УДК 631.527.5.048:631.811.98:633.17(477.7) DOI: https://doi.org/10.47414/np.32.2024.327514

Продуктивність сорго зернового залежно від агротехнічних заходів в умовах Північного Степу України

Д. В. Сухіна*, Н. В. Новицька

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041, Україна, *e-mail: sukhina.denis@gmail.com*

Мета. Визначити вплив гібридів, густоти рослин і застосування регулятора росту на продуктивність сорго зернового в умовах степової зони України. **Методи.** Дослідження проводили в умовах недостатнього зволоження Північного Степу України протягом 2022–2024 рр. Під час досліджень застосовували такі методи: польовий – спостереження за фенологічними фазами росту й розвитку культури, оцінювання впливу досліджуваних елементів на врожайність сорго зернового; табличний – для систематизації, впорядкування й подання отриманих даних; графічний – для візуалізації результатів дослідження. Наукова програма передбачала вивчення впливу технологічних елементів на фенологічні, біометричні, структурно-морфологічні показники та врожайність сорго зернового. Відповідно до поставленої мети було розроблено схему трифакторного досліду, у якій першим фактором були гібриди сорго зернового різних груп стиглості: 'Калатур', 'ЕС Алізе', 'ЕС Фоен', 'Албанус' та 'ЕС Муссон'. Другим фактором була густота рослин – 170, 200 та 230 тис. шт./га. Третім – застосування регулятора росту Аппетайзер у фазах 4–5 та 7–8 листків із нормою витрати препарату 0,5 л/га та робочого розчину – 150 л/га. **Результати.** Упродовж років досліджень найвищу врожайність зерна забезпечили середньоранні гібриди 'ЕС Фоен' (5,17 т/га), 'Калатур' (5,13 т/га) та 'ЕС Муссон' (5,11 т/га) за густоти 200 тис. шт./га із застосуванням регулятора росту Аппетайзер. За густоти 170 тис. шт./га найвищу продуктивність сформували: ранньостиглий гібрид 'Албанус' – 4,02 т/га, середньоранні – 'ЕС Муссон' та 'ЕС Фоен' – 4,01 і 3,79 т/га відповідно. Серед загущених посівів (230 тис. шт./га) високими показниками врожайності відзначилися гібриди 'ЕС Муссон' (4,60 т/га), 'Албанус' (4,51 т/га) та 'ЕС Фоен' (4,37 т/га). **Висновки.** Доведено провідну роль густоти рослин і застосування регулятора росту в реалізації продуктивного потенціалу гібридів сорго зернового. Збільшення густоти рослин від 170 до 200 тис. шт./га забезпечує високу врожайність на рівні 4,43–4,87 т/га (за середніми показниками протягом досліджень) для гібридів французької селекції 'Калатур', 'ЕС Алізе', 'ЕС Фоен', 'Албанус' та 'ЕС Муссон'. Подальше підвищення густоти до 230 тис. шт./га спричиняє пригнічення рослин і зниження врожайності на 4–16 %. Регулятор росту Аппетайзер можна вважати сучасним адаптивним елементом технології вирощування, оскільки він забезпечує приріст урожайності на 0,17–0,41 т/га, будучи економічно й технологічно ефективним. Правильне регулювання густоти рослин має вирішальне значення, адже надмірна густота може призводити до конкуренції за поживні речовини та вологу, знижуючи продуктивність. Таким чином, поєднання оптимальної густоти з використанням регулятора росту в технології вирощування здатне суттєво підвищити врожайність сорго зернового в умовах степової зони України.

Ключові слова: *урожайність; реалізація генетичного потенціалу; гібрид; густота рослин; регулятор росту рослин; технологія вирощування; екстракт морських водоростей.*

Вступ

Сорго зернове має високу господарську цінність, яка полягає в широкому спектрі використання зерна на кормові, харчові та технологічні цілі. Його зерно містить близько 70–75 % крохмалю, 12–15 % білка та 2,4–4,8 % жиру, що за хімічним складом є наближеним до кукурудзи й є важливим джерелом поживних речовин для годівлі худоби в південних областях України.

