

УДК 633.34:631.54

Морфологічні особливості рослин сої залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту

 В. Т. Саблук¹, М. П. Байда²¹Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Клінічна, 25, м. Київ, 03110, Україна²Верхняцька дослідно-селекційна станція Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН, вул. Шкільна, 1, смт Верхнячка, Христинівський р-н, Черкаська обл., 20022, Україна, e-mail: vdss2017@ukr.net

Мета. Визначити морфологічні особливості сортів сої 'Устя', 'Кордоба' та 'Естафета' залежно від впливу мікродобрив та регуляторів росту. **Методи.** Дослідження виконували впродовж 2020–2022 рр. в умовах Верхняцької дослідно-селекційної станції ІБКІЦБ НААН (зона нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України). Польовий дослід закладали за схемою: фактор А – сорти сої ('Аратта', 'Кордоба' та 'Феєрія'); фактор В – мікродобрива [без МД; Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га); Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)]; фактор С – регулятори росту (без РР; Біосил; Радостим). **Результати.** Найефективнішим щодо підвищення висоти рослин було застосування регуляторів росту Біосил і Радостим, особливо у поєднанні з мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації. Зокрема, у сорту 'Аратта' цей показник перевищував контроль на 11,7 см (у разі застосування Біосилу), у 'Кордоба' – на 10,4 см (Радостим), а у сорту 'Феєрія' – на 9,5 см (Біосил). Максимальні прирости зафіксовано за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазах бутонізації та цвітіння з Радостимом – 17,7; 11,5 і 12,9 см відповідно. Комплексне застосування мікродобрив з регуляторами росту сприяло також значному збільшенню кількості суцвіть на рослині. Зокрема, у сорту 'Аратта' за одно- чи дворазового внесення Yara Vita Моно Молітрак у поєднанні з Радостимом кількість суцвіть зросла відповідно на 3,1 та 3,0 шт. порівняно з контролем. Застосування Радостиму було ефективним і для інших сортів сої. **Висновки.** Оброблення рослин сої мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації, а також його дворазове внесення (у фазах бутонізації та цвітіння) з регулятором росту Радостим, сприяло зростанню кількості бобів у сорту 'Аратта' на 2,8 та 3,0 шт. відповідно. Подібну ефективність Радостиму виявлено й у інших сортів. У сорту 'Аратта' застосування лише мікродобрива Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації сприяло приросту кількості насінин на 1,6 шт., а за поєднання з Радостимом – на 1,5 шт. /рослину. У сорту 'Кордоба' дворазове внесення мікродобрива у поєднанні з Радостимом дало приріст 0,8 шт./рослину. У сорту 'Феєрія' найкращий результат – 1,2 шт./рослину – отримано за поєднання мікродобрива з Біосилом. Застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації разом із регулятором росту Радостим або у дві фази (бутонізація і цвітіння) з Біосилом сприяло зростанню індивідуальної продуктивності рослин. Зокрема, у сорту 'Аратта' цей приріст порівняно з контролем становив 0,34 та 0,20 г відповідно.

Ключові слова: висота рослин; кількість суцвіть; кількість бобів; індивідуальна продуктивність; мікродобриво; регулятор росту.

Вступ

Формування високопродуктивних посівів сої – одне з головних завдань агрономічної науки, адже саме наближення масової продуктивності рослин до оптимальних параметрів визначає ефективність агрозаходів, а не індивідуальні рекорди, зумовлені створенням нерівномірних умов для росту й розвитку окремих рослин [1, 2].

Для сої, як і для більшості бобових культур, характерна висока пластичність ознак, які в підсумку формують рівень продуктивності: кількість гілок, висота рослин, кількість вузлів, бобів, насінин та варіювання їхньої маси. Правильний добір елементів агротехніки сприяє формуванню високого врожаю та реалізації біологічного потенціалу різних сортів сої [3–5].

Ріст і розвиток рослин сої тісно пов'язані з проявом їх вегетативних (висота рослин, висота прикріплення нижнього бобу) та генеративних ознак (кількість суцвіть, бобів, насінин у бобі, маса 1000 насінин) [6, 7].

Бобові рослини надзвичайно пластичні у формуванні структури врожаю, тому високий рівень продуктивності може бути досягнутий різними шляхами. Зокрема, за рахунок збільшення кількості бобів, кількості насінин у бобі або маси 1000 насінин. Ці ознаки як можуть проявлятися як окремо, так і в різних поєднаннях двох показників, за мінімуму третього [8–10].

Отже, вивчення структури врожаю сої є важливим для з'ясування взаємозв'язків між біометричними показниками. Розуміння стратегії формування тим чи іншим сортом дає змогу розробити способи стимулювання розвитку окремих ознак або їх поєднання [11–13].

Мета досліджень – визначити морфологічні особливості сортів сої 'Устя', 'Кордоба', 'Естафета' залежно від впливу мікродобрив та регуляторів росту.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували впродовж 2020–2022 рр. на Верхняцькій дослідно-селекційній станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (Христинівський р-н, Черкаська обл.).

Ґрунт дослідних ділянок – чорнозем опідзолений важкого механічного складу, що характеризується такими агрохімічними показниками: вміст гумусу (за методом Тюріна) – 3,36–4,89 %, гідролітична кислотність (за Каппеном) – 2,2–3,8 ммоль на 100 г ґрунту, вміст рухомих форм фосфору і калію (за Чириковим) – 90–140 і 70–100 мг/кг ґрунту відповідно, легкогідролізованого азоту (за Тюріним – Коновою) – 100–120 мг/кг ґрунту, сума увібраних основ (за Каппеном – Гільковцем) в орному шарі – 28–30 ммоль на 100 г ґрунту. За градацією такий ґрунт має середню забезпеченість рослин азотом.

