

УДК 633.15:631.53.027

Структура врожаю кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах

 В. А. Мокрієнко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, e-mail: mokrienko@ukr.net

Мета. Виявити особливості формування структури врожаю кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах в умовах Лісостепу України залежно від системи удобрення. **Методи.** Дослідження проводили у 2021–2025 рр. на чорноземах типових малогумусних середньосуглинкових зі вмістом гумусу 3,5 % (Київська обл.). Вивчали монокультури та бінарні посіви кукурудзи (гібрид ‘РЖТ Занетіккс’, ФАО 340) і сої (сорти ‘Сі-релія’, СНУ 2300 та ‘РЖТ Сакуза’, СНУ 2600). У сумісних посівах норма сої зменшувалася на 50 % (225 тис. шт./га) за 100 % норми кукурудзи (70 тис. шт./га). Схема удобрення (Фактор В) включала: контроль (без добрив), $N_{60}P_{45}K_{45}$, $N_{90}P_{60}K_{60}$. **Результати.** Встановлено, що кукурудза характеризується інтенсивним нарощуванням біомаси з максимумом у фазі 15 листків – цвітіння (до 12,1 т/га на контролі та 14,4 т/га за удобрення). Соя формує повільніший стартовий ріст, однак має високу компенсаторну здатність у фазі генеративного розвитку. Бінарні посіви забезпечили суттєве зростання сумарної біомаси до 18,5–27,7 т/га, що перевищувало монокультуру кукурудзи на 36–42 %. Кукурудза в сумісних посівах підвищувала біомасу на 11–19 %, що пов’язано з покращенням умов живлення та мікроекології агрофітоценозу. Соя за зниження густоти до 50 % компенсувала втрати за рахунок збільшення кількості бобів (до +40 %) і маси насіння з рослини (до +70 %). Структура врожаю кукурудзи залишалася стабільною: маса 1000 насінин 340–361 г, вихід зерна 83–85 %, істотних відмінностей між моно- та бінарними посівами не виявлено. У сої спостерігалася висока варіабельність елементів продуктивності та сильна залежність урожаю від кількості насінин з рослини ($r = 0,92–0,95$). Виявлено, що для сої оптимальним є фон $N_{60}P_{45}K_{45}$, тоді як надлишок азоту ($N_{90}P_{60}K_{60}$) знижує озерненість бобів і біомасу. Для кукурудзи встановлено майже лінійне зростання продуктивності зі збільшенням доз добрив. **Висновки.** Бінарні посіви кукурудзи та сої формують виражений синергетичний ефект, забезпечуючи підвищення біомаси та стабілізацію структури врожаю кукурудзи. Соя демонструє високу компенсаторну пластичність, що дозволяє ефективно використовувати знижену густоту стояння. Оптимізація удобрення є ключовим фактором реалізації потенціалу агрофітоценозу.

Ключові слова: кукурудза; соя; структура врожаю; бінарні посіви; суха речовина; елементи продуктивності; мінеральне живлення.

Вступ

Урожайність сільськогосподарських культур формується не лише під впливом загальної біомаси, а й через складну систему елементів структури врожаю, які визначають реалізацію біологічного потенціалу рослин. До таких елементів належать морфометричні показники генеративних органів, озерненість, маса насіння та індивідуальна продуктивність рослин, чутливі до умов вирощування та технологічних факторів [1].

Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до культур із відносно стабільною структурою врожаю, де провідну роль відіграють маса 1000 насінин і кількість зерен на качані. Більшість досліджень свідчать, що ці показники мають високу генетичну детермінованість і обмежену модифікаційну мінливість, тоді як агротехнологічні фактори впливають переважно на реалізацію потенційної озерненості. Водночас надмірна інтенсифікація живлення може призводити до дисбалансу між вегетативним і генеративним ростом [2].

Як цитувати: Мокрієнко В. А. Структура врожаю кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах. *Новітні агротехнології*. 2026. Т. 14, № 1. <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.361450>



© The Author(s) 2026. Published by Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of the NAAS of Ukraine. This is an open access article distributed under the terms of the license CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Соя [*Glycine max* (L.) Merr.], навпаки, характеризується високою пластичністю структури врожаю. Її продуктивність значною мірою визначається кількістю бобів і насінин на рослині, що дозволяє компенсувати зміни густоти стояння та умов середовища. У бобових культур компенсаторні механізми проявляються через інтенсивніше гілкування, формування додаткових генеративних органів і зміну індивідуальної продуктивності рослин [3].

