

УДК 633.15:631.53.027

## Структура моно- та бінарних посівів кукурудзи і сої

В. А. Мокрієнко 

Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна

Автор для листування: Володимир Мокрієнко, [tokrienko@ukr.net](mailto:tokrienko@ukr.net)

**Цитування:** Мокрієнко В. А. Структура моно- та бінарних посівів кукурудзи і сої. *Біоенергетика*. 2025. № 2. С. 45–56. <https://doi.org/10.47414/be.2025.No2.pp45-56>

**Мета.** Установити закономірності формування густоти стояння, виживаності рослин і просторової структури кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах залежно від рівня мінерального живлення в умовах Лісостепу України. **Методи.** Дослідження проводили у 2021–2025 рр. у стаціонарному польовому досліді кафедри рослинництва ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» (Київська обл.). Порівнювали монокультурні та бінарні посіви кукурудзи ('РЖТ Занетіккс') і сої ('Сірелія', 'РЖТ Сакуза') за трьох систем удобрення: без добрив,  $N_{60}P_{45}K_{45}$  та  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Аналізували лабораторну та польову схожість, фактичну густоту на час повних сходів і збирання, коефіцієнти виживаності, варіабельність розміщення рослин і кореляційні зв'язки з продуктивністю рослин. **Результати.** Польова схожість кукурудзи становила 91,1–91,4%, сої – 87,8–88,2%, що свідчило про сприятливі умови для формування бінарних посівів. У бінарних агроценозах оптимальна густота стояння кукурудзи на час збирання зберігалася в межах 63,4–64,0 тис. рослин/га за виживаності 94,3–95,1%, тоді як густота сої становила 194,3–196,9 тис. рослин/га за виживаності 91,3–92,1%. Незначний вплив удобрення на густоту (0,8–1,3%) свідчить про достатню забезпеченість ґрунту елементами живлення на початкових етапах росту. Застосування  $N_{90}P_{60}K_{60}$  підвищувало висоту рослин у монокультурі (кукурудзи на 9,1–15,5%, сої на 4,2–5,3%), тоді як у бінарних посівах висота кукурудзи (241,0–265,0 см) не зменшувалася, що вказує на відсутність негативної міжвидової конкуренції. Висота сої в бінарних посівах зростала на 6,7–23,3% як адаптація до часткового затінення. Розраховано, що співвідношення висот кукурудза : соя як 3,1–3,4 : 1 забезпечує мінімальне перекриття листових поверхонь та ефективне використання світла (коефіцієнт 0,82–0,85). Критичний період формування архітектури агроценозу припадав на 40–60-ту добу вегетації, коли темпи росту кукурудзи (3,5–4,0 см/добу) істотно перевищували показники сої (1,2–1,5 см/добу). Встановлено помірний позитивний зв'язок між висотою рослин і продуктивністю ( $r = 0,58–0,63$  у кукурудзи та  $r = 0,51–0,56$  у сої). Бінарні посіви знижували забур'яненість до 4,5–7,2 шт./м<sup>2</sup> проти 12,2–35,6 шт./м<sup>2</sup> у монокультурах (у 2,7–4,9 раза) та суху масу бур'янів на 57,9–64,0%. За інтенсивного удобрення в монокультурах забур'яненість різко зростала (на 46,7–180,3%), тоді як у бінарних посівах приріст був помірним (33,3–60,0%). **Висновки.** Отримані результати свідчать, що бінарні посіви забезпечують стабільне формування оптимальної густоти компонентів і створюють просторову структуру агроценозу, яка підвищує адаптивність та продуктивну стійкість системи.

**Ключові слова:** кукурудза; соя; бінарні посіви; густота стояння; польова схожість; виживаність рослин; просторовий розподіл; продуктивність.

### Вступ

Густота стояння рослин є одним із базових елементів технології вирощування польових культур, що визначає інтенсивність внутрішньо- та міжвидової конкуренції, архітектоніку агроценозів і ефективність використання світлових, водних та поживних ресурсів. За літературними даними, відхилення фактичної густоти від оптимальної на  $\pm 10\%$  може призводити

Одержано 17.11.2025 • Погоджено 15.12.2025 • Опубліковано онлайн 29.12.2025

© Автор(и), 2025. Видавець Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Це стаття відкритого доступу, що розповсюджується на умовах ліцензії CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>), яка дозволяє використання, розповсюдження та відтворення на будь-яких носіях за умови належного цитування оригінальної роботи.



до зниження врожайності кукурудзи на 6–12%, а сої – на 10–25% залежно від погодних умов та особливостей сортів [1, 2].

Для кукурудзи оптимальна густина стояння в умовах Лісостепу України становить 60–70 тис. рослин/га. Саме в цьому діапазоні формується максимальний листковий індекс (4,0–4,5), забезпечується поглинання 90–95% фотосинтетично активної радіації та досягається найвищий коефіцієнт конверсії фотосинтетичної енергії. Підвищення густоти понад 75–80 тис. рослин/га, за даними [3, 4], супроводжується зростанням конкуренції між рослинами та зниженням їх індивідуальної продуктивності на 8–15%.

Соя, на відміну від кукурудзи, характеризується значно вищою пластичністю щодо густоти стояння. Оптимальний інтервал густоти для більшості сортів у монокультурі становить 350–450 тис. рослин/га, при цьому зниження густоти на 30–40% може компенсуватися підвищенням індивідуальної продуктивності рослин завдяки інтенсивнішому гілкуванню. Водночас у змішаних агроценозах густина сої, зазвичай, зменшується до 200–250 тис. рослин/га без істотного зниження рівня врожайності [5].

У бінарних посівах зернових і зернобобових культур густина компонентів виконує не лише продуктивну, а й структуроутворювальну функцію. Літературні дані свідчать, що оптимальне співвідношення густоти кукурудзи та сої коливається в межах 1:2,5–3,5, забезпечуючи формування ярусної просторової структури з мінімальним перекриттям листкових поверхонь. За таких умов сумарний коефіцієнт використання світлової енергії може зростати з 0,72–0,75 у монокультурах до 0,82–0,85 у бінарних посівах [6].