Завдяки невибагливості, посухостійкості та адаптивності до несприятливих умов сорго зернове є стратегічно важливою культурою для України. Передумовою вибору цієї нішевої культури є її переваги у вигляді низьких норм висіву та тривалого строку збереження схожості насіння [1], а також можливість пізніх строків сівби навесні завдяки низькому транспіраційному коефіцієнту – на рівні 300 вагових одиниць води на вагову одиницю врожаю. Це на 11,3 % менше порівняно з транспіраційним коефіцієнтом кукурудзи (338), на 41,5 % – пшениці (513) та на 59 % менше порівняно з горохом (730). Тобто ці умови роблять сорго зернове потенційно стратегічною культурою для пересіву загиблих озимих та ярих культур у разі аномальної посухи.

Водночас його посівні площі в Україні становили від 13,9 до 136,9 тис. га протягом 2010–2024 років, або 0,13–0,95% від площі всіх зернових культур. У розрізі вказаного періоду спостерігалася динаміка зростання посівних площ сорго протягом 2010–2013 рр. із поступовим зниженням – з 83,1 до 42,8 тис. га протягом 2014–2021 рр. та критичним падінням до 15,2 тис. га у 2022 році після повномасштабного вторгнення рф та зниження експортної спроможності України. Зокрема, це зумовлено другорядністю цієї культури через малу вивченість технології її вирощування та продуктивного потенціалу.

Хоч урожайний потенціал сорго зернового ще не реалізований повною мірою, проте із залученням сучасних гібридів та вдосконаленими агротехнологіями є реальні можливості для досягнення високого рівня його продуктивності [2]. Регулятори росту рослин вважаються сучасним методом впливу на фізіологічні процеси рослин: вони здатні активізувати вегетативний ріст, прискорити цвітіння та достигання, підвищити стійкість до стресових чинників і врожайність [3]. Нині цей клас речовин представлений синтетичними та природними сполуками, які регулюють життєві процеси через активізацію синтезу білків і РНК або зміну матричної доступності ДНК, але при цьому не є джерелами живлення. Більшість регуляторів росту на ринку представлені комплексом гормонів: гіберелінів, ауксинів, цитокінінів, гумінових та фульвокислот, амінокислот, грибів та екстрактів морських водоростей [4]. Останні нині активно застосовуються у виробництві біостимуляторів, оскільки бурі водорості, зокрема *Fucus* spp., *Laminaria* spp., *Sargassum* spp., *Ecklonia* spp., *Durvillaea* spp. та *Turbinaria* spp., можуть досягати високих рівнів біомаси й дуже поширені у світі [5].

Регулятор росту рослин Аппетайзер був обраний для дослідження через високий уміст екстракту бурих водоростей *Ascophyllum nodosum* GA-142 (95,2 %), який включає широкий комплекс біоактивних сполук: полі- та олігосахариди (ламінаран, фукан, альгінат), бетаїни, стероли, амінокислоти, макро- та мікроелементи, фітогормони (абсцизинова кислота, цитокініни та ауксини). Це дало змогу повною мірою оцінити вплив екстракту морських водоростей на продуктивність сорго зернового в посушливих умовах вирощування.

Дослідження елементів технології вирощування та її оптимізація щодо потенціалу сорго зернового є актуальними для подальшого розвитку культури в аграрному виробництві як провідної зернової культури поряд із пшеницею, кукурудзою, рисом та ячменем.

Згідно з дослідженнями Г. М. Каражбей [6, 7], сорго зернове також є важливою енергетичною культурою з високим сортовим потенціалом, що підкреслює його значення для АПК України в умовах глобальних агрокліматичних змін. Продуктивність сорго досліджували Л. А. Правдива, О. В. Яланський та інші, які встановили, що елементи структури врожайності значною мірою визначаються сортовими особливостями (група стиглості), площею живлення (густота посіву та ширина міжряддя) [8–10].

За результатами досліджень М. О. Бойка [11], гібриди сорго зернового 'Сонцедар' та 'Даш Е' в зоні Південного Степу України забезпечували врожайність 6,54–6,69 т/га за ранніх строків сівби та густоти рослин на рівні 140–180 тис. шт./га, а за пізніх строків урожайність становила лише близько 4,00 т/га за густоти 180–220 тис. шт./га.

Результати досліджень А. Д. Гирки та Я. В. Алєксєєва свідчать про важливу роль таких елементів технології вирощування, як високоврожайні пластичні гібриди та сорти ('Вінець', 'Дніпровський 39', 'Прайм'), ширина міжрядь (45 та 70 см), а також густота рослин (120–

140 тис. шт./га) для реалізації адаптивного та генетично обумовленого потенціалу продуктивності сорго зернового з високими якісними показниками зерна та забезпечення економічної ефективності [12, 13]. Позитивні висновки щодо ефективності ширини міжрядь для формування елементів продуктивності сорго зробили також С. Ю. Давиденко, А. О. Рожков та інші, відзначивши високу врожайність досліджуваних гібридів 'Сват' (5,87 т/га) та 'Флагг' (4,75 т/га) [14].