За характером випадання опадів та їхньою кількістю територія станції належить до зони нестійкого зволоження Правобережного Лісостепу України. Незважаючи на те, що погодні умови в роки досліджень відрізнялись від середньобагаторічних значень, загалом вони були сприятливими для росту й розвитку рослин сої.

Дослідження проводили за схемою трифакторного польового дослід: фактор А – сорти сої: 'Аратта', 'Кордоба' та 'Феєрія'; фактор В – мікродобрива: без МД; Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га); Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га); фактор С – регулятори росту: без РР; Біосил; Радостим.

Облікова площа ділянки становила 35 м², повторність – чотириразова, розміщення ділянок – рендомізоване, спосіб сівби – широкорядний (45 см).

Ділянки досліді закладали в такій послідовності: спочатку висівали сорти сої, потім у межах кожного сорту створювали варіанти із застосуванням мікродобрив та регуляторів росту.

Експериментальні дослідження проводили згідно з методиками польового досліді та спеціальних методик [14, 15].

Результати досліджень

Результати визначення висоти рослин засвідчили, що за комплексного застосування досліджуваних факторів упродовж усіх років експерименту формувалися вищі рослини сої (табл. 1).

Аналіз формування висоти рослин сої за роками досліджень показав, що в середньому по досліді найвищі рослини були у 2021 році – 93,1 см, а найнижчі – у 2020-му (83,4 см). Серед досліджуваних сортів найбільшу середню висоту сформував сорт 'Аратта' – 99,9 см; у сорту 'Феєрія' вона становила 79,3 см, а в 'Кордоба' – 87,2 см.

Позакореневе застосування лише регуляторів росту у фазі бутонізації рослин сої сприяло збільшенню їхньої висоти. Зокрема, порівняно з контрольними варіантами, в сорту 'Аратта' різниця становила 2,3 та 2,4 см відповідно за внесення Біосил та Радостим, у сорту 'Кордоба' – 1,8 та 2,2 см, а у 'Феєрія' – 2,0 та 1,1 см. Це узгоджується з результатами інших науковців, які стверджують, що регулятори росту здатні стимулювати подовження стебел сої.

Застосування лише мікродобрив також позитивно вплинуло на висоту рослин. У сорту 'Аратта' вона перевищила контрольні значення (91,5 см) на 8,8 та 7,4 см, у сорту 'Кордоба' – на 5,9 і 5,7 см (контроль – 81,1 см), а у 'Феєрія' – на 5,9 та 5,6 см відповідно (81,1 см).

Таблиця 1

Вплив мікродобрив та регуляторів росту на висоту рослин сої (2020–2022 рр.)

Сорт	Мікродобриво	Регулятор росту	Висота рослин, см				
			2020	2021	2022	середнє	
‘Аратта’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	86,8	95,2	92,5	91,5	
		Біосил	88,2	98,1	95,1	93,8	
		Радостим	88,5	97,1	102,0	95,9	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	93,5	102,6	104,8	100,3	
		Біосил	97,3	106,7	105,5	103,2	
		Радостим	94,8	104,0	105,0	101,3	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	92,0	102,3	102,3	98,9	
		Біосил	98,9	114,5	101,1	104,8	
		Радостим	100,5	116,1	111,0	109,2	
	‘Кордоба’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	77,0	84,5	81,9	81,1
			Біосил	77,5	86,9	84,5	83,0
			Радостим	78,7	87,4	83,9	83,3
Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)		Без регуляторів росту	82,5	90,5	88,0	87,0	
		Біосил	84,7	93,0	89,3	89,0	
		Радостим	84,8	93,2	96,7	91,6	
Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)		Без регуляторів росту	80,9	91,0	88,3	86,8	
		Біосил	84,6	96,8	89,4	90,3	
		Радостим	87,4	101,1	89,3	92,6	
‘Феєрія’		Без мікродобрив	Без регуляторів росту	69,4	76,3	74,0	73,2
			Біосил	70,2	78,9	76,5	75,2
			Радостим	70,4	77,4	75,1	74,3
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	74,6	81,9	79,3	78,6	
		Біосил	78,2	86,7	83,3	82,7	
		Радостим	77,5	85,8	81,7	81,7	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	74,3	82,8	80,2	79,1	
		Біосил	78,4	89,1	80,0	82,5	
		Радостим	80,4	93,2	84,6	86,1	
	H _{IP} 0,05			3,2	3,4	3,5	3,2

Найефективнішим виявилось комплексне застосування мікродобрив у поєднанні з регуляторами росту. Наприклад, у варіанті з внесенням Yara Vita Моно Молітрак у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) разом із Радостимом висота рослин сорту 'Аратта' перевищувала контрольний показник на 17,7 см.

Високу ефективність застосування Радостиму зафіксовано також і в інших сортів. Зокрема, у разі поєднання Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) з обома регуляторами росту висота рослин сорту 'Аратта' зростає на 9,8–11,7 см, 'Кордоба' – на 7,9–10,4 см, а сорту 'Феєрія' – на 8,4–9,5 см порівняно з контролем. Максимальні прирости висоти зафіксовано у варіанті застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) разом із Радостимом – 17,7 см ('Аратта'), 11,5 см ('Кордоба') та 12,9 см ('Феєрія').

Водночас багато дослідників застерігають, що надмірне подовження стебел може знижувати стійкість рослин до вилягання та подовжувати вегетаційний період. Однак інші науковці наголошують, що помірне збільшення висоти сприяє формуванню більшої кількості міжвузлів, листків і суцвіть. Поліпшена ярусність рослин, своєю чергою, забезпечує кращу інсоляцію нижніх ярусів і стимулює утворення більшої кількості бобів.