Формування фактичної густоти стояння значною мірою залежить від лабораторної та польової схожості насіння, а також збереженості рослин упродовж вегетації. Для кукурудзи різниця між лабораторною та польовою схожістю зазвичай становить 3–5%, тоді як для сої – 5–8%, що зумовлено її підвищеною чутливістю до температурного та водного режимів ґрунту. Подальші втрати рослин упродовж вегетації можуть сягати 4–7% для кукурудзи та 6–10% для сої [7].

Мінеральне живлення, за даними [8], має обмежений вплив на формування густоти стояння на ранніх етапах органогенезу, проте істотно впливає на виживаність рослин. Підвищення рівня удобрення здатне збільшувати збереженість кукурудзи на 1–2%, тоді як для сої застосування високих доз азоту в деяких випадках призводить до зниження виживаності рослин унаслідок порушення процесів симбіотичної азотфіксації.

Незважаючи на значну кількість наукових публікацій, кількісна оцінка формування густоти стояння та її варіабельності (CV) у бінарних посівах у багаторічному аспекті залишається недостатньо систематизованою. Особливо актуальним є аналіз взаємозв'язку густоти компонентів із продуктивністю та стабільністю агроценозів за мінливих погодних умов [9, 10].

*Мета дослідження* – установити закономірності формування густоти стояння кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах, кількісно оцінити вплив систем удобрення на польову схожість і виживаність рослин, а також встановити роль просторової структури посівів у забезпеченні стабільної продуктивності агроценозів Лісостепу України.

## Матеріали та методи дослідження

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. Уміст 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 дослідів (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 <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub> ; 3. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>			

Попередником у досліді була пшениця озима. Система обробітку ґрунту передбачала луцення стерні на глибину 10–12 см та проведення оранки на 25–27 см. Під основний обробіток ґрунту, відповідно до схеми досліду та з урахуванням мінералізації рослинних решток, вносили комплексне мінеральне добриво FERTIS NPK (10-20-20+S+ME), а під час передпосівної культивування – решту азотних добрив у формі аміачної селітри (34,4%).

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

## Результати дослідження

Лабораторна схожість насіння характеризувалася високою стабільністю незалежно від системи вирощування та рівня мінерального удобрення. Для гібрида кукурудзи ‘РЖТ Занетіккс’ цей показник становив 95,3% у всіх варіантах досліду, що свідчить про високу якість насінневого матеріалу та його відповідність вимогам ДСТУ 2240-93. Стабільність лабораторної схожості впродовж п’яти років досліджень підтверджує ефективність системи насінництва та дотримання технологічних вимог післязбиральної доробки насіння виробником сертифікованого насінневого матеріалу (табл. 2).

Сорти сої характеризувалися дещо нижчим, проте також стабільним рівнем лабораторної схожості, який становив 93,0% для обох культиварів у всіх варіантах досліду. Різниця у 2,3% між показниками кукурудзи та сої зумовлена біологічними особливостями культур і вищою чутливістю насіння сої до умов зберігання.

Польова схожість характеризувалася вищою варіабельністю порівняно з лабораторною, що відображає вплив ґрунтово-кліматичних умов на процес проростання насіння. У монокультурі кукурудзи польова схожість становила 91,2–91,3%, що було лише на 4,0–4,1% нижче лабораторної. Це свідчить про сприятливі умови сівби та високу адаптивність гібрида до агрологічних умов регіону.

У бінарних посівах польова схожість кукурудзи залишалася на рівні монокультури і становила 91,1–91,4%, що вказує на відсутність негативного впливу сумісної сівби на початкові етапи онтогенезу. Незначні коливання показника в межах 0,3% між варіантами удобрення підтверджують, що мінеральне живлення не є лімітуючим фактором на етапі проростання насіння.

Соя характеризувалася нижчою польовою схожістю: 87,8–88,2% у монокультурі та 87,9–88,1% у бінарних посівах. Зменшення польової схожості відносно лабораторної становило 4,8–5,2%, що в 1,3 раза перевищувало відповідний показник у кукурудзи. Це зумовлено вищими вимогами сої до температурного режиму та вологості ґрунту в період проростання, а також її чутливістю до утворення ґрунтової кірки.

Фактична густина рослин на час повних сходів формувалася відповідно до норм висіву та показників польової схожості. У монокультурі кукурудзи вона становила 67,2–67,4 тис./га, що відповідало 96,0–96,3% розрахункової густоти. Низький коефіцієнт варіації (CV = 0,15%) свідчить про високу точність сівби та рівномірність розміщення рослин за використання сучасних ґрунтообробних агрегатів і сівалок.

У бінарних посівах густина кукурудзи на час сходів залишалася на рівні монокультури (67,2–67,4 тис./га), що підтверджує ефективність технології сумісної сівби. Водночас густина

рослин сої в бінарних посівах становила 212,6–213,8 тис./га за норми висіву 225 тис. насінин/га, що відповідало 94,5–95,0% від заданої густоти. Це на 6,4–7,1% перевищувало показники польової схожості, що пояснюється покращеними мікрокліматичними умовами у змішаних агроценозах.

**Таблиця 2.** Схожість та густота кукурудзи і сої в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021–2025 рр.)

Монокультура / бінарні посіви	Система удобрення	Схожість, %		Густота на час ..., тис. шт./га	
		лабор-на	польова	повних сходів	збирання
'РЖТ Занетіккс'	Контроль без добрив	95,3	91,2	67,4	63,5
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	95,3	91,3	67,2	63,8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	95,3	91,2	67,2	64,0
'Сірелія'	Контроль без добрив	93,0	88,2	431,6	412,1
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	93,0	87,8	426,2	408,6
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	93,0	88,1	427,5	410,4
'РЖТ Сакуза'	Контроль без добрив	93,0	87,9	426,6	408,0
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	93,0	88,2	427,5	409,9
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	93,0	88,1	427,1	410,0
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	95,3	91,4	67,2	63,4
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	95,3	91,1	67,4	64,0
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	95,3	91,3	67,3	64,0
'РЖТ 'Занетіккс' + 'Сірелія' (лише соя)	Контроль без добрив	93,0	88,1	213,1	194,5
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	93,0	87,9	212,6	195,2
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	93,0	87,9	213,8	196,9
'РЖТ Занетіккс' + Сірелія' (сумарно)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	95,3	91,4	67,3	63,4
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	95,3	91,4	67,3	63,8
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	95,3	91,2	67,2	63,8
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише соя)	Контроль без добрив	93,0	87,9	213,3	194,3
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	93,0	88,0	213,1	195,2
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	93,0	88,1	213,5	196,4
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (сумарно)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
НІР <sub>0,05</sub>		1,0	0,8	1,6/5,2	1,0/4,7

У монокультурі сої густота рослин на час повних сходів становила 426,2–431,6 тис./га, або 94,7–95,9% від норми висіву. Незначний вплив удобрення на густоту сходів, коливання якої не перевищували 5,4 тис. шт./га, свідчить про другорядну роль мінерального живлення на початкових етапах розвитку культури.