Мета досліджень – визначити вплив гібридів, густоти рослин і застосування регулятора росту на продуктивність сорго зернового в умовах степової зони України.

Матеріали та методика досліджень

Дослідження виконували протягом 2022–2024 рр. на полях ТОВ «Зоря» (с. Гаврилівка, Синельниківський р-н, Дніпропетровська обл.). Згідно із зональним розподілом, район належить до північної частини степової зони України з недостатнім і нестійким зволоженням та посушливими погодними умовами.

Урожайність сорго зернового характеризувалася мінливістю за роками, зумовленою передусім погодними умовами, зокрема кількістю опадів (табл. 1), середньомісячними температурами (табл. 2) та сумою активних температур за вегетаційний період (табл. 3).

Таблиця 1

Метеорологічні показники середньомісячної кількості опадів (мм) за період досліджень та середні багаторічні показники (1991–2020 рр.) за даними спостережень метеостанції Синельникове

Місяці	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середні багаторічні показники
Квітень	84	89	7	41
Травень	22	36	4	51
Червень	23	31	17	69
Липень	21	107	3	48
Серпень	124	39	1	41
Вересень	52	23	8	39
Разом період	326	325	40	289

Згідно із зафіксованими даними, 2022 та 2023 роки були більш вологозабезпеченими порівняно із середніми багаторічними показниками, переважаючи їх на 12,4–12,8 %. Проте за гідротермічним коефіцієнтом вони вважалися середньо- та сильнопосушливими. Однак велика кількість опадів у серпні 2022 року та липні 2023-го сприяла розвитку рослин і формуванню структурно-морфологічних показників під час проходження фенологічних фаз від викидання волоті до молочно-воскової стиглості. При цьому сума активних температур у 2022 році співпадала із середньою багаторічною, а показник 2023 року перевищував її на 13,9 %. Фактична сума ефективних температур 2022 року була меншою за середню багаторічну на 4,7 %, а 2023-го – більшою на 6,8 %.

Таблиця 2

Метеорологічні показники середньомісячної температури повітря (°С) за період досліджень та середні багаторічні показники (1991–2020 рр.) за даними спостережень метеостанції Синельникове

Місяці	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середні багаторічні показники
Квітень	9,9	10,1	15,1	10,0
Травень	14,4	15,4	15,8	16,3
Червень	21,4	19,6	23,2	20,2
Липень	21,3	22,2	25,7	22,3
Серпень	23,9	23,5	24,8	21,7
Вересень	14,5	18,7	19,4	16,0
Разом період	10,0	10,8	12,1	9,3

Натомість 2024 рік характеризувався відсутністю продуктивних опадів, які є лімітуючим фактором при формуванні продуктивності сільськогосподарських культур у зоні Степу України. Сума опадів за весняно-літній період становила 40 мм, що становило 13,8 % від середніх багаторічних показників.

Водночас 2024 рік виявився найбільш теплозабезпеченим, перевищуючи середній багаторічний показник на 17,9 % за сумою активних та на 14,5 % за сумою ефективних температур.

Таблиця 3

Середні багаторічні (1991–2020 рр.) та фактичні суми активних і ефективних температур повітря (°С) понад 10 °С за даними спостережень метеостанції Синельникове

Показники	2022 р.	2023 р.	2024 р.	Середня багаторічна $\sum t^{\circ}C > 10$
Фактична сума активних температур	3250	3702	3832	3250
Фактична сума ефективних температур	1451	1625	1742	1521

Ґрунти місця проведення дослідів – чорноземи звичайні з високим умістом гумусу. Ґрунтові запаси елементів живлення становили 260–270 кг/га мінерального азоту, 240–260 кг/га фосфору та 860–880 кг/га калію. Уміст гумусу за роки досліджень коливався в межах 4,48–4,55 %.

Агротехніка в досліді була загальноприйнята для зони Степу України, за винятком способу сівби (ширина міжряддя – 45 см) та досліджуваних елементів. Попередник – пшениця озима. У досліді вивчали гібриди сорго зернового французької селекції від компанії Lidea різних груп стиглості: ранньостиглий – 'Албанус', середньо-ранні – 'Калатур', 'ЕС Фоен' та 'ЕС Муссон', пізньостиглий – 'ЕС Алізе'.