На основі результатів дисперсійного аналізу визначено частки впливу окремих факторів на висоту рослин сої (рис. 1).

Отже, визначальну роль у зміні цієї ознаки відіграє мікродобриво (39 %) та регулятори росту (22 %), тоді як на частку погодних умов й сортових особливостей припадало 17 і 13 % відповідно.

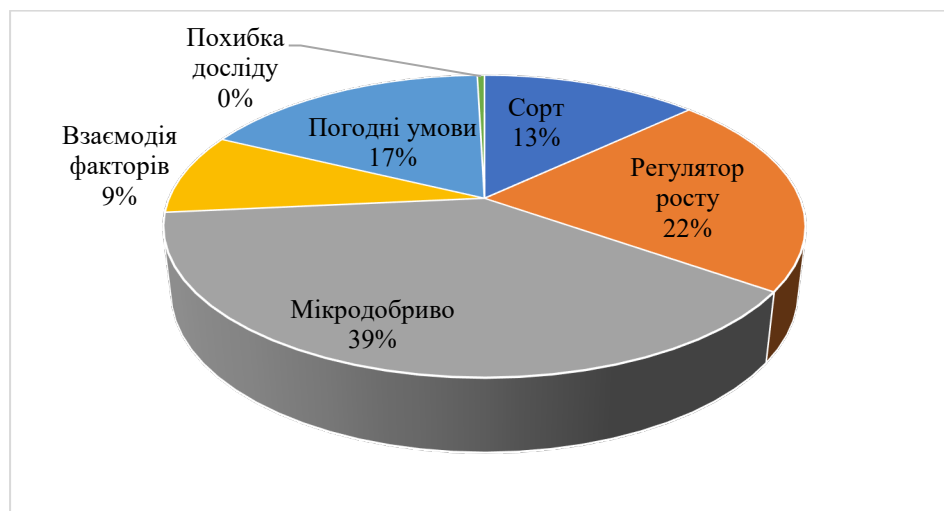


Рис. 1. Частки впливу факторів на висоту рослин сої

Важливим є також питання визначення кількості суцвіть, оскільки ця ознака може істотно варіювати залежно від умов вирощування (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив мікродобрив та регуляторів росту на кількість суцвіть сої (2020–2022 рр.)

Сорт	Мікродобриво	Регулятор росту	Загальна кількість суцвіть, шт.				
			2020	2021	2022	середнє	
‘Аратта’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	14,8	17,2	17,8	16,6	
		Біосил	15,7	17,7	18,9	17,4	
		Радостим	15,8	18,0	20,1	18,0	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	16,5	18,6	20,1	18,4	
		Біосил	17,1	19,3	20,4	18,9	
		Радостим	17,9	19,8	21,5	19,7	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	15,2	17,2	18,7	17,0	
		Біосил	16,5	20,4	17,4	18,1	
		Радостим	17,3	22,0	19,6	19,6	
	‘Кордоба’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	16,6	18,8	19,2	18,2
			Біосил	16,9	18,7	19,9	18,5
			Радостим	16,8	18,5	19,4	18,2
Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)		Без регуляторів росту	18,1	20,4	21,0	19,8	
		Біосил	19,1	20,9	21,8	20,6	
		Радостим	18,8	22,0	23,4	21,4	
Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)		Без регуляторів росту	17,0	18,6	19,8	18,5	
		Біосил	17,4	18,6	19,1	18,4	
		Радостим	19,1	23,0	19,9	20,6	
‘Феєрія’		Без мікродобрив	Без регуляторів росту	14,2	16,7	17,1	16,0
			Біосил	13,8	16,1	16,9	15,6
			Радостим	14,4	16,8	17,5	16,2
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	15,8	18,1	18,7	17,5	
		Біосил	16,6	18,7	19,4	18,2	
		Радостим	16,8	18,7	19,4	18,3	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	15,2	17,4	18,1	16,9	
		Біосил	15,9	17,7	17,6	17,1	
		Радостим	16,5	21,2	18,1	18,6	
	H _{IP} 0.05			0,2	0,1	0,2	0,1

Аналіз особливостей формування кількості суцвіть на рослинах сої за роками досліджень показав, що в середньому по досліді найбільша кількість суцвіть була у 2022 році – 19,3 шт., а найменша – у 2020-му – 16,5 шт. Серед досліджуваних сортів в 'Аратта' середня кількість суцвіть на рослину становила 18,2 шт., 'Феєрія' – 17,2, а в сорту 'Кордоба' – 19,4 шт.

Результати досліджень засвідчили, що позакореневе застосування лише регуляторів росту впливало на формування кількості суцвіть у рослин сої. Зокрема, порівняно з контрольними

варіантами, у сорту 'Аратта' різниця становила 0,83 та 1,36 шт. відповідно за внесення Біосил та Радостим, у 'Кордоба' – 0,27 та 0,03 шт., а у 'Феєрія' – менше на 0,42 та більше на 0,22 шт. відповідно. Це додатково підтверджує, що застосування біогенних елементів впливає на генеративні ознаки рослин сої.

Також було встановлено, що у варіантах з позакореневим підживленням рослин сої лише мікродобривами отримано кількість суцвіть на рослину в сорту 'Аратта' зростала на 1,82 та 0,45 шт. порівняно з контролем (16,6 шт.), у 'Кордоба' – на 1,62 та 0,27 шт. (контроль – 18,2 шт.), а в сорту 'Феєрія' – на 1,53 та 0,89 шт. (контроль – 16,0 шт.).

Водночас можна стверджувати про те, що саме комплексне застосування мікродобрив у поєднанні з регуляторами росту є найефективнішим заходом для збільшення кількості суцвіть. Наприклад, за використання Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) або двічі – у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) з Радостимом у сорту 'Аратта' кількість суцвіть зростала на 3,1 та 3,0 шт. відповідно порівняно з контролем.