У бінарних посівах зернових і бобових культур формування структури врожаю відбувається в умовах міжвидової взаємодії, що змінює співвідношення конкурентних і синергетичних процесів. Літературні дані свідчать, що в таких агроценозах кукурудза здатна зберігати стабільність основних структурних елементів, тоді як соя реагує підвищенням індивідуальної продуктивності, компенсуючи знижену густоту стояння [4, 5].

Важливу роль у формуванні структури врожаю відіграє мінеральне живлення. Помірні дози добрив, як правило, сприяють підвищенню маси насіння, озерненості та продуктивності генеративних органів. Водночас надлишкове азотне живлення, особливо у бобових культур, може пригнічувати репродуктивні процеси, знижувати озерненість і викликати дисбаланс між ростом вегетативної маси та формуванням врожаю [6–8].

Незважаючи на значну кількість досліджень, питання комплексної оцінки структури врожаю кукурудзи та сої в умовах бінарних посівів у багаторічному аспекті залишається недостатньо висвітленим. Особливо актуальним є аналіз динаміки накопичення сухої речовини та компенсаторних реакцій структурних елементів врожаю за різних систем удобрення [9, 10].

Мета досліджень – виявити особливості формування структури врожаю кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах в умовах Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження проводили протягом 2021–2025 рр. у стаціонарному досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (с. Пшеничне, Васильківський р-н, Київська обл.) у зоні Лісостепу України. Ґрунт дослідного поля – чорнозем типовий малогумусний, середньосуглинковий за механічним складом, сформований на лесових відкладеннях. Вміст гумусу в орному шарі становив 3,5 % (за Тюрнімом), забезпеченість елементами мінерального живлення – середня. Потужність гумусового горизонту – 25–30 см.

Схема сівби та норми висіву насіння культур відповідали проекту досліду (табл. 1). У одновидових посівах норма висіву культиварів сої та кукурудзи відповідала зональним рекомендаціям оригінатора. У сумісних посівах норма висіву насіння сої була зменшена на 50 %. Глибина загортання насіння кукурудзи становила 4–5 см, сої – 2–3 см.

Таблиця 1

Схема досліду

Фактор А – одновидові та сумісні посіви			
Культура	Гібрид, сорти	ФАО / СНУ	Норма висіву насіння, тис. шт./га
Кукурудза	‘РЖТ Занетіккс’	ФАО 340	70
Соя	‘Сірелія’	СНУ 2300	450
	‘РЖТ Сакуза’	СНУ 2600	450
Кукурудза + соя	‘РЖТ Занетіккс’ + ‘Сірелія’		70 + 225
	‘РЖТ Занетіккс’ + ‘РЖТ Сакуза’		70 + 225
Фактор В – удобрення, кг/га діючої речовини (д. р.):			
1. Без добрив – контроль; 2. N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅ ; 3. N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀			

Попередником у досліді була пшениця озима. Обробіток ґрунту передбачав лущення стерні на 10–12 см та проведення оранки на глибину 25–27 см. Під основний обробіток ґрунту, відповідно до схеми досліду і мінералізації рослинних решток, вносили добриво FERTIS NPK (10-20-20+S+ME), а у передпосівну культивування вносили решту азотних добрив у формі аміачної селітри (34,4 %).

Дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик [11, 12].

Результати досліджень

У фазі 7-го листка кукурудза на контролі формувала 0,56 т/га сухої речовини, що становило лише 4,1 % від кінцевої біомаси. Невисокий рівень накопичення на початкових етапах органогенезу

зумовлений недостатнім розвитком асиміляційної поверхні та переважним спрямуванням пластичних речовин на формування кореневої системи. Застосування мінеральних добрив активізувало процеси росту й нагромадження біомаси: приріст становив 28,6 % за внесення N₆₀P₄₅K₄₅ та 41,1 % – N₉₀P₆₀K₆₀ (табл. 2).

До фази 15-го листка накопичення сухої речовини набувало інтенсивного характеру: на контролі її маса зростала до 3,6 т/га, що у 6,4 раза перевищувало показники попереднього етапу за 42 доби вегетації. Середньодобовий приріст становив 72 кг/га, що характерно для періоду активного вегетативного розвитку рослин. За умов мінерального удобрення темпи накопичення сухої речовини істотно підвищувалися, забезпечуючи формування 4,7–5,2 т/га біомаси із середньодобовим приростом на рівні 95–109 кг/га.

Таблиця 2

Накопичення сухої речовини кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах, на фазу кукурудзи, т/га (середнє за 2021–2025 рр.)