Ранньостиглий гібрид 'Албанус' (еквівалент ФАО кукурудзи 300–350) має вегетаційний період 92–100 діб. Висота рослин становить 115–116 см. Зерно білого кольору, маса 1000 зерен – 25,9–29,0 г. Уміст білка в зерні становить 12,6–13,0 %, крохмалю – 74,3–74,8 %.

Середньо-ранній гібрид 'Калатур' (еквівалент ФАО кукурудзи 400–450) має вегетаційний період 108–109 діб. Висота рослин становить 114–120 см. Зерно білого кольору, маса 1000 зерен – 25,4–29,5 г. Уміст білка в зерні становить 12,4–12,8 %, крохмалю – 74,0–74,8 %.

Середньо-ранній гібрид 'ЕС Фоен' (еквівалент ФАО кукурудзи 380–450) має вегетаційний період 108–111 діб. Висота рослин – у межах 107–120 см. Зерно червоного кольору, маса 1000 зерен – 24,7–30,0 г. Уміст білка в зерні становить 12,0–12,8 %, крохмалю – 73,8–74,3 %.

Середньо-ранній гібрид 'ЕС Муссон' (еквівалент ФАО кукурудзи 320–400) має вегетаційний період 103–108 діб. Висота рослин становить 105–114 см. Зерно білого кольору, маса 1000 зерен – 26,2–26,5 г. Уміст білка в зерні становить 11,4–12,8 %, крохмалю – 71,8–73,9 %.

Пізньостиглий гібрид 'ЕС Алізе' (еквівалент ФАО кукурудзи 400–480) має вегетаційний період 117–120 діб. Висота рослин становить 107–120 см. Зерно червоного кольору, маса 1000 зерен – 26,9–28,4 г. Уміст білка в зерні становить 10,2–11,6 %, крохмалю – 74,6–76,4 %.

Другим досліджуваним фактором була густота рослин, яка становила 170, 200 та 230 тис. шт./га.

Третім досліджуваним фактором було двократне застосування регулятора росту рослин Аппетайзер, який стимулює фізіологічні процеси та поліпшує живлення рослин у стресових умовах. Препаративна форма – водний розчин (ВР). Діюча речовина – екстракт морських водоростей (GA-142) – 952 г/л, солі цинку (1 %) та марганцю (1 %).

Перше внесення регулятора росту у варіантах досліду проводили у фазі 4–5 листків, друге – 7–8 листків з нормою витрати 0,5 л/га за витрати робочого розчину 150 л/га. Для

забезпечення якісного внесення препарату відповідно до рекомендацій виробника, використовували інжекторні двохфакельні форсунки IDKT 04 з розміром крапель 350–480 МОД µm. Обробляли посіви у вечірній час за температури повітря в межах +15–20 °С, відносної вологості повітря 20–30 % та швидкості вітру 3–4 м/с.

Загальна площа дослідної ділянки становила 8 га. Облікова площа ділянки варіанту – 600 м^2 (6 × 100 м. п.), а загальна – 673,2 м^2 (6,6 × 102 м. п.). Розміщення варіантів – систематичне у три яруси (30 варіантів). Повторність досліду чотириразова.

Урожай збирали прямим комбайнуванням за допомогою комбайна NewHolland CX 5040 з зерновою жаткою, зважували у причепі на автомобільних підкладних вагах на чотири платформи з наступним перерахунком на стандартні вологість (14 %) і чистоту (100 %).

Статистичну обробку результатів досліджень проводили за методикою дисперсійного аналізу даних багатофакторних дослідів з використанням комп'ютерного програмного забезпечення Microsoft Excel.

Результати дослідження

У результаті проведення польових досліджень у 2022–2024 рр. було отримано дані щодо врожайності сорго зернового залежно від досліджуваних факторів. Отримані результати згруповано за густотою рослин за роками, а також усереднено за три роки для оцінювання продуктивності гібридів залежно від впливу регулятора росту.

Зокрема, за густоти рослин 170 тис. шт./га (рис. 1), відповідно до усереднених показників, найвищу врожайність продемонстрували середньоранній гібрид 'ЕС Муссон' (3,80 т/га), ранньостиглий 'Албанус' (3,79 т/га) та середньоранній 'ЕС Фоен' (3,57 т/га) за використання регулятора росту Аппетайзер. На контрольних варіантах найвищі показники сформували гібриди 'ЕС Муссон' та 'Албанус' – по 3,55 т/га зерна.