Збереженість рослин від сходів до збирання є важливим інтегральним показником стійкості агроценозів до біо- та абіотичних чинників. У монокультурі кукурудзи виживаність становила 94,2–95,2%, що забезпечувало формування густоти перед збиранням на рівні 63,5–64,0 тис./га. Втрати 3,7–3,9 тис./га (5,5–5,8%) зумовлені внутрішньовидовою конкуренцією, пошкодженням шкідниками та механічними ушкодженнями під час догляду за посівами.

Застосування добрив незначно підвищувало виживаність кукурудзи з 94,2% на контролі до 95,2% за внесення N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Це пов'язано з кращим розвитком кореневої системи та підвищенням стійкості рослин до стресових факторів за оптимального мінерального живлення.

У бінарних посівах виживаність кукурудзи становила 94,3–95,1% і практично не відрізі-

нялася від монокультури, що спростовує припущення про негативний вплив міжвидової конкуренції з боку сої та підтверджує комплементарність культур у використанні ресурсів.

Соя мала нижчу виживаність порівняно з кукурудзою. У монокультурі збереженість рослин становила 95,4–96,0%, що призводило до зменшення густоти з 426,2–431,6 тис./га на час сходів до 408,0–412,1 тис./га перед збиранням. Абсолютні втрати 17,1–19,5 тис./га були в 4,9–5,3 рази вищими, ніж у кукурудзи, водночас відносні втрати на рівні 4,0–4,6% залишалися порівнянними.

У бінарних посівах виживаність сої знижувалася до 91,3–92,1%, що зумовлювало густоту 194,3–196,9 тис./га перед збиранням. Підвищені втрати 8,6–9,1% пов'язані з частковим затіненням рослин сої високорослою кукурудзою в критичні фази розвитку. Водночас абсолютна кількість збережених рослин забезпечувала формування повноцінного врожаю.

Системи удобрення мали мінімальний вплив на показники схожості та густоти кукурудзи. Різниця в польовій схожості між контролем і максимальним рівнем удобрення не перевищувала 0,1%, а густота рослин перед збиранням коливалася в межах 63,5–64,0 тис./га з тенденцією до незначного зростання (на 0,5 тис./га) за інтенсифікації удобрення.

Відсутність істотного впливу добрив на густоту кукурудзи свідчить про достатній рівень забезпеченості ґрунту елементами живлення в умовах проведення досліджень. Основний ефект удобрення проявлявся на пізніших етапах онтогенезу через стимуляцію ростових процесів і формування продуктивності.

Аналогічно, соя виявляла слабку реакцію на удобрення щодо формування густоти посівів. У монокультурі коливання густоти перед збиранням не перевищували 4,3 тис./га (1,0%), тоді як у бінарних посівах варіабельність була ще меншою і становила 2,4–2,6 тис./га (1,2–1,3%).

Стабільність густоти сої за різних рівнів мінерального живлення пояснюється біологічними особливостями культури, зокрема здатністю до симбіотичної азотфіксації, яка частково компенсує дефіцит азоту на ранніх етапах розвитку. Високі дози мінеральних добрив можуть пригнічувати формування бульбочок, що нівелює позитивний ефект удобрення.

Розрахунок індексу регулярності розміщення рослин за Морісітою показав, що в монокультурі кукурудзи він становив 0,92–0,94, наближаючись до випадкового розподілу (1,0). У бінарних посівах індекс знижувався до 0,87–0,89, що свідчить про тенденцію до агрегованого розміщення рослин, зумовлену неоднорідністю міжвидових конкурентних взаємодій.

Коефіцієнт варіації густоти по площі поля становив 8,2–9,1% у монокультурі кукурудзи та 11,3–12,7% у бінарних посівах. Підвищена просторова гетерогенність змішаних агроценозів компенсувалася ефективнішим використанням екологічних ніш і зростанням загальної продуктивності.

Кореляційний аналіз виявив помірний позитивний зв'язок між густотою стояння та врожайністю кукурудзи ( $r = 0,52–0,58$ ) у діапазоні 60–70 тис./га. Для сої зв'язок був слабшим ( $r = 0,31–0,37$ ) унаслідок високої пластичності культури та здатності компенсувати знижену густоту завдяки посиленому гілкуванню.

У бінарних посівах взаємозв'язок густоти з продуктивністю мав складніший характер через міжвидову взаємодію. Множинний регресійний аналіз показав, що оптимальне співвідношення густоти кукурудзи до сої становило 1:3,0–3,1, тоді як фактичне співвідношення 1:3,05–3,08 було близьким до оптимального.

Поєднання фенологічної стабільності кукурудзи та морфологічної пластичності сої забезпечує підвищену стійкість бінарних агроценозів до мінливості погодних умов і високу ймовірність формування стабільних урожаїв.

У фазі п'ятого листка висота рослин кукурудзи в монокультурі становила 19,8 см на контролі, що відповідає нормальному рівню розвитку для гібриду середньостиглої групи. Внесення добрив стимулювало початковий ріст: приріст висоти становив 0,9 см (4,5%) за  $N_{60}P_{45}K_{45}$  та 1,7 см (8,6%) за  $N_{90}P_{60}K_{60}$ , що зумовлено активізацією меристематичної діяльності під впливом азоту і фосфору (табл. 3).

У бінарних посівах висота кукурудзи на цьому етапі практично не відрізнялася від монокультури і становила 19,7–19,9 см на контролі та 20,7–21,7 см за удобрення. Відсутність конкурентного впливу сої пояснюється її незначною висотою (6,3–7,9 см) і слабким розвитком кореневої системи на початкових етапах росту.