Найбільш виражений ефект від застосування Радостиму також відмічено й на інших сортах. Зокрема, за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) у поєднанні з Радостимом, у сорту 'Кордоба' кількість суцвіть збільшувалася на 3,21 шт., а у 'Феєрія' – на 2,31 шт. Після внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) разом із Радостимом прибавка становила відповідно 2,42 та 2,58 шт.

Аналогічно результатам, отриманими іншими дослідниками, результати дисперсійного аналізу підтвердили, що визначальний вплив на кількість суцвіть на рослині мають погодні умови вегетаційного періоду (рис. 2).

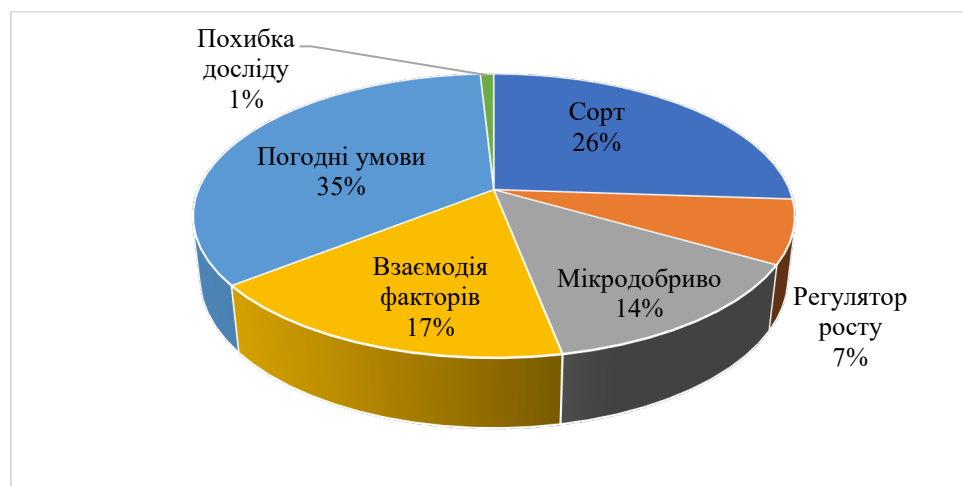


Рис. 2. Частки впливу факторів на кількість суцвіть на рослинах сої

Водночас частка впливу сортових особливостей становить 26 %, мікродобрив – 14 %, а взаємодія факторів (регулятори росту + мікродобрива) – 17 %.

Індивідуальна продуктивність рослин формується як похідна від таких ознак сої, як кількість бобів на рослині, кількість насінин на одній рослині та індивідуальна продуктивність рослини (маса насінин з однієї рослини).

Отже, усі елементи індивідуальної продуктивності рослин є взаємопов'язаними та істотно впливають на особливості формування рівня врожайності.

Установлено, що застосування регуляторів росту та мікродобрива під час вирощування сої достовірно впливає на кількість бобів на рослині (табл. 3).

У результаті дослідження особливостей формування кількості бобів на рослинах сої в розрізі років встановлено, що в середньому по досліді найвищі показники були у 2022 році – 12,3 шт., а найнижчі – у 2020-му – 10,5 шт. Серед досліджуваних сортів найбільше бобів утворювалося в 'Кордоба' – 12,3 шт., в 'Аратта' – 11,6, а у 'Феєрія' – 10,9 шт.

Позакореневе застосування лише регуляторів росту також впливало на формування кількості бобів. Зокрема, в сорту 'Аратта' приріст становив 0,7 та 1,2 шт. відповідно за внесення регуляторів росту Біосил та Радостим, у 'Кордоба' – 0,3 та 0,4 шт., а в сорту 'Феєрія' – менше на 0,1 шт. та більше на 0,5 шт. відповідно.

Вплив мікродобрих та регуляторів росту на кількість бобів на рослинах сої (2020–2022 рр.)

Сорт	Мікродобриво	Регулятор росту	Кількість бобів, шт.			
			2020	2021	2022	середнє
‘Аратта’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	8,9	10,3	10,7	10,0
		Біосил	9,6	10,8	11,5	10,6
		Радостим	9,8	11,1	12,5	11,1
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	10,4	11,7	12,7	11,6
		Біосил	10,9	12,3	13,1	12,1
		Радостим	11,6	12,9	14,0	12,8
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	9,9	11,2	12,2	11,1
		Біосил	10,9	13,5	11,5	12,0
		Радостим	11,4	14,5	12,9	12,9
‘Кордоба’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	9,9	11,3	11,5	10,9
		Біосил	10,3	11,4	12,1	11,3
		Радостим	10,4	11,5	12,0	11,3
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	11,4	12,8	13,2	12,5
		Біосил	12,2	13,4	14,0	13,2
		Радостим	12,2	14,3	15,2	13,9
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	11,0	12,1	12,9	12,0
		Біосил	11,5	12,3	12,6	12,1
		Радостим	12,6	15,2	13,1	13,6
‘Феєрія’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	8,5	10,0	10,3	9,6
		Біосил	8,4	9,8	10,3	9,5
		Радостим	8,9	10,4	10,8	10,1
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	10,0	11,4	11,8	11,0
		Біосил	10,6	12,0	12,4	11,7
		Радостим	10,9	12,2	12,6	11,9
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	9,9	11,3	11,8	11,0
		Біосил	10,5	11,7	11,6	11,3
		Радостим	10,9	14,0	11,9	12,3
H _{IP} 0,05			0,1	0,1	0,2	0,2

За варіантів з позакореневим внесенням лише мікродобрих отримано такі результати: у сорту 'Аратта' кількість бобів була на 1,6 та 1,1 шт. більшою щодо контролю (10,0 шт.); у 'Кордоба' – на 1,6 та 1,1 шт. (контроль – 10,9 шт.); у 'Феєрія' – на 1,4 та 1,4 шт. (контроль – 9,6 шт.).