Приріст урожаю внаслідок застосування регулятора росту становив 6,6–8,2 %, що у натуральному вираженні відповідало 0,19–0,26 т/га.

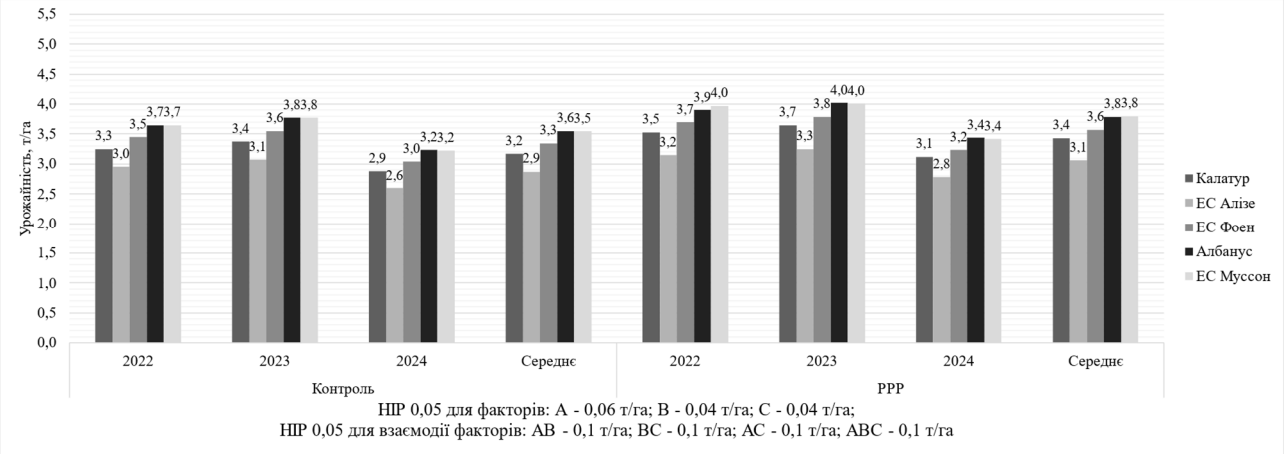

Рис. 1. Урожайність гібридів сорго зернового (т/га) протягом 2022–2024 рр. та середнє значення за густоти рослин 170 тис. шт./га

На основі отриманих даних щодо врожайності встановлено, що за густоти рослин 200 тис. шт./га спостерігалося найменше ценотичне навантаження. У цих умовах найвищу продуктивність серед досліджуваних варіантів забезпечили середньоранні гібриди: 'ЕС Фоен' – 4,87 т/га, 'Калатур' – 4,86 т/га та 'ЕС Муссон' – 4,82 т/га за умови застосування регулятора росту «Аппетайзер».

Приріст урожайності внаслідок використання регулятора росту порівняно з контролем становив 6,3–6,6 %. Урожайність контрольних варіантів відповідала 4,58 т/га ('ЕС Фоен'), 4,56 т/га ('Калатур') та 4,53 т/га ('ЕС Муссон'). Таким чином, зі збільшенням густоти рослин до 200 тис. шт./га відзначено зростання врожайності.