Середньодобовий приріст висоти в період від сходів до фази п'ятого листка становив 0,74–0,81 см/добу, що свідчить про оптимальні умови росту. Коефіцієнт варіації висоти між окремими рослинами не перевищував 8,2%, що вказує на вирівняність посівів.

Період від п'ятого листка до появи волоті характеризувався максимальними темпами росту. У монокультурі на контролі висота кукурудзи досягала 187,2 см, що в 9,5 раза перевищувало показники попередньої фази. Середньодобовий приріст становив 3,2 см/добу і відповідав фазі інтенсивного лінійного росту.

Застосування добрив суттєво стимулювало ростові процеси: висота рослин збільшувалася до 195,6 см за N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> (на 4,5%) і до 204,3 см за N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (на 9,1%). Це зумовлено подовженням міжвузлів під впливом азоту та покращенням водного статусу рослин.

У бінарних посівах висота кукурудзи в цю фазу була незначно меншою на контролі (186,8–187,6 см) і практично відповідала монокультурі за умов удобрення. Виявлена тенденція може бути пов'язана з початком міжвидової конкуренції за поживні речовини з боку сої, яка в цей період переходить до інтенсивного росту.

**Таблиця 3.** Висота рослин кукурудзи та сої в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021–2025 рр.)

Монокультура / бінарні посіви	Система удобрення	5-й листок (три справж. листка в сої)	Поява волоті (бутонізація сої)	Цвітіння волоті (цвітіння сої)	Повна стиглість зерна
'РЖТ Занетіккс'	Контроль без добрив	19,8	187,2	200,9	241,5
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	20,7	195,6	210,0	252,3
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,5	204,3	219,2	263,5
'Сірелія'	Контроль без добрив	6,0	55,8	59,9	72,0
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	6,1	57,6	61,8	74,3
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,1	58,1	62,4	75,0
'РЖТ Сакуза'	Контроль без добрив	7,5	70,6	75,8	91,1
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	7,7	72,5	77,8	93,5
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,9	74,3	79,8	95,9
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	19,7	186,8	200,6	241,0
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	20,9	196,0	210,6	253,1
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,7	205,0	220,0	264,5
'РЖТ 'Занетіккс' + 'Сірелія' (лише соя)	Контроль без добрив	6,3	59,5	63,9	76,8
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	6,8	64,5	69,2	83,2
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,3	69,0	74,1	89,0
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (сумарно)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	19,9	187,6	201,3	242,0
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	20,7	196,2	210,5	253,1
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	21,6	205,3	220,4	265,0
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише соя)	Контроль без добрив	7,9	75,1	80,6	96,9
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	8,2	77,9	83,6	100,5
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	9,2	87,1	93,5	112,3
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (сумарно)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
HP <sub>0,05</sub>		2,3/0,4	11,0/2,5	12,2/3,0	13,6/2,9

У фазі цвітіння волоті висота кукурудзи досягала 200,9 см на контролі в монокультурі, що лише на 7,3% більше попередньої фази. Це свідчить про завершення основного росту та перехід до репродуктивного розвитку. За удобрення висота зростала до 210,0–219,2 см, причому

ефект був пропорційний нормам добрив. До фази повної стиглості висота рослин продовжувала незначно збільшуватися за рахунок подовження верхніх міжвузлів і волоті, досягаючи 241,5 см у контролі та 263,5 см за внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$ . Загальний приріст порівняно з контролем становив 9,1% за помірного та 15,5% – за інтенсивного удобрення.

У бінарних посівах фінальна висота кукурудзи (241,0–242,0 см у контролі, 264,5–265,0 см за внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) практично не відрізнялася від монокультури або навіть незначно її перевищувала. Це, на перший погляд, парадоксальне явище може пояснюватися стимулювальним впливом корневих виділень сої, а також поліпшенням азотного живлення кукурудзи завдяки біологічній фіксації азоту бобовою культурою.

Сорт 'Сірелія' характеризувався компактним габітусом: висота рослин становила 6,0 см у фазу трьох листків, 55,8 см – у фазі бутонізації, 59,9 см – під час цвітіння та 72,0 см – у фазі повної стиглості на контролі. Застосування мінеральних добрив не мало незначного впливу на показник висоти: приріст за максимального рівня удобрення не перевищував 3,2–4,2%.

Сорт 'РЖТ Сакуза' формував вищі рослини порівняно із 'Сірелія': 7,5 см у початковій фазі росту та 91,1 см у фазі повної стиглості в контролі. Це на 26,5% перевищувало відповідні показники 'Сірелія', що узгоджується з його сортовими особливостями. Реакція на мінеральне удобрення була дещо істотношою: за внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$  приріст висоти становив 5,3%.

Динаміка росту рослин сої характеризувалася наявністю двох виражених піків. Перший пік припадав на період від фази трьох листків до бутонізації, коли приріст висоти становив 49,8–63,1 см. Другий пік спостерігався у проміжку від цвітіння до повної стиглості з приростом 12,1–16,1 см. У період між бутонізацією та цвітінням інтенсивність росту істотно знижувалася, а приріст не перевищував 4,1–5,5 см.

У змішаних посівах простежувалася тенденція до збільшення висоти рослин сої. Зокрема, 'Сірелія' досягав 76,8 см на контролі, що на 6,7% більше порівняно з монокультурою, та 89,0 см за внесення  $N_{90}P_{60}K_{60}$  (+18,7%). Сорт 'РЖТ Сакуза' формував відповідно 96,9 см на контролі (+6,4%) та 112,3 см за інтенсивного удобрення (+17,1%).

Стимуляція росту сої в бінарних посівах зумовлена явищем етіоляції – подовженням стебел у відповідь на часткове затінення рослинами кукурудзи. Така реакція має адаптивний характер і спрямована на оптимізацію світлового живлення в умовах міжвидової конкуренції. Подовження міжвузлів на 15–20% супроводжується зменшенням їх діаметра та механічної міцності.

Найвиразніший ефект спостерігався за поєднання бінарних посівів з інтенсивним удобренням: висота рослин 'РЖТ Сакуза' досягала 112,3 см, що на 23,3% перевищувало показник у монокультурі. Водночас надмірне витягування стебел може негативно впливати на стійкість рослин до вилягання, особливо за умов підвищеної вологості.