Комплексне застосування мікродобрих з регуляторами росту підтвердило свою ефективність у підвищенні кількості бобів на рослині. Зокрема, за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) або дворазово у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) у поєднанні з Радостимом, у сорту 'Аратта' кількість бобів була на 2,8 та 3,0 шт. вищою за контроль.

Подібна тенденція спостерігалась і в інших сортів. У 'Кордоба' за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) з Радостимом приріст становив 3,0 шт., а у 'Феєрія' – 2,3 шт. За внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) з Радостимом отримано приріст кількості бобів на рівні 2,7 шт. як у сорту 'Кордоба', так і у 'Феєрія'.

Ознака загальної кількості зерен на рослині є не менш важливою з позиції формування індивідуальної продуктивності сої (табл. 4).

У середньому по досліді найбільша кількість насінин на рослинах сої була у 2022 році – 36,7 шт., найменша – у 2020-му – 30,2 шт. Серед сортів, що вирощували в досліді, 'Феєрія' відзначався найвищим показником – 37,4 шт. на рослину. У сорту 'Кордоба' цей показник становив 33,3 шт., а в 'Аратта' – 32,5 шт.

Установлено, що застосування регуляторів росту Біосил і Радостим призводить до незначного зменшення загальної кількості насінин. Зокрема, у сорту 'Аратта' зменшення становило 0,3 і 0,5 шт. відповідно, у 'Кордоба' – 0,8 і 0,8 шт., а у 'Феєрія' – 1,8 і 2,1 шт. Це, ймовірно, зумовлено активізацією розвитку інших елементів структури врожаю, що підтверджує взаємозалежність компонентів індивідуальної продуктивності.

Застосування мікродобрива Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) та у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) сприяло незначному збільшенню кількості насінин: у сорту

‘Аратта’ – на 1,6 та 0,8 шт., у ‘Кордоба’ – на 0,5 та 1,0 шт., у ‘Феєрія’ – на 1,2 та 1,0 шт./рослину відповідно.

Таблиця 4

Вплив мікродобрив та регуляторів росту на загальну кількість насінин (2020–2022 рр.)

Сорт	Мікродобриво	Регулятор росту	Загальна кількість насінин, шт.			
			2020	2021	2022	середнє
‘Аратта’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	28,6	32,8	34,0	31,8
		Біосил	28,8	32,6	33,1	31,5
		Радостим	28,1	32,7	33,2	31,3
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	30,4	35,2	34,6	33,4
		Біосил	29,9	34,3	35,0	33,1
		Радостим	30,3	34,6	35,2	33,4
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	29,4	33,5	34,9	32,6
		Біосил	29,7	34,1	34,2	32,7
		Радостим	29,1	33,5	34,7	32,4
	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	26,6	35,9	36,6	33,0
		Біосил	26,4	35,1	35,3	32,3
		Радостим	26,3	34,9	35,5	32,2
‘Кордоба’	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,2	36,6	36,9	33,6
		Біосил	27,9	35,3	35,7	33,0
		Радостим	27,2	36,9	36,9	33,7
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	27,4	37,0	37,5	34,0
		Біосил	27,7	36,2	37,4	33,8
		Радостим	28,1	36,3	37,0	33,8
	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	33,9	38,6	39,0	37,2
		Біосил	32,3	36,9	36,7	35,3
		Радостим	32,8	35,9	36,5	35,1
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	35,1	39,9	40,0	38,3
		Біосил	35,0	39,6	40,4	38,4
		Радостим	33,5	40,0	40,3	38,0
‘Феєрія’	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	34,2	40,0	40,2	38,1
		Біосил	35,1	39,9	40,2	38,4
		Радостим	34,6	39,1	40,0	37,9
	H _{IP} 0,05		2,7	3,2	3,1	3,3

Порівнюючи ефективність застосування мікродобрив і їх поєднання з регуляторами росту, можна зробити висновок, що перші, зазвичай, сприяли збільшенню кількості насінин, а поєднання з регуляторами росту – лише незначно впливало, часто з тенденцією до зменшення.

Зокрема, у сорту ‘Аратта’ внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) без регулятора росту забезпечило приріст 1,6 шт. насінин, а з Радостимом – 1,5 шт.; у сорту ‘Кордоба’ в разі застосування мікродобрива у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) з Радостимом приріст становив 0,8 шт./рослину; у сорту ‘Феєрія’ мікродобриво без регулятора дало приріст 1,2 шт., а у поєднанні з регуляторами – 1,2 та 0,8 шт./рослину відповідно. Найбільший приріст за поєднання дворазового внесення мікродобрива у фазах бутонізації та цвітіння було зафіксовано за використання Біосилу – 1,2 шт./рослину.

За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що на формування кількості насінин на рослині найбільший вплив мали умови вегетаційного періоду (38 %). На частку сортових особливостей припадало 22 %, регуляторів росту – 19 %, взаємодію факторів досліду – 17 % (рис. 3).