Монокультура / бінарні посіви	Система удобрення	7 листків	15 листків	Цвітіння качанів	Молочна стиглість	Повна стиглість
'РЖТ Занетіккс'	Контроль без добрив	0,56	3,6	8,4	11,8	13,6
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,72	4,7	10,8	15,2	17,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,79	5,2	12,1	17,0	19,5
'Сірелія'	Контроль без добрив	0,17	1,1	2,6	3,6	4,2
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,26	1,7	3,9	5,5	6,3
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,22	1,4	3,2	4,5	5,2
'РЖТ Сакуза'	Контроль без добрив	0,20	1,3	3,0	4,1	4,8
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,27	1,7	4,1	5,7	6,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,20	1,3	3,1	4,3	4,9
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	0,63	4,1	9,4	13,2	15,1
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,84	5,5	12,7	17,9	20,5
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,96	6,2	14,4	20,2	23,2
'РЖТ 'Занетіккс' + 'Сірелія' (лише соя)	Контроль без добрив	0,14	0,9	2,1	2,9	3,4
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,20	1,3	3,0	4,3	4,9
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,18	1,2	2,7	3,8	4,3
'РЖТ Занетіккс' + Сірелія' (сумарно)	Контроль без добрив	0,77	5,0	11,5	16,1	18,5
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,04	6,8	15,8	22,1	25,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,14	7,4	17,1	23,9	27,5
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	0,62	4,1	9,4	13,2	15,2
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,86	5,6	12,9	18,1	20,8
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,94	6,2	14,3	20,0	23,0
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише соя)	Контроль без добрив	0,15	1,0	2,3	3,2	3,7
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	0,21	1,4	3,2	4,5	5,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	0,19	1,2	2,9	4,0	4,6
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (сумарно)	Контроль без добрив	0,77	5,1	11,7	16,4	18,9
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	1,07	6,9	16,1	22,6	25,9
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	1,13	7,4	17,2	24,1	27,7
	НІР _{0,05}	0,10	0,2	0,3	0,2	0,4

У період від 15-го листка до цвітіння кукурудзи відмічено максимальні темпи накопичення біомаси. На контролі приріст становив 4,8 т/га за 23 доби, або 209 кг/га за добу. Це зумовлено поєднанням максимально розвиненої листкової поверхні, високої інтенсивності фотосинтетичних процесів та активного формування генеративних органів.

За умов інтенсивного мінерального удобрення добові темпи зростали до 295 кг/га, що забезпечувало накопичення 12,1 т/га сухої біомаси до фази цвітіння. Це становило 62,1 % від кінцевої біомаси, що підкреслює вирішальне значення цього міжфазного періоду у формуванні потенціалу продуктивності.

У фазі від цвітіння до молочної стиглості темпи накопичення біомаси знижувалися до 150–160 кг/га за добу, проте абсолютний приріст залишався істотним і становив 3,4–4,9 т/га. У цей

період відбувається інтенсивна ремобілізація асимілятів із вегетативних органів у зернівку, що визначає формування врожаю.

До повної стиглості темпи накопичення зменшувалися до 70–100 кг/га за добу внаслідок старіння та часткової втрати фотосинтетичної активності листкового апарату. Фінальна біомаса становила 13,6 т/га на контролі, 17,4 т/га за $N_{60}P_{45}K_{45}$ (+27,9 %) та 19,5 т/га за $N_{90}P_{60}K_{60}$ (+43,4 %).

Соя характеризувалася повільнішим початковим накопиченням біомаси: 0,17–0,20 т/га у фазі трьох листків, що у 2,8–3,3 раза менше, ніж у кукурудзи. Це пояснюється меншими запасами поживних речовин у насінні, повільнішими темпами початкового росту та енергетичними витратами на формування симбіотичного апарату.

До фази бутонізації (аналог 15-го листка кукурудзи) біомаса зростала до 1,1–1,3 т/га, збільшуючись у 5,5–6,5 раза. Водночас абсолютні значення залишалися у 2,8–3,3 раза нижчими, що відображає різницю продукційного потенціалу C_3 - та C_4 -культур.

Максимальні темпи накопичення у сої спостерігалися у період цвітіння – формування бобів і становили 45–55 кг/га за добу на контролі та 65–80 кг/га за удобрення. Попри менші абсолютні значення порівняно з кукурудзою, ці показники є високими для C_3 -рослин і свідчать про інтенсивну роботу фотосинтетичного апарату в цей період.

Фінальна біомаса сої становила 4,2–4,8 т/га на контролі, 6,3–6,5 т/га за $N_{60}P_{45}K_{45}$ (+31,3–35,4 %) та 4,9–5,2 т/га за $N_{90}P_{60}K_{60}$.

У бінарних посівах кукурудза формувала більшу біомасу порівняно з монокультурою. Уже у фазі 7-го листка приріст становив 10,7–12,5 %, у фазі 15-го листка – 13,9 %, а до цвітіння – 11,9–12,0 %. Це свідчить про позитивний ранній вплив сумісного вирощування на ростові процеси культури.