Аналіз співвідношення висот компонентів агроценозу засвідчив формування чітко вираженої ярусної структури. У фазі цвітіння кукурудза перевищувала сою за висотою в 3,14–3,35 раза на контролі та у 2,36–2,97 раза за умов удобрення. Зменшення цього співвідношення за інтенсифікації живлення пояснюється сильнішою ростовою реакцією сої на добрива в умовах затінення. Оптимальна ярусність формувалася за висоти кукурудзи 200–210 см та сої 60–70 см, що забезпечувало мінімальне перекриття листових поверхонь. За такої просторової структури коефіцієнт використання світла досягав 0,82–0,85, тоді як у монокультурах він становив лише 0,71–0,74.

Вертикальний розподіл листової маси показав, що 65–70% листя кукурудзи розміщувалося вище 120 см, тоді як 80–85% листя сої концентрувалося нижче 80 см. Зона перекриття ярусів (80–120 см) містила лише 15–20% загальної листової поверхні, що суттєво знижувало рівень конкуренції за світло.

Формування ярусної диференціації розпочиналося з фази 5–7 листків кукурудзи, коли різниця у висоті компонентів агроценозу досягала 13–14 см. До фази викидання волоті цей розрив зростав до 111–118 см, а за повної стиглості – до 151–165 см. Критичний період формування ярусності припадав на 40–60-ту добу вегетації, коли темпи росту кукурудзи були максимальними (3,5–4,0 см/добу), а сої – помірними (1,2–1,5 см/добу). Саме в цей період закладалася архітектоніка агроценозу, що визначає його подальшу продуктивність.

Кореляційний аналіз виявив помірний позитивний зв'язок між висотою рослин кукурудзи та врожайністю ( $r = 0,58–0,63$ ). Оптимальна висота для досягнення максимальної продуктив-

ності становила 250–260 см. За перевищення цього рівня зростала ймовірність вилягання та знижувалася ефективність фотосинтезу нижніх листків.

Для сої кореляційний зв'язок між висотою рослин і врожайністю був слабшим ( $r = 0,42-0,47$ ), що зумовлено дією компенсаторних механізмів: низькорослі рослини формували більшу кількість бічних гілок. У бінарних посівах сила цього зв'язку зростала ( $r = 0,51-0,56$ ), оскільки висота рослин безпосередньо визначала доступ до світлових ресурсів.

Висота рослин тісно корелювала з накопиченням сухої речовини:  $r = 0,78-0,82$  для кукурудзи та  $r = 0,71-0,75$  для сої. Регресійний аналіз показав, що кожні 10 см приросту висоти кукурудзи забезпечували додаткове накопичення 0,35–0,42 т/га сухої маси, тоді як для сої – 0,18–0,22 т/га. У бінарних посівах ефективність конверсії приросту висоти в біомасу знижувалася на 12–15% унаслідок зміни алокації асимілятів, коли більша їх частка спрямовувалася на подовження стебел завдяки розвитку листової поверхні.

У змішаних посівах у кукурудзи спостерігалися морфологічні адаптації: листки орієнтувалися під більшим кутом ( $75-80^\circ$  проти  $65-70^\circ$  у монокультурі), що покращувало проникнення світла в нижні яруси. Висота прикріплення качана зростала на 5–8 см, імовірно, як адаптивна реакція на міжвидову конкуренцію. Діаметр стебла в нижній частині зменшувався на 3–5%, однак це компенсувалося кращим розвитком опорних коренів. Механічна стійкість рослин залишалася достатньою: рівень вилягання не перевищував 2–3% навіть за максимальної висоти.

Соя в бінарних посівах проявляла виражену фототропну реакцію: стебла відхилялися від вертикалі на  $10-15^\circ$  у напрямку міжрядь кукурудзи. Кількість бічних гілок зменшувалася на 25–30%, проте їх довжина зростала на 15–20%. Площа листків збільшувалася на 12–18%, водночас вони ставали тоншими. Питома листовая поверхня зростала з 180–200 до 220–240  $\text{cm}^2/\text{г}$ , що є типовою адаптацією рослин до умов затінення. Подовження черешків на 20–25% забезпечувало ефективніше просторове розміщення листків.

Забур'яненість посівів є одним із ключових чинників, що лімітують продуктивність агроценозів, спричиняючи втрати врожаю від 15 до 70% залежно від видового складу та щільності бур'янової рослинності. В умовах екологізації землеробства особливої актуальності набувають біоценологічні методи контролю забур'яненості, серед яких важливе місце посідає оптимізація структури посівів. Бінарні агроценози, завдяки підвищеній конкурентній здатності культурних рослин та алелопатичним взаємодіям, здатні забезпечувати природну супресію бур'янів.

У фазі появи волоті кукурудзи на контролі без добрив щільність бур'янів становила 12,2 шт./ $\text{m}^2$  за сухої маси 78,3  $\text{г}/\text{m}^2$ , що відповідає середньому рівню забур'яненості для умов Лісостепу. Застосування міндобрив сприяло зростанню забур'яненості – до 15,6 шт./ $\text{m}^2$  у разі  $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$  (+27,9%) та до 17,9 шт./ $\text{m}^2$  за  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$  (+46,7%). Це пояснюється стимуляцією проростання насіння бур'янів і поліпшенням умов їх росту. Суха маса бур'янової рослинності зростала відповідно до 89,5 та 95,1  $\text{г}/\text{m}^2$  (табл. 4).

До фази молочної стиглості забур'яненість на контролі залишалася відносно стабільною (12,7 шт./ $\text{m}^2$ ), однак суха маса бур'янів збільшувалася до 136,5  $\text{г}/\text{m}^2$  (+74,3%) унаслідок подальшого накопичення біомаси. За умов удобрення спостерігалось суттєве зростання забур'яненості – до 28,9 шт./ $\text{m}^2$  за  $\text{N}_{60}\text{P}_{45}\text{K}_{45}$  та 35,6 шт./ $\text{m}^2$  за  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ , що пов'язано з формуванням другої хвилі бур'янів.

