{30-60}$ , particularly the hybrid DMS 3015, which demonstrated the highest yield of 6.93–6.02 t/ha.

**Key words:** corn hybrids, plant density, fertilization, SPAD units, yield.