Найбільший ефект відмічено у період наливу зерна, коли біомаса досягала 13,2 т/га на контролі (+11,9 % до монокультури) та 20,0–20,2 т/га за інтенсивного удобрення (+17,6–18,8 %). Фінальна біомаса становила 15,1–15,2 т/га на контролі та 23,0–23,2 т/га за $N_{90}P_{60}K_{60}$, перевищуючи монокультуру на 11,0–19,0 %.

Соя в бінарних посівах за зниженої густоти (50 % від монокультури) накопичувала 3,4–3,7 т/га на контролі, що становить 77,1–81,0 % від монокультурного посіву. У перерахунку на одну рослину біомаса зростала на 54–62 %, що свідчить про виражену компенсаторну здатність культури.

За помірного удобрення соя формувала 4,9–5,2 т/га біомаси, досягаючи 77,8–80,0 % рівня монокультури, що є оптимальним балансом між індивідуальною продуктивністю та популяційною щільністю.

Інтегральна оцінка підтвердила перевагу бінарних посівів за накопиченням сухої речовини. На контролі сумарна біомаса становила 18,5–18,9 т/га, що на 36,0–39,0 % перевищувало монокультуру кукурудзи та у 3,9–4,4 раза – монокультуру сої. За інтенсивного удобрення показники зростали до 27,5–27,7 т/га, що на 41,0–42,1 % перевищувало монокультуру кукурудзи.

Динаміка накопичення біомаси добре описувалася логістичною функцією:

$$W = W_{\max} / (1 + e^{-k(t - t_0)}),$$

де W_{\max} – максимальна біомаса, k – константа швидкості росту, t_0 – час досягнення 50 % біомаси.

Для монокультури кукурудзи параметри становили: $W_{\max} = 13,6$ – $19,5$ т/га, $k = 0,065$ – $0,072$, $t_0 = 72$ – 75 діб; для бінарних посівів: $W_{\max} = 18,5$ – $27,7$ т/га, $k = 0,068$ – $0,075$, $t_0 = 74$ – 77 діб. Вищі значення k та W_{\max} у бінарних агрофітоценозах свідчать про більш інтенсивний та триваліший ріст.

Сценарне моделювання показало, що максимальна біомаса (28–30 т/га) досягається за густоти 67–69 тис./га кукурудзи та 208–212 тис./га сої при внесенні $N_{80}P_{60}K_{60}$.

У монокультурі маса 1000 насінин становила 343,0 г на контролі, що відповідає середнім значенням для гібридів групи ФАО 340. Застосування добрив підвищувало цей показник до 352,0 г за $N_{60}P_{45}K_{45}$ (+2,6 %) та 361,0 г за $N_{90}P_{60}K_{60}$ (+5,2 %), що пояснюється подовженням періоду наливу зерна та посиленням транспорту асимілятів (табл. 3).

У бінарних посівах маса 1000 насінин практично не відрізнялася від монокультури і становила 340,0–341,0 г на контролі та 359,0–359,5 г за інтенсивного удобрення. Незначне зниження на рівні 0,3–0,9 % було статистично недостовірним, що свідчить про збереження крупності зерна за умов сумісного вирощування культур. Стабільність показника маси 1000 насінин ($CV = 2,8$ – $3,5$ %) підтверджує його високу генетичну детермінованість та незначну модифікаційну мінливість, що дозволяє розглядати його як надійний індикатор якості зернової продукції.

Структура врожаю кукурудзи в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021–2025 рр.)

Монокультура / бінарні посіви	Система удобрення	Маса 1000 насінин, г	Вихід зерна з качанів, %	Довжина качана, см	К-сть рядів зерен, шт.	К-сть зерен у ряді, шт.
'РЖТ Занетіккс'	Контроль без добрив	343,0	83,1	22,0	16	34,0
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	352,0	84,0	22,4	18	35,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	361,0	85,0	22,9	18	36,6
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (у бінарних посівах)	Контроль без добрив	341,0	83,0	22,0	16	33,8
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	351,7	83,7	23,0	18	35,0
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	359,5	85,0	23,4	18	36,2
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (у бінарних посівах)	Контроль без добрив	340,0	83,3	21,7	16	34,1
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	350,3	84,0	22,5	18	35,6
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	359,0	84,9	23,0	18	36,5
	НІР _{0,05}	7,3	5,0	0,5	0,8	1,1

Вихід зерна з качанів, який характеризує частку зерна у загальній масі качана, на контролі становив 83,1 % у монокультурі та 83,0–83,3 % у бінарних посівах. За умов інтенсивного удобрення цей показник підвищувався до 85,0 % незалежно від системи вирощування. Підвищення виходу зерна зумовлене кращим озерненням качанів та зменшенням частки стрижня, тоді як відсутність істотних відмінностей між монокультурою і бінарними посівами свідчить про однакову ефективність формування генеративних органів.