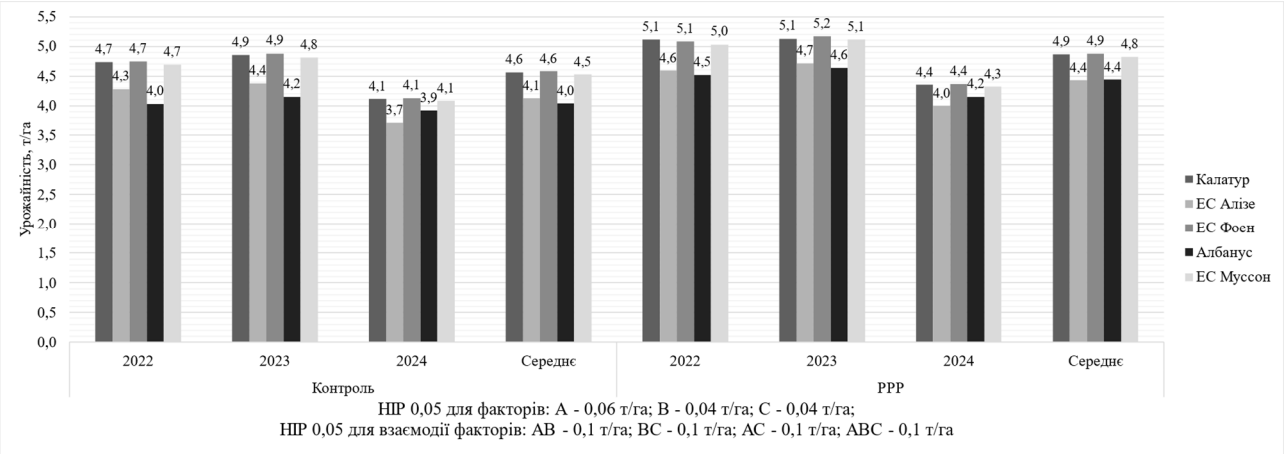

Рис. 2. Урожайність гібридів сорго зернового (т/га) протягом 2022–2024 рр. та середнє значення за густоти рослин 200 тис. шт./га

Однак подальше збільшення щільності агроценозу до 230 тис. шт./га призводило до зниження врожайності на 4–16 %, що відповідало 0,17–0,76 т/га натуральної різниці. Водночас контрольний варіант ранньостиглого гібрида ‘Албанус’ за густоти 230 тис. шт./га не продемонстрував зменшення врожайності порівняно з варіантом 200 тис. шт./га, що свідчить про його генетичну адаптивність до підвищеної щільності агроценозу та високу конкурентоспроможність.

За цієї густоти найбільшу врожайність (за усередненими значеннями за роками) забезпечили гібриди середньоранньої групи стиглості ‘ЕС Муссон’ – 4,38 т/га та ранньостиглий ‘Албанус’ – 4,27 т/га за умови застосування регулятора росту, що зумовило приріст на 0,17–0,29 т/га.

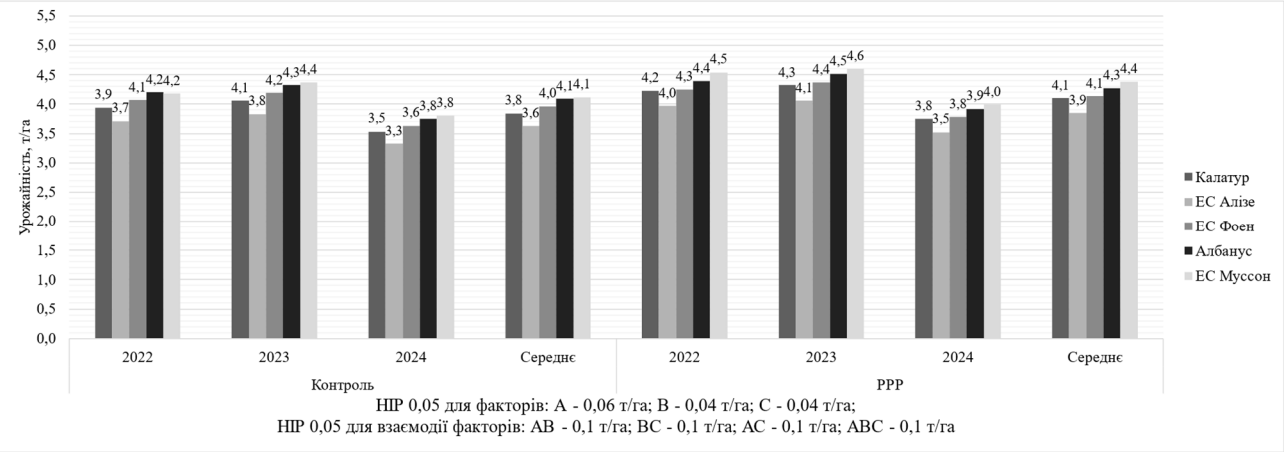

Рис. 3. Урожайність гібридів сорго зернового (т/га) протягом 2022–2024 рр. та середнє значення за густоти рослин 230 тис. шт./га

При цьому було визначено коефіцієнти суттєвості відхилень (Кс) кількості опадів і середньомісячних температур від середніх багаторічних показників (табл. 4). Аналіз отриманих даних свідчить, що погодні умови весняно-літнього періоду 2022, 2023 та 2024 років суттєво відрізнялися від кліматичної норми. Відтак, ці умови можуть розглядатися як супутній фактор впливу на продуктивність зернового сорго.