Коефіцієнт домінування Сімпсона зростав з 0,42 на контролі до 0,56 при  $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ , що свідчить про спрощення структури бур'янового угруповання та домінування кількох агресивних видів. Такі зміни ускладнюють контроль забур'яненості через формування висококонкурентних і потенційно резистентних популяцій.

Соя загалом проявляла вищу конкурентну здатність щодо бур'янів порівняно з кукурудзою. Зокрема, сорт 'Сірелія' на контролі у фазу бутонізації характеризувався забур'яненістю 10,3 шт./ $\text{m}^2$  за сухої маси 56,2  $\text{г}/\text{m}^2$ , що було відповідно на 15,6 та 28,2% менше, ніж у посівах кукурудзи. Це зумовлено швидким змиканням рядків сої та ефективним затіненням поверхні ґрунту.

Сорт 'РЖТ Сакуза' мав дещо вищу початкову забур'яненість (14,0 шт./ $\text{m}^2$ ), проте меншу суху масу бур'янів (55,4  $\text{г}/\text{m}^2$ ), що свідчить про стримування їхнього росту на пізніших етапах розвитку агроценозу.

**Таблиця 4.** Забур'яненість посівів в моно- та бінарних посівах (середнє за 2021–2025 рр.)

Монокультура / бінарні посіви	Система удобрення	Поява волоті		Молочна стиглість	
		кількість, шт./м <sup>2</sup>	суха маса, г/м <sup>2</sup>	кількість, шт./м <sup>2</sup>	суха маса, г/м <sup>2</sup>
'РЖТ Занетіккс'	Контроль без добрив	12,2	78,3	12,7	136,5
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	15,6	89,5	28,9	159,2
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	17,9	95,1	35,6	175,6
'Сірелія'	Контроль без добрив	10,3	56,2	11,5	85,5
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	14,0	60,1	14,0	110,0
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	23,0	72,2	16,6	123,4
'РЖТ Сакуза'	Контроль без добрив	14,0	55,4	12,0	92,0
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	17,0	63,3	15,2	110,5
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	20,0	68,7	17,8	128,0
'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
'РЖТ 'Занетіккс' + 'Сірелія' (лише соя)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
'РЖТ Занетіккс' + Сірелія' (сумарно)	Контроль без добрив	4,5	33,0	1,8	44,9
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	5,6	37,9	2,0	55,0
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	6,0	42,3	2,2	63,2
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише кукурудза)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖТ Сакуза' (лише соя)	Контроль без добрив	–	–	–	–
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	–	–	–	–
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	–	–	–	–
'РЖТ Занетіккс' + 'РЖ Сакуза' (сумарно)	Контроль без добрив	5,0	30,0	2,0	41,2
	N <sub>60</sub> P <sub>45</sub> K <sub>45</sub>	6,3	35,8	2,2	53,3
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,2	40,0	2,5	55,6
НІР <sub>0,05</sub>		0,6	1,5	1,1	5,2

За умов удобрення забур'яненість посівів сої зростала менш інтенсивно, ніж у кукурудзи: до 14,0–17,0 шт./м<sup>2</sup> за N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> та 16,6–20,0 шт./м<sup>2</sup> за N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Приріст сухої маси бур'янів був помірним і становив 7,0–17,3% за помірного та 28,4–44,3% за інтенсивного удобрення.

До фази досягання забур'яненість сої змінювалася незначно: приріст становив 11,7–18,6% за кількістю та 52,1–86,3% за масою. Це різко контрастує з кукурудзою, у посівах якої за удобрення приріст забур'яненості досягав 85,3–98,9% за кількістю. Відносна стабільність забур'яненості сої пояснюється підтриманням високого проєктивного покриття (85–90%) упродовж більшої частини вегетації.

Бінарні посіви характеризувалися вираженим супресивним ефектом щодо бур'янової рослинності. У комбінації 'РЖТ Занетіккс' + 'Сірелія' забур'яненість становила лише 4,5 шт./м<sup>2</sup> на контролі, що у 2,7 рази менше порівняно з монокультурою кукурудзи та у 2,3 рази – з монокультурою сої. Суха маса бур'янів (33,0 г/м<sup>2</sup>) була нижчою відповідно на 57,9 і 41,3%.

У разі удобрення забур'яненість у бінарних посівах зростала незначно – до 5,6–6,0 шт./м<sup>2</sup> за N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub> та 6,0–7,2 шт./м<sup>2</sup> за N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, що у 2,8–3,0 рази менше, ніж у монокультурі кукурудзи за аналогічного рівня мінерального живлення. Приріст сухої маси бур'янів становив лише 14,8–28,2% проти 14,3–21,5% у монокультурах.

Комбінація з 'РЖТ Сакуза' продемонструвала подібні результати: 5,0 шт./м<sup>2</sup> на контролі та 6,3–7,2 шт./м<sup>2</sup> за умов удобрення. Незначна різниця між бінарними комбінаціями (0,5–

1,2 шт./м<sup>2</sup>) свідчить про універсальність супресивного ефекту бінарних посівів незалежно від сортового складу сої.

Висока ефективність бінарних посівів у контролі забур'яненості забезпечується сукупністю взаємодоповнювальних механізмів. Підвищене проєктивне покриття фітоценозу (95–98% проти 75–80% у монокультурах) суттєво обмежує доступ світла до поверхні ґрунту, пригнічуючи проростання фотобластичного насіння бур'янів. Чітко виражена ярусність фітоценозу формує градієнт освітленості від 100% над рослинами до 3–5% на рівні ґрунту, що є критичним для більшості бур'янів (порогове значення – 10–15% ФАР). Додаткову роль відіграє алелопатична взаємодія: кореневі виділення сої містять фенольні сполуки та ізофлавоноїди, які інгібують проростання насіння і ріст проростків бур'янів на 25–40%. Важливим фактором є також конкуренція за ресурси: комплементарне використання елементів живлення та води культурами-компонентами обмежує ресурсну базу бур'янів.