Довжина качана на контролі становила 22,0 см у монокультурі та варіювала в межах 21,7–22,0 см у бінарних посівах. Застосування мінерального удобрення сприяло її збільшенню до 22,9–23,4 см (+4,1–6,4 %), що пов'язано з формуванням додаткових зерен у верхівковій частині качана.

Кількість рядів зерен зростала з 16 на контролі до 18 за інтенсивного удобрення (+12,5%) незалежно від системи вирощування. Ця ознака є переважно генетично детермінованою, однак за достатнього азотного живлення повніше реалізується потенційна багаторядність гібридів.

Кількість зерен у ряді змінювалася від 33,8–34,0 шт. на контролі до 36,2–36,6 шт. за інтенсивного удобрення, що відповідає приросту 6,5–7,6 %. Це зумовлено покращенням процесів запилення та зниженням редукації зав'язей за оптимального рівня мінерального живлення.

У бінарних посівах відмічено тенденцію до формування дещо довших качанів (+0,4–0,5 см) при незначному зменшенні кількості зерен у ряді (–0,2–0,4 шт.). Така перебудова структури качана розглядається як компенсаторна реакція агрофітоценозу на міжвидову конкуренцію.

Загальна кількість зерен на качані (добуток кількості рядів і зерен у ряді) становила 544–658 шт. у монокультурі та 541–653 шт. у бінарних посівах, що свідчить про практичну ідентичність продуктивності качана за різних систем вирощування.

Сорт 'Сірелія' формував крупніше насіння – 206,0–215,8 г маси 1000 насінин проти 187,1–200,0 г у 'РЖТ Сакуза'. Різниця 7,9–10,1 % відображає генетично зумовлені особливості сортів та їх напрям використання.

У бінарних посівах відмічалось незначне зниження маси 1000 насінин: на 3,4–5,5 % у 'Сірелія' та 3,1–5,1 % у 'РЖТ Сакуза'. Ймовірною причиною цього є часткове затінення рослин у період наливу зерна та конкуренція за асиміляти в агрофітоценозі (табл. 4).

Реакція сої на мінеральне удобрення була відносно слабкою: приріст становив 2,4–6,9 % за внесення N₆₀P₄₅K₄₅ та 4,8–7,0 % за N₉₀P₆₀K₆₀. Помірна ефективність азотного живлення пояснюється здатністю культури до симбіотичної азотфіксації, яка забезпечує значну частину потреб у цьому елементі.

Кількість бобів на одній рослині в монокультурі коливалася від 14,0–16,3 шт. на контролі до 17,9–21,0 шт. за удобрення. У бінарних посівах цей показник зростав до 18,9–23,0 шт., що на 35,0–40,0 % перевищувало монокультурні посіви. Така різниця є проявом компенсаторної реакції рослин на знижену густоту стояння та покращені умови індивідуального розвитку.

Кількість насінин у бобі характеризувалася варіабельною динамікою. У монокультурі вона збільшувалася з 1,9–2,0 до 2,4–2,5 шт. за N₆₀P₄₅K₄₅, однак знижувалася до 1,5–1,8 шт. за високих доз азоту (N₉₀P₆₀K₆₀). Зменшення озерненості бобів за надлишкового азотного живлення пов'язане з порушенням гормонального балансу та репродуктивних процесів.

Структура врожаю сої в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021–2025 рр.)

Монокультура / бінарні посіви	Система удобрення	Маса 1000 насінин, г	К-сть бобів, шт.	К-сть насінин у бобі, шт.	К-сть насінин з рослини, шт.	Маса насінин з рослини, г
'Сірелія'	Контроль без добрив	206,0	14,0	1,9	26,6	5,5
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	211,0	16,0	2,4	38,6	8,1
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	215,8	17,9	1,8	31,6	6,8
'РЖТ Сакуза'	Контроль без добрив	187,1	16,3	2,0	33,4	6,2
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	192,3	17,8	2,5	44,7	8,6
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	200,0	21,0	1,5	32,0	6,4
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (у бінарних посівах з кукурудзою)	Контроль без добрив	199,0	18,9	2,5	47,3	9,4
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	203,1	20,2	3,3	65,8	13,4
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	204,0	21,3	2,7	57,8	11,8
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (у бінарних посівах з кукурудзою)	Контроль без добрив	181,2	20,4	2,7	55,5	10,1
	N ₆₀ P ₄₅ K ₄₅	187,0	21,5	3,5	75,1	14,0
	N ₉₀ P ₆₀ K ₆₀	189,8	23,0	2,9	67,2	12,8
HP _{0,05}		5,6	1,8	0,2	1,8	0,2

У бінарних посівах кількість насінин у бобі була вищою і становила 2,5–2,7 шт. на контролі та 2,7–3,5 шт. за помірного удобрення. Максимальне значення – 3,5 насінини/біб – відмічено у варіанті 'РЖТ Сакуза' за N₆₀P₄₅K₄₅, що на 40,0 % перевищувало монокультуру.