За результатами розрахунків установлено, що за рівнем зволоження найвологішими були умови вегетаційного періоду 2023 року. Водночас загалом рік характеризувався кризовим дефіцитом вологи у червні (Кс = –6,6). Найбільший дефіцит вологи спостерігався у травні (Кс у межах від –1,1 до –3,6) та червні (Кс у межах від –6,6 до –9,1) досліджуваних років. Вищий рівень зволоження, порівняно із середніми багаторічними показниками, відзначено у квітні 2022 та 2023 рр.

Таблиця 4

Коефіцієнти суттєвості відхилень кількості опадів та середньомісячних температур за вегетаційний період 2022–2024 рр. від середніх багаторічних

Опади, мм				K_c		
Місяць	Середнє багаторічне	Середнє квадратичне відхилення	Середнє за місяцями	Рік		
				2022	2023	2024
Квітень	41	38	60	1,1	1,3	–0,9
Травень	51	13	21	–2,2	–1,1	–3,6
Червень	69	6	24	–8,0	–6,6	–9,1
Липень	48	45	44	–0,6	1,3	–1,0
Серпень	41	51	55	1,6	0,0	–0,8
Вересень	39	18	28	0,7	–0,9	–1,7
Температура, °С				K_c		
Місяць	Середнє багаторічне	Середнє квадратичне відхилення	Середнє за місяцями	Рік		
				2022	2023	2024
Квітень	10,0	2,4	11,7	0,0	0,0	2,1
Травень	16,3	0,6	15,2	–3,2	–1,5	–0,8
Червень	20,2	1,5	21,4	0,8	–0,4	2,0
Липень	22,3	1,9	23,1	–0,5	–0,1	1,8
Серпень	21,7	0,5	24,1	4,0	3,3	5,7
Вересень	16,3	2,2	17,5	–0,8	1,1	1,4

Примітка. Рівень коефіцієнтів суттєвості відхилень відповідає градації: K_c = 0–1 – умови, близькі до звичайних; K_c = 1–2 – умови, що сильно відрізняються від середніх багаторічних; K_c > 2 – умови, наближені до рідкісних.

У процесі дисперсійного аналізу отриманих даних було розраховано частку впливу окремих факторів і їхньої взаємодії (рис. 4).

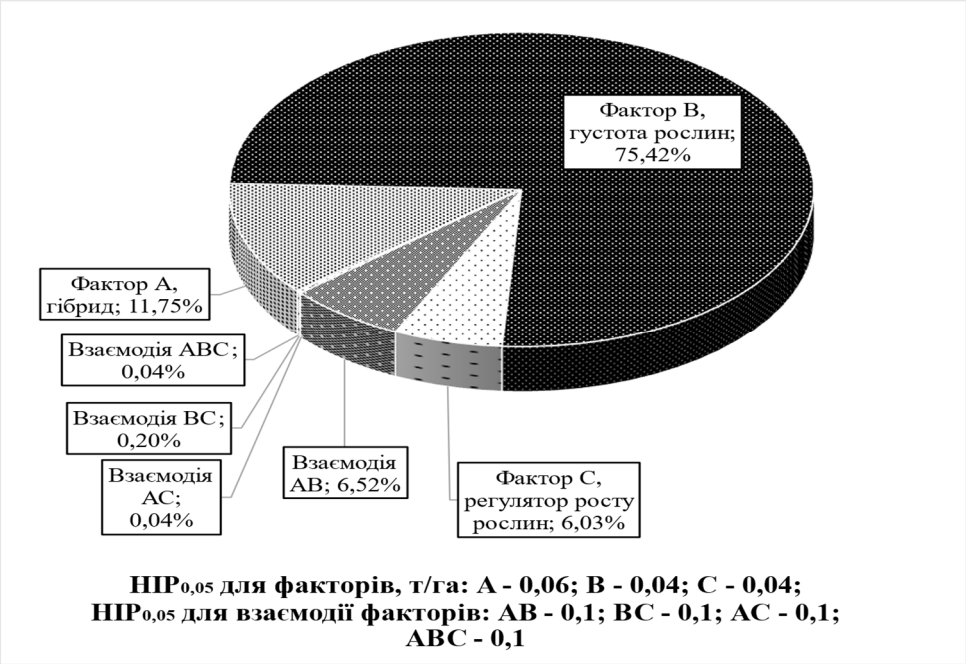

Рис. 4. Вплив досліджуваних факторів та їх взаємодія на врожайність сорго зернового за результатами дисперсійного аналізу (середнє за 2022–2024 рр.), % у факторної суми квадратів

Вищенаведені розрахунки свідчать про те, що серед досліджуваних факторів вирішальний вплив на продуктивність сорго зернового мала густота рослин – 75,42 %. Друге місце за значущістю посіла група стиглості гібридів – 11,75 %, третє – застосування регулятора росту рослин – 6,52 %. Важливою виявилася також взаємодія оптимальної густоти рослин із групою стиглості гібридів, частка впливу якої становила 6,52 %.