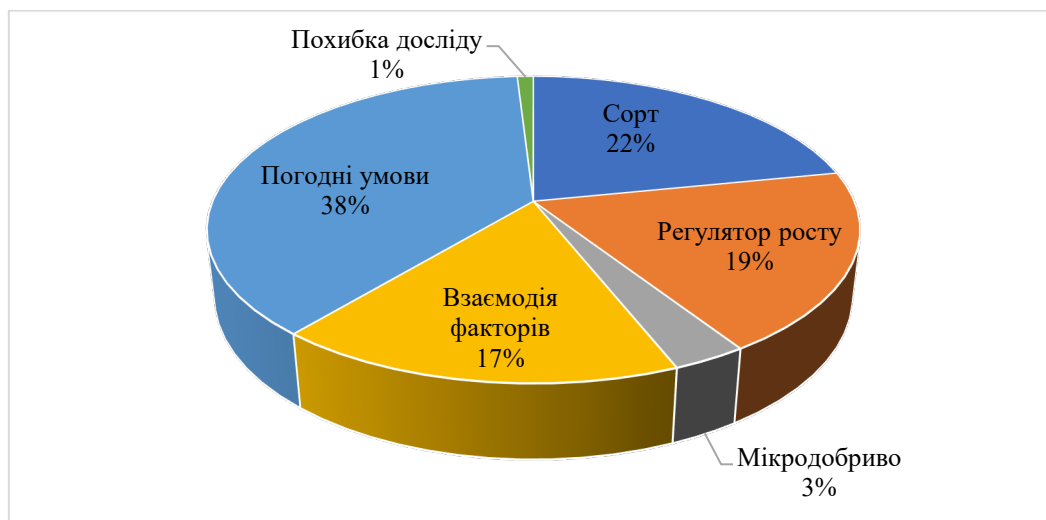


Рис. 3. Частки впливу факторів на загальну кількість насінин

Індивідуальна насіннева продуктивність сої залежить не лише від стану рослини, а й визначає загальний рівень продуктивності культури.

Аналіз результатів досліджень засвідчує, що комплексне позакореневе застосування мікродобрив та регуляторів росту забезпечує найвищу індивідуальну продуктивність рослин (табл. 5).

Таблиця 5

Індивідуальна продуктивність рослин сої залежно від застосування мікродобрив та регуляторів росту (2020–2022 рр.)

Сорт	Мікродобриво	Регулятор росту	Інд-на продуктивність рослин, г				
			2020	2021	2022	середнє	
‘Аратта’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	3,61	4,94	4,91	4,48	
		Біосил	3,61	4,93	4,82	4,45	
		Радостим	3,58	5,01	4,82	4,47	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	3,89	5,40	5,08	4,79	
		Біосил	3,84	5,27	5,13	4,75	
		Радостим	3,92	5,36	5,20	4,82	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	3,78	5,17	5,09	4,68	
		Біосил	3,80	5,28	5,07	4,71	
		Радостим	3,75	5,18	5,12	4,68	
	‘Кордоба’	Без мікродобрив	Без регуляторів росту	3,41	5,56	5,40	4,79
			Біосил	3,38	5,44	5,23	4,69
			Радостим	3,42	5,45	5,31	4,73
Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)		Без регуляторів росту	3,54	5,73	5,55	4,94	
		Біосил	3,63	5,55	5,39	4,86	
		Радостим	3,55	5,81	5,57	4,98	
Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)		Без регуляторів росту	3,62	5,83	5,66	5,04	
		Біосил	3,62	5,67	5,62	4,97	
		Радостим	3,67	5,72	5,58	4,99	
‘Феєрія’		Без мікродобрив	Без регуляторів росту	4,03	5,50	5,33	4,95
			Біосил	3,85	5,29	5,08	4,74
			Радостим	3,93	5,20	5,08	4,73
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	4,24	5,80	5,59	5,21	
		Біосил	4,23	5,75	5,63	5,20	
		Радостим	4,09	5,81	5,59	5,16	
	Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) + у фазі цвітіння (0,25 л/га)	Без регуляторів росту	4,14	5,83	5,62	5,20	
		Біосил	4,25	5,78	5,60	5,21	
		Радостим	4,17	5,71	5,58	5,15	
	H _{IP0,05}		0,09	0,10	0,11	0,11	

На підставі вивчення особливостей формування індивідуальної продуктивності рослин сої впродовж років досліджень установлено, що в середньому по досліді найвищий показник зафіксовано у 2021 році – 5,48 г, найменший – у 2020-му – 3,80 г. Серед сортів, що вивчали, в 'Аратта' середня індивідуальна продуктивність становила 4,65 г, у 'Кордоба' – 4,89, а у 'Феєрія' – 5,06 г.

За умови окремого застосування регуляторів росту їхній вплив на формування індивідуальної продуктивності рослин був незначним. Зокрема, порівняно з контрольними варіантами, в сорту 'Аратта' зниження становило 0,03 та 0,01 г відповідно за внесення Біосил та Радостим; у 'Кордоба' – 0,10 та 0,06 г, а у 'Феєрія' – 0,21 та 0,22 г.

З'ясовано, що у варіантах із позакореневим підживленням лише мікродобривами індивідуальна продуктивність рослин підвищувалася. Зокрема, у сорту 'Аратта' вона зросла на 0,30 та 0,19 г порівняно з контролем (4,48 г), у 'Кордоба' – на 0,15 та 0,24 г (контроль – 4,79 г), у 'Феєрія' – на 0,26 та 0,25 г (контроль – 4,95 г).

Ефективним засобом підвищення індивідуальної продуктивності було комплексне застосування мікродобрив із регуляторами росту. Зокрема, у разі внесення мікродобрива Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) та регулятора росту Радостим або дворазового внесення Yara Vita Моно Молітрак у поєднанні з Біосилом, у сорту 'Аратта' приріст індивідуальної продуктивності становив відповідно 0,34 та 0,23 г порівняно з контролем.

Подібна тенденція простежується і в інших сортів. Зокрема, застосування Радостиму в поєднанні з Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) сприяло зростанню продуктивності сорту 'Кордоба' на 0,19 г. У сорту 'Феєрія' за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) та у фазі цвітіння (0,25 л/га) разом із Біосилом отримано на 0,26 г.