Загальна кількість насінин на рослині, як інтегральний структурний показник, у монокультурі становила 26,6–33,4 шт. на контролі та зростала до 38,6–44,7 шт. за N₆₀P₄₅K₄₅. У бінарних посівах цей показник істотно підвищувався і досягав 47,3–55,5 шт. на контролі (+66,2–77,8 %) та 65,8–75,1 шт. за помірного удобрення (+68,0–70,5 %). Такий приріст свідчить про високу морфологічну пластичність сої та здатність компенсувати зниження густоти стояння підвищенням індивідуальної продуктивності.

Маса насіння з однієї рослини, як ключовий господарський показник, у монокультурі змінювалася від 5,5–6,2 г на контролі до 8,1–8,6 г за N₆₀P₄₅K₄₅. У бінарних посівах вона зростала до 9,4–10,1 г на контролі (+62,9–70,9 %) та 13,4–14,0 г за оптимального удобрення (+62,8–65,4 %). Кореляційний аналіз показав тісний позитивний зв'язок між масою 1000 насінин і виходом зерна ($r = 0,78$), що свідчить про узгоджене формування цих ознак. Довжина качана характеризувалася сильною кореляцією з кількістю зерен у ряді ($r = 0,82$) та слабшою – з кількістю рядів ($r = 0,35$). Найбільш тісний зв'язок з урожайністю кукурудзи мали кількість зерен на качані ($r = 0,89$) та маса 1000 насінин ($r = 0,75$), тоді як вихід зерна мав помірну кореляцію ($r = 0,52$), що свідчить про його другорядну роль у формуванні продуктивності.

Для сої встановлено негативний зв'язок між кількістю бобів і кількістю насінин у бобі ($r = -0,42$), що відображає конкуренцію за асиміляти в межах рослини. Маса 1000 насінин характеризувалася слабкою кореляцією з іншими ознаками ($r = 0,18-0,35$), що підтверджує її високу генетичну детермінованість. Найсильніший зв'язок з урожайністю сої мали кількість насінин з рослини ($r = 0,92$) та маса насіння з рослини ($r = 0,95$), що підкреслює визначальну роль структурної продуктивності при формуванні врожаю. Аналіз коефіцієнтів варіації показав різну ступінь пластичності елементів структури врожаю. У кукурудзи найменш варіабельними були маса 1000 насінин (CV = 2,8–3,5 %) та кількість рядів (CV = 5,8–7,2 %), тоді як найбільша мінливість характерна для кількості зерен у ряді (CV = 8,5–11,2 %). У сої найвищу варіабельність демонстрували кількість бобів (CV = 18,5–25,3 %) та кількість насінин з рослини (CV = 22,8–31,5 %), що відображає її високу компенсаторну здатність через гілкування та формування додаткових репродуктивних органів.

Висновки

Максимальна біомаса бінарних посівів становила 27,5–27,7 т/га, що перевищувало монокультуру кукурудзи на 41–42 % та монокультуру сої у 5,3–5,7 рази. Це свідчить про наявність вираженого синергетичного ефекту сумісного вирощування. Підвищення накопичення біомаси кукурудзою в бінарних посівах на 11,0–19,0 % порівняно з монокультурою підтверджує позитивний вплив сої, ймовірно зумовлений біологічною азотфіксацією та біостимулювальним ефектом агрофітоценозу.

Установлено високу компенсаторну здатність сої, яка забезпечувала формування 77–81 % біомаси за зниження густоти стояння до 50 % від монокультури. Це досягалося завдяки підвищенню індивідуальної продуктивності рослин на 54–62 %. Водночас за надлишкового азотного живлення ($N_{90}P_{60}K_{60}$) спостерігалося зниження біомаси сої на 17,5–21,0 %, що підтверджує недоцільність застосування високих доз азоту для бобових культур.

Виявлено стабільність елементів структури врожаю кукурудзи в бінарних посівах: маса 1000 насінин (340,0–361,0 г), вихід зерна (83,0–85,0 %) та морфометричні параметри качана практично не зазнавали істотних змін. Це забезпечувало збереження продуктивності культури в умовах сумісного вирощування. Натомість для сої характерна висока компенсаторна пластичність, що проявлялася збільшенням кількості бобів на 35–40 %, кількості насінин з рослини на 66–78 % та маси насіння з рослини на 63–71 %, що ефективно компенсувало зниження густоти стояння.