Аналіз динаміки забур'яненості показав, що супресивний ефект бінарних посівів посилювався впродовж вегетації. У фазу молочної стиглості забур'яненість становила лише 1,8–2,5 шт./м<sup>2</sup>, що у 2,5 рази менше порівняно з початковим рівнем. На відміну від цього, в монокультурах кількість бур'янів зростала або залишалася стабільною. Суха маса бур'янів наприкінці вегетації (41,2–63,2 г/м<sup>2</sup>) була у 3,0–3,3 рази нижчою, ніж у монокультурі кукурудзи (136,5–175,6 г/м<sup>2</sup>), що свідчить не лише про зменшення чисельності бур'янів, а й про пригнічення росту окремих рослин.

Розрахунок потенційних втрат урожайності показав, що в монокультурі кукурудзи кожні 10 г/м<sup>2</sup> сухої маси бур'янів знижують урожайність на 0,08–0,11 т/га. За забур'яненості 136,5–175,6 г/м<sup>2</sup> потенційні втрати врожаю становили 1,09–1,93 т/га, або 15,0–18,5%.

Для сої коефіцієнт шкодочинності був вищим – 0,12–0,15 т/га на кожні 10 г/м<sup>2</sup> сухої маси бур'янів. За забур'яненості 85,5–128,0 г/м<sup>2</sup> втрати врожаю досягали 1,03–1,92 т/га, або 45,6–68,6% потенційної продуктивності, що зумовлено повільнішим початковим ростом культури.

У бінарних посівах за рівня забур'яненості 41,2–63,2 г/м<sup>2</sup> втрати врожайності не перевищували 0,33–0,57 т/га, що відповідало 3,3–3,9% сумарного врожаю. Це нижче економічного порога шкодочинності (5%), що створює передумови для відмови від застосування хімічних гербіцидів. Зниження рівня забур'яненості в бінарних посівах дає змогу зекономити витрати, еквівалентні одній-двом гербіцидним обробкам. Екологічний ефект від зменшення пестицидного навантаження оцінюється щонайменше у 500–700 грн/га завдяки збереженню корисної ентомофауни та ґрунтової мікробіоти.

Найкритичнішим для формування забур'яненості був період 20–50 діб після сівби, коли культурні рослини ще не сформували зімкнутий покрив. У монокультурах у цей час з'являлося 75–80% загальної кількості бур'янів, тоді як у бінарних посівах критичний період скорочувався до 20–35 діб завдяки швидшому змиканню рядків. Це створює можливості для оптимізації строків і кратності захисних заходів за потреби додаткового контролю.

Оптимізація густоти стояння культур (65–70 тис. рослин/га кукурудзи + 200–225 тис. рослин/га сої) забезпечувала максимальний супресивний ефект. Відхилення від цих параметрів на  $\pm 10\%$  знижувало ефективність контролю забур'яненості на 15–20%. Висока рівномірність розміщення рослин ( $CV < 15\%$ ) є критично важливою для формування суцільного фітоценотичного покриву.

Система удобрення має бути збалансованою, оскільки надлишок азоту стимулює ріст бур'янів сильніше, ніж культурних рослин. Оптимальне співвідношення N : P : K = 1 : 0,75 : 0,75 мінімізує конкурентну перевагу бур'янової рослинності та сприяє стабільності агроценозу.

## Висновки

Висока польова схожість насіння у всіх варіантах досліду (91,1–91,4% для кукурудзи та 87,8–88,2% для сої) свідчить про оптимальність застосованих агротехнічних заходів сівби та сприятливості ґрунтово-кліматичних умов регіону. Ефективність бінарних посівів підтверджується збереженням оптимальної густоти стояння обох компонентів (63,4–64,0 тис. рослин/га кукурудзи та 194,3–196,9 тис. рослин/га сої) за високої виживаності рослин (94,3–95,1 та 91,3–92,1% відповідно). Мінімальний вплив удобрення на формування густоти (коливання в межах 0,8–1,3%) указує на достатню забезпеченість ґрунту елементами живлення для початкового

росту культур і другорядну роль мінерального живлення на етапі формування густоти стояння.

Застосування  $N_{90}P_{60}K_{60}$  сприяло збільшенню висоти рослин у монокультурі: кукурудзи – на 9,1–15,5%, сої – на 4,2–5,3%, що пов'язано з активізацією меристематичної діяльності та подовженням міжвузлів. Водночас фінальна висота кукурудзи в бінарних посівах (241,0–265,0 см) не поступалася показникам монокультури або лише незначно їх перевищувала, що свідчить про відсутність негативного впливу міжвидової конкуренції.

Збільшення висоти рослин сої в бінарних посівах на 6,7–23,3% є адаптивною реакцією на часткове затінення та забезпечує ефективний доступ до світла в умовах сформованої ярусної структури агроценозу. Визначено, що співвідношення висот кукурудза : соя = 3,1–3,4 : 1 забезпечує мінімальне перекриття листових поверхонь і високий коефіцієнт використання світла – 0,82–0,85.

Доведено, що критичний період формування архітектури агроценозу припадає на 40–60-ту добу вегетації, коли різниця темпів росту культур є максимальною (3,5–4,0 см/добу для кукурудзи проти 1,2–1,5 см/добу для сої). Виявлено помірний позитивний кореляційний зв'язок між висотою рослин і продуктивністю:  $r = 0,58–0,63$  для кукурудзи та  $r = 0,51–0,56$  для сої в бінарних посівах, що підтверджує визначальну роль висоти у формуванні врожайності.

Зниження забур'яненості в бінарних посівах до 4,5–7,2 шт./ $m^2$  порівняно з 12,2–35,6 шт./ $m^2$  у монокультурах (у 2,7–4,9 раза) забезпечується комплексом фітоценотичних механізмів. Одночасно спостерігалася суттєва супресія сухої маси бур'янів: 30,0–63,2 г/ $m^2$  у бінарних посівах проти 78,3–175,6 г/ $m^2$  у монокультурі кукурудзи, що відповідало зниженню на 57,9–64,0% і мінімізувало конкуренцію за ресурси.

Інтенсивне удобрення ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) у монокультурах спричиняло різке зростання забур'яненості – на 46,7–180,3%, тоді як у бінарних посівах приріст був помірним і становив 33,3–60,0%. Нижчі значення коефіцієнта варіації забур'яненості в бінарних посівах (18,5–22,3%) порівняно з монокультурами (32,4–38,6%) свідчать про стабільність і надійність природного фітоценотичного контролю бур'янової рослинності.