Висновки

Найефективнішим щодо підвищення висоти рослин було застосування регуляторів росту Біосил і Радостим, особливо у поєднанні з мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га). Зокрема, у сорту 'Аратта' цей показник перевищував контроль на 11,7 см (у разі застосування Біосилу), у 'Кордоба' – на 10,4 см (Радостим), а у сорту 'Феєрія' – на 9,5 см (Біосил). Максимальні прирости зафіксовано за внесення Yara Vita Моно Молітрак у фазах бутонізації та цвітіння (по 0,25 л/га) у поєднанні з Радостимом – 17,7; 11,5 і 12,9 см відповідно.

Комплексне застосування мікродобрив з регуляторами росту сприяло також значному збільшенню кількості суцвіть на рослині. Зокрема, у сорту 'Аратта' за одно- чи дворазового внесення Yara Vita Моно Молітрак у поєднанні з Радостимом кількість суцвіть зросла відповідно на 3,1 та 3,0 шт. порівняно з контролем. Застосування Радостиму було ефективним і для інших сортів сої.

Оброблення рослин сої мікродобривом Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га), а також його дворазове внесення (у фазах бутонізації та цвітіння) з регулятором росту Радостим, сприяло зростанню кількості бобів у сорту 'Аратта' на 2,8 та 3,0 шт. відповідно. Подібну ефективність Радостиму виявлено й у інших сортів.

У сорту 'Аратта' застосування лише мікродобрива Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації сприяло приросту кількості насінин на 1,6 шт./рослину, а за поєднання з Радостимом – на 1,5 шт. У сорту 'Кордоба' дворазове використання мікродобрива у поєднанні з Радостимом дало приріст 0,8 шт./рослину. У сорту 'Феєрія' найкращий результат – 1,2 шт./рослину – отримано за поєднання мікродобрива з Біосилом.

Застосування Yara Vita Моно Молітрак у фазі бутонізації (0,25 л/га) разом із регулятором росту Радостим або у дві фази (бутонізація і цвітіння) з Біосилом сприяє зростанню індивідуальної продуктивності рослин. Зокрема, у сорту 'Аратта' цей приріст порівняно з контролем становив 0,34 та 0,20 г відповідно.

Використана література

1. Ali E., Awade N. E. Credit constraints and soybean farmers' welfare in subsistence agriculture in Togo. *Heliyon*. 2019. Vol. 5, Iss. 4. Article e01550. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01550>
2. Board J. E, Kahlon C. S. Soybean yield formation: what controls it and how it can be improved. *Soybean physiology and biochemistry* / H. A. El-Shemy (Ed.). InTech, 2011. P. 1–36. <http://dx.doi.org/10.5772/17596>
3. Chang W.-S., Lee H.-I., Hungria M. Soybean Production in the Americas. *Principles of Plant-Microbe Interactions* / B. Lugtenberg (Ed.). Springer, 2015. P. 393–400. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3_41
4. Fagodiya R., Trivedi A., Fagodia B. Impact of weather parameters on Alternaria leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports*. 2022. Vol. 12, Iss. 1. Article 6131. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10108-z>
5. The soybean: botany, production and uses / G. S. Guriqbal Singh (Ed.). CABI, 2010. 507 p.
6. Hartman G. L., West E. D., Herman T. K. Crops that feed the World 2. Soybean – worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*. 2011. Vol. 3. P. 5–17. <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x>

7. Igiehon N. O., Babalola O. O. Below-ground-above-ground plant-microbial interactions: focusing on soybean, rhizobacteria and mycorrhizal fungi. *The Open Microbiology Journal*. 2018. Vol. 12. P. 261–279. <https://doi.org/10.2174/1874285801812010261>
8. Abiotic and biotic stresses in soybean production / M. Miransari (Ed.). Academic Press, 2015. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00087-1>
9. Pagano M. C., Miransari M. The importance of soybean production worldwide. *Abiotic and biotic stresses in soybean production* / M. Miransari (Ed.). Academic Press, 2015. P. 1–26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801536-0.00001-3>
10. Siamabele B. The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. *Cogent Food & Agriculture*. 2021. Vol. 7, Iss. 1. Article 1933745. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1933745>
11. Singh G., Shivakumar B. The role of soybean in agriculture. *The soybean: Botany, production and uses* / B. Singh (Ed.). Oxfordshire, UK : CAB International, 2010. P. 24–47.
12. Sugiyama A. The soybean rhizosphere: Metabolites, microbes, and beyond – A review. *Journal of Advanced Research*. 2019. Vol. 19. P. 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.03.005>
13. Widyasari K., Alazem M., Kim K.-H. Soybean resistance to soybean mosaic virus. *Plants*. 2020. Vol. 9, Iss. 2. Article 219. <https://doi.org/10.3390/plants9020219>
14. 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>
15. Ермантраут Е. Р., Присяжнюк О. І., Шевченко І. Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних в пакеті Statistica 6.0. Київ : ПоліграфКонсалтинг, 2007. 56 с.