Встановлено оптимальну реакцію культур на удобрення. Для сої максимальна ефективність відмічена за внесення $N_{60}P_{45}K_{45}$, що забезпечувало найбільший приріст маси насіння з рослини (47,3–38,7 %). Для кукурудзи відзначено майже лінійне зростання продуктивності до рівня $N_{90}P_{60}K_{60}$. Водночас виявлено депресію озерненості сої за високих доз азоту ($N_{90}P_{60}K_{60}$), про що свідчить зниження кількості насінин у бобі до 1,5–1,8 шт. (–25,0...–28,0 %).

Використана література

1. Гангур В. В. Кукурудза на зерно: кращі строки сівби і оптимальна густина стояння рослин для Лівобережного Лісостепу. *Агробізнес сьогодні*. 2021. № 7. С. 24–25.
2. Грабовський М. Б., Вахній С. П., Лозінський М. В. та ін. Зернова продуктивність гібридів кукурудзи залежно від застосування комплексних мінеральних добрив. *Агробіологія*. 2021. № 2. С. 33–42.
3. Kalenska S., Novytska N., Kalenskii V. et al. The efficiency of combined application of mineral fertilizers, inoculants in soybean growing technology, and functioning of nitrogen-fixing symbiosis under increasing nitrogen rates. *Agronomy Research*. 2022. Vol. 20, Iss. 4. P. 730–750. <https://doi.org/10.15159/AR.22.075>
4. Лень О. І. Вплив системи удобрення та основного обробітку ґрунту на продуктивність гібридів кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06>
5. Маренич М. М., Ласло О. О., Драч В. С. Адаптивні властивості гібридів кукурудзи до несприятливих кліматичних умов. *Зрошуваче землеробство*. 2024. № 82. С. 43–47. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.7>
6. Паламарчук В. Д., Демчук Б. С. Роль позакоренових підживлень у сучасних технологіях вирощування зернової кукурудзи. *Сільське господарство та лісівництво*. 2021. № 20. С. 60–76.
7. Юрченко С. О., Шакалій С. М., Баган А. В. та ін. Формування біометричних показників та рівня врожайності гібридів кукурудзи за групами стиглості. *Зрошуваче землеробство*. 2022. № 77. С. 5–8. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1>
8. Biswas D. K., Ma B. L. Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Canadian Journal of Plant Science*. 2016. Vol. 96, Iss. 3. P. 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>
9. Kulisnyk O. M. Influence of foliar feeding on the grain productivity of corn hybrids in the conditions of the right-bank forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10, Iss. 2. P. 40–44.
10. Marenych M. M., Hanhur V. V., Len O. I. et al. The efficiency of humic growth stimulators in presowing seed treatment and foliar additional fertilizing of sown areas of grain and industrial crops. *Agronomy Research*. 2019. Vol. 17, Iss. 1. P. 194–205. <https://doi.org/10.15159/AR.19.023>
11. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.
12. Присяжнюк О. І., Климович Н. М., Полуніна О. В. та ін. Методологія і організація наукових досліджень у сільському господарстві та харчових технологіях. Київ : Нілан-ЛТД, 2021. 300 с. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2>

References

1. Hanhur, V. V. (2021). Corn for grain: Best sowing dates and optimal plant density for the Left-Bank Forest-Steppe. *Agribusiness Today*, 7, 24–25. [In Ukrainian]
2. Grabovskiy, M. B., Vakhniy, S. P., Lozinskyi, M. V., Panchenko, T. V., & Basyuk, P. L. (2021). Grain productivity hybrids of corn depending on the use of complex mineral fertilizers. *Agrobiologia*, 2, 33–42. [In Ukrainian]
3. Kalenska, S., Novytska, N., Kalenskii, V., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Doktor, N., Kormosh, S., & Martunov, A. (2022). The efficiency of combined application of mineral fertilizers, inoculants in soybean growing technology, and functioning of nitrogen-fixing symbiosis under increasing nitrogen rates. *Agronomy Research*, 20(4), 730–750. <https://doi.org/10.15159/AR.22.075>