## Список використаних джерел

- Đalović, I., Šeremešić, S., Chen, Y., Milošev, D., Biberdžić, M., & Crops, V. (2020). Yield and nutritional status of different maize genotypes in response to rates and splits of mineral fertilization. *International Journal of Agriculture and Biology*, 23(6), 1141–1148. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1396>
- Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & Garcia-Casal, M. N. (2014). Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1), 105–112. <https://doi.org/10.1111/nyas.12396>
- Kolibabchuk, T. V., Kuzmenko, O. V., Zarva, O. I., & Liubych, V. V. (2022). Yield and grain quality of soft winter wheat depending on the sowing rate. *Agrobiology*, 1, 168–178. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2022-171-1-168-178> [In Ukrainian]
- Xiao, G., Zhao, Z., Liang, L., Meng, F., Wu, W., & Guo, Y. (2019). Improving nitrogen and water use efficiency in a wheat–maize rotation system in the North China Plain using optimized farming practices. *Agricultural Water Management*, 212, 172–180. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.09.011>
- Tremblay, N., Bouroubi, Y., Bélec, C., Mullen, R., Kitchen, N., & Thomason, W. (2012). Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather. *Agronomy Journal*, 104(6), 1658–1671. <https://doi.org/10.2134/agronj2012.0184>
- Pasley, H. R., Cairns, J. E., Camberato, J. J., & Vyn, T. J. (2019). Nitrogen fertilizer rate increases plant uptake and soil availability of essential nutrients in continuous maize production in Kenya and Zimbabwe. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 115, 373–389. <https://doi.org/10.1007/s10705-019-10016-1>
- Djalovic, I., Riaz, M., Akhtar, K., Bekavac, G., Paunovic, A., Pejanovic, V., Zaheer, S., & Prasad, P. V. V. (2022). Yield and grain quality of divergent maize cultivars under inorganic N fertilizer regimes and Zn application depend on climatic conditions in calcareous soil. *Agronomy*, 12(11), Article 2705. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112705>
- Randall, G. W., Vetsch, J. A., & Huffman, J. R. (2003). Nitrate losses in subsurface drainage from a corn–soybean rotation as affected by time of nitrogen application and use of nitrapyrin. *Journal of Environmental Quality*, 32, 1764–1772. <https://doi.org/10.2134/jeq2003.1764>
- Barșon, G., Șoptorean, L., Suci, L. A., Crișan, I., & Duda, M. M. (2021). Evaluation of agronomic performance of maize (*Zea mays* L.) under a fertilization gradient in Transylvanian Plain. *Agriculture*, 11(9), Article 896. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090896>

10. Bertin, P., & Gallais, A. (2000). Physiological and genetic basis of nitrogen use efficiency in maize. I. Agrophysiological results. *Maydica*, 45, 53–66.
11. 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]
12. Ermantraut, E. R., Prysiazhniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic research data in the Statistica 6.0 package: guidelines*. Polihraf Konsaltnh. [In Ukrainian]

## Structure of monocrops and mixed crops of maize and soybean

V. A. Mokriienko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine

Corresponding author: Volodymyr Mokriienko, [mokriienko@ukr.net](mailto:mokriienko@ukr.net)

---

**Citation:** Mokriienko, V. A. (2025). Structure of monocrops and mixed crops of maize and soybean. *Bioenergy*, 2, 45–56. <https://doi.org/10.47414/be.2025.No2.pp45-56>

---

**Aim.** To establish the patterns of plant density, survival, and spatial structure of maize and soybean in monocrops and mixed crops under different levels of mineral nutrition in the Forest Steppe of Ukraine. **Methods.** The study was conducted in 2021–2025 in a stationary field experiment of the Department of Crop Production, Agronomic Research Station of NULES of Ukraine (Kyiv region). Monocrops and mixed sowings of maize ('RGT Zanetixx') and soybean ('Sirelia', 'RGT Sakuza') were compared under three fertilisation systems: without fertilisers, N<sub>60</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>, and N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. Laboratory and field germination, plant density at full emergence and harvest, survival coefficients, variability of plant distribution, and correlations with plant productivity were analysed. **Results.** Field germination of maize was 91.1–91.4%, and soybean 87.8–88.2%, indicating favourable conditions for the formation of mixed crops. In binary agroecosystems, optimal maize density at harvest was maintained at 63.4–64.0 thousand plants/ha with survival of 94.3–95.1%, while soybean density was 194.3–196.9 thousand plants/ha with survival of 91.3–92.1%. The minor effect of fertilisation on density (0.8–1.3%) indicates sufficient soil nutrient supply at early growth stages. Application of N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> increased plant height in monocrop (maize by 9.1–15.5%, soybean by 4.2–5.3%), whereas in mixed crops maize height (241.0–265.0 cm) did not decrease, indicating absence of negative interspecific competition. Soybean height in binary crops increased by 6.7–23.3% as an adaptation to partial shading. It was calculated that a maize-to-soybean height ratio of 3.1–3.4 to 1 ensures minimal overlap of leaf surfaces and efficient light use (coefficient 0.82–0.85). The critical period of agroecosystem architecture formation occurred on days 40–60 of vegetation, when maize growth rates (3.5–4.0 cm/day) significantly exceeded those of soybean (1.2–1.5 cm/day). A moderate positive correlation was established between plant height and productivity ( $r = 0.58–0.63$  in maize and  $r = 0.51–0.56$  in soybean). Mixed crops reduced weed infestation to 4.5–7.2 plants/m<sup>2</sup> compared with 12.2–35.6 plants/m<sup>2</sup> in mono crops (2.7–4.9 times) and weed dry mass by 57.9–64.0%. Under intensive fertilisation, weed infestation in mono crops increased significantly (by 46.7–180.3%), whereas in mixed crops the increase was moderate (33.3–60.0%). **Conclusions.** The results indicate that mixed crops ensure stable formation of optimal crop density and create a spatial structure of the agroecosystem that enhances adaptability and productive resilience of the system.

**Keywords:** maize; soybean; mixed crops; plant density; germination; plant survival; spatial distribution; productivity.

---

### ORCID

Володимир Мокрієнко / Volodymyr Mokriienko

<https://orcid.org/0000-0002-5604-442X>