References

1. Ali, E., & Awade, N. E. (2019). Credit constraints and soybean farmers' welfare in subsistence agriculture in Togo. *Heliyon*, 5(4), Article e01550. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01550>
2. Board, J. E., & Kahlon, C. S. (2011). Soybean yield formation: What controls it and how it can be improved. In H. A. El-Shemy (Ed.), *Soybean physiology and biochemistry* (pp. 1–36). InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/17596>
3. Chang, W.-S., Lee, H.-I., & Hungria, M. (2015). Soybean production in the Americas. In B. Lugtenberg (Ed.), *Principles of plant-microbe interactions* (pp. 393–400). Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3_41
4. Fagodiya, R., Trivedi, A., & Fagodia, B. (2022). Impact of weather parameters on Alternaria leaf spot of soybean incited by *Alternaria alternata*. *Scientific Reports*, 12(1), Article 6131. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10108-z>
5. Guriqbal Singh, G. S. (Ed.). (2010). *The soybean: Botany, production and uses*. CABI.
6. Hartman, G. L., West, E. D., & Herman, T. K. (2011). Crops that feed the world 2. Soybean – Worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3, 5–17. <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x>
7. Igiehon, N. O., & Babalola, O. O. (2018). Below-ground-above-ground plant-microbial interactions: Focusing on soybean, rhizobacteria and mycorrhizal fungi. *The Open Microbiology Journal*, 12, 261–279. <https://doi.org/10.2174/1874285801812010261>
8. Miransari, M. (Ed.). (2015). *Abiotic and biotic stresses in soybean production*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00087-1>
9. Pagano, M. C., & Miransari, M. (2016). The importance of soybean production worldwide. In M. Miransari (Ed.), *Abiotic and biotic stresses in soybean production* (pp. 1–26). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801536-0.00001-3>
10. Siamabele, B. (2021). The significance of soybean production in the face of changing climates in Africa. *Cogent Food & Agriculture*, 7(1), Article 1933745. <https://doi.org/10.1080/23311932.2021.1933745>
11. Singh, G., & Shivakumar, B. (2010). The role of soybean in agriculture. In B. Singh (Ed.), *The soybean: Botany, production and uses* (pp. 24–47). CAB International.
12. Sugiyama, A. (2019). The soybean rhizosphere: Metabolites, microbes, and beyond – A review. *Journal of Advanced Research*, 19, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.03.005>
13. Widyasari, K., Alazem, M., & Kim, K.-H. (2020). Soybean resistance to soybean mosaic virus. *Plants*, 9(2), Article 219. <https://doi.org/10.3390/plants9020219>
14. Prysiashniuk, 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]
15. Ermantraut, E. R., Prysiashniuk, O. I., & Shevchenko, I. L. (2007). *Statistical analysis of agronomic experimental data using Statistica 6.0*. PolihrafKonsaltnyh. [In Ukrainian]

UDC 633.34:631.54

Sabluk, V. N.¹ & Baida, M. P.² (2025). Morphological peculiarities of soybean as affected by application of micronutrients and plant growth regulators. *Advanced Agritechnologies*, 13(1). <https://doi.org/10.47414/na.13.1.2025.306989> [In Ukrainian]

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, 25 Klinichna St., Kyiv, 03141, Ukraine*

²*Verkhniachka Experimental Breeding Station, Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet of NAAS, 1 Shkilna St., Verkhniachka, Khrystynivka District, Cherkasy Region, 20022, Ukraine, e-mail: vdss2017@ukr.net*

Purpose. Determining the morphological features of soybean varieties 'Ustia', 'Cordoba', and 'Estafeta' under the effects of micronutrients and growth regulators. **Methods.** The research was carried out in 2020–2022 at the Verkhniachka Experimental Breeding Station of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet, in the zone of unstable moisture in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. The field experiment was laid out according to the following design: factor A – soybean varieties ('Aratta', 'Cordoba', and 'Feieria'); factor B – micronutrients [without micronutrient; Yara Vita Mono Molitrak at the budding stage (0.25 l/ha); Yara Vita Mono Molitrak at the budding stage (0.25 l/ha) + Yara Vita Mono Molitrak at the flowering stage (0.25 l/ha)]; factor C – growth regulators (without growth regulator; Biosyl; Radostym). **Results.** The most effective for increasing plant height was the use of growth regulators Biosyl and Radostym, especially in combination with the micronutrient Yara Vita Mono Molitrak at the budding stage. In particular, in the 'Aratta' variety, this indicator exceeded the control by 11.7 cm (with application of Biosyl), by 10.4 cm (Radostym) 'Cordoba', and by 9.5 cm (Biosyl) in 'Feieria'. The maximum increases were recorded with the application of Yara Vita Mono Molitrak together with Radostym at the budding and flowering stages, accounting for 17.7, 11.5, and 12.9 cm respectively. The combined application of micronutrients with growth regulators also significantly increased the number of inflorescences per plant. In particular, in the 'Aratta' variety, with single or double application of Yara Vita Mono Molitrak in combination with Radostym, the number of inflorescences increased by 3.1 and 3.0, respectively compared to the control. The application of Radostym was also effective for other soybean varieties. **Conclusions.** Treatment of soybean plants with the micronutrient Yara Vita Mono Molitrak at the budding stage, as well as the consequent application of this product at the budding and flowering stages along with the growth regulator Radostym, contributed to the increase in the number of pods in the 'Aratta' variety by 2.8 and 3.0, respectively. Similar effectiveness of Radostym was observed in other varieties. In the 'Aratta' variety, the use of Yara Vita Mono Molitrak at the budding stage alone contributed to an increase in the number of seeds per plant by 1.6, and by 1.5 in combination with Radostym. In the 'Cordoba' variety, consequent application of the micronutrient in combination with Radostym resulted in an increase of 0.8 seeds per plant. In the 'Feieria' variety, the best result of 1.2 seeds per plant was obtained by combining the micronutrient with Biosyl. Application of Yara Vita Mono Molitrak at the budding stage together with the growth regulator Radostym or in two stages (budding and flowering) with Biosyl contributed to the increase in individual plant productivity. In particular, in the 'Aratta' variety, this increase compared to the control was 0.34 and 0.20 g respectively.

Keywords: plant height; number of inflorescences; number of pods; individual productivity; micronutrient; growth regulator.

Надійшла / Received 15.01.2025
Погоджено до друку / Accepted 20.02.2025