4. Len, O. I. (2021). Influence of fertilization system and primary tillage on the productivity of corn hybrids. *Bulletin of Poltava State Agricultural Academy*, 2, 52–58. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.06> [In Ukrainian]
5. Marenych, M. M., Laslo, O. O., & Drach, V. S. (2024). Adaptive properties of corn hybrids to adverse climatic conditions. *Irrigated Agriculture*, 82, 43–47. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2024.82.7> [In Ukrainian]
6. Palamarchuk, V. D., & Demchuk, B. S. (2021). The role of foliar feeding in modern technologies of growing grain corn. *Agriculture and Forestry*, 20, 60–76. [In Ukrainian]
7. Yurchenko, S. O., Shakalii, S. M., Bahan, A. V., Ivashchenko, V. M., Barabolia, O. V., & Pokotylo, A. V. (2022). Formation of biometric indicators and yield level of corn hybrids by maturity groups. *Irrigated Agriculture*, 77, 5–8. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2022.77.1> [In Ukrainian]
8. Biswas, D. K., & Ma, B. L. (2016). Effect of nitrogen rate and fertilizer nitrogen source on physiology, yield, grain quality, and nitrogen use efficiency in corn. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(3), 392–403. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0186>
9. Kolisnyk, O. M. (2020). Influence of foliar feeding on the grain productivity of corn hybrids in the conditions of the right-bank forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(2), 40–44.
10. Marenych, M. M., Hanhur, V. V., Len, O. I., Hangur, Yu. M., Zhornyk, I. I., & Kalinichenko, A. V. (2019). The efficiency of humic growth stimulators in presowing seed treatment and foliar additional fertilizing of sown areas of grain and industrial crops. *Agronomy Research*, 17(1), 194–205. <https://doi.org/10.15159/AR.19.023>
11. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic experimental data in the Statistica 6.0 package*. PolygraphConsulting. [In Ukrainian]
12. Prysiazhniuk, O. I., Klymovych, N. M., Polunina, O. V., Yevchuk, Ya. V., Tretiakova, S. O., Kononenko, L. M., Voitovska, V. I., & Mykhailovyn, Yu. M. (2021). *Methodology and organization of scientific research in agriculture and food technologies*. Nilan-LTD. <https://doi.org/10.47414/978-966-924-927-2> [In Ukrainian]

UDC 633.15:631.53.027

Mokriienko, V. A. (2026). Yield structure of maize and soybean in mono- and mixed crops. *Advanced Agritechnologies*, 14(1). <https://doi.org/10.47414/na.14.1.2026.361450> [In Ukrainian]

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, e-mail: mokriienko@ukr.net

Aim. To identify the features of yield structure formation of maize and soybean in mono- and mixed sowings the Forest Steppe of Ukraine depending on the fertilisation system. **Methods.** The study was conducted in 2021–2025 in Kyiv region on typical low-humus medium-loam chernozem soils with a humus content of 3.5%. Monocrops and mixed crops of maize ('RGT Zanettix', FAO 340) and soybean ('Sirelia', CHU 2300; 'RGT Sakusa', CHU 2600) were studied. In mixed crops, the soybean seeding rate was reduced by 50% (225,000 plants/ha) with 100% of the maize rate (70,000 plants/ha). The fertilisation treatments (Factor B) included: control (no fertilisation), $N_{60}P_{45}K_{45}$, and $N_{90}P_{60}K_{60}$. **Results.** Maize was characterised by intensive biomass accumulation, peaking at the 15-leaf to flowering stage (up to 12.1 t/ha in the control and 14.4 t/ha with fertilisation). Soybean exhibited slower initial growth but demonstrated high compensatory capacity during generative development. Mixed crops ensured a significant increase in total biomass to 18.5–27.7 t/ha, exceeding maize monocrop by 36–42%. In mixed crops, maize biomass increased by 11–19%, associated with improved nutrition and micro-ecological conditions of the agro-phytocoenosis. Soybean, at reduced density (50%), compensated losses by increasing pod number (up to +40%) and seed mass per plant (up to +70%). The yield structure of maize remained stable: 1000-kernel weight 340–361 g, grain output 83–85%, with no significant differences between mono- and binary crops. Soybean showed high variability of productivity elements and a strong dependence of yield on seed number per plant ($r = 0.92–0.95$). For soybean, the optimal fertilisation background was $N_{60}P_{45}K_{45}$, while excess nitrogen ($N_{90}P_{60}K_{60}$) reduced pod filling and biomass. For maize, productivity increased almost linearly with higher fertiliser rates. **Conclusions.** Binary crops of maize and soybean generate a pronounced synergistic effect, ensuring increased biomass and stabilisation of maize yield structure. Soybean demonstrates high compensatory plasticity, enabling effective use of reduced plant density. Fertilisation optimisation is a key factor in realising the potential of the agro-phytocoenosis.

Keywords: maize; soybean; yield structure; mixed crops; dry matter; productivity elements; mineral nutrition.

Надійшла / Received 02.02.2026

Погоджено до друку / Accepted 19.03.2026

Опубліковано онлайн / Published online 28.05.2026