Висновки

Результати польових досліджень засвідчили істотний вплив досліджуваних елементів технології вирощування сорго зернового на рівень його продуктивності. Водночас істотну роль відігравали й погодні умови років дослідження. Найвищу врожайність упродовж дослідного періоду сформували середньоранні гібриди: 'ЕС Фоен' – 5,17 т/га, 'Калатур' – 5,13 т/га та 'ЕС Муссон' – 5,11 т/га за густоти рослин 200 тис. шт./га із застосуванням регулятора росту Аппетайзер. На структуру врожаю істотно впливали генетичні особливості гібридів, що підкреслює важливість ретельного добору гібридного складу сорго зернового відповідно до екологічних умов зони вирощування.

Аналіз даних урожайності дає змогу зробити висновок, що збільшення густоти рослин від 170 до 200 тис. шт./га є ефективним агротехнічним прийомом для підвищення продуктивності сорго зернового. Натомість загущення посівів до 230 тис. шт./га призводить до пригнічення рослин і зниження врожайності. Регулятор росту Аппетайзер можна вважати сучасним адаптивним елементом технології вирощування, який забезпечує приріст урожайності в межах 0,17–0,41 т/га, демонструючи економічну та технологічну ефективність.

Використана література

1. Кващук О. В., Сучек М. М., Хоміна В. Я., Пастух О. Д. Круп'яні культури. Кам'янець-Подільський : Медобори-2006, 2013. 288 с.

2. Жатова Г., Коваленко М. Біологічні особливості культури сорго. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Агрономія і біологія*. 2020. Вип. 40, № 2. С. 14–22. doi: 10.32782/agrobio.2020.2.2

3. Yakhin O. I., Lubyanov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. Article number 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049

4. Філіпова Л. Огляд українського ринку препаратів рістстимулювальної дії. *Theoretical and practical aspects of modern scientific research* : Collection of scientific papers «ΛΌГОΣ» with Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (Seoul, April 28, 2023). Seoul, 2023. P. 101–106. doi: 10.36074/logos-28.04.2023.32

5. De Saeger J., Van Praet S., Vereecke D. et al. Toward the molecular understanding of the action mechanism of Ascophyllum nodosum extracts on plants. *Journal of Applied Phycology*. 2020. Vol. 32. P. 573–597. doi: 10.1007/s10811-019-01903-9

6. Каражбей Г. М. Стан і перспективи сорго зернового в Україні. *Селекція і насінництво*. 2012. № 101. С. 150–155. doi: 10.30835/2413-7510.2012.59749

7. Слюсар С. М. Особливості росту та розвитку сорго в Правобережному Лісостепу. *Землеробство*. 2017. Вип. 2. С. 63–67.

8. Правдива Л. А., Яланський О. В. Продуктивність та елементи структури врожайності різних сортів сорго звичайного двокольорового (*Sorghum bicolor* L.). *Новітні агротехнології*. 2022. Т. 10, № 3. doi: 10.47414/na.10.3.2022.270497

9. Abreha K. B., Enyew M., Carlsson A. S. et al. Sorghum in dryland: Morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*. 2022. Vol. 255. Article number 20. doi: 10.1007/s00425-021-03799-7

10. Правдива Л. А., Доронін В. А., Ганженко О. М. Формування продуктивності сорго зернового та соризу залежно від строків сівби в умовах східної частини Лісостепу України. *Новітні агротехнології*. 2021. № 9. doi: 10.47414/na.9.2021.253364

11. Bojko M. Increasing the yield and grain quality of grain sorghum hybrids in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102, № 8. С. 73–80. doi: 10.31073/agrovisnyk202408-08

12. Гирка А. Д., Алєксєєв Я. В. Сортова реакція рослин сорго зернового сорту Вінець на площу живлення в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 3. С. 21–25. doi: 10.32848/agrar.innov.2020.3.4

13. Гирка А. Д., Алєксєєв Я. В. Особливості росту і розвитку сорго зернового сорту Дніпровський 39 залежно від щільності агроценозу в умовах Північного Степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 4. С. 18–22. doi: 10.32848/agrar.innov.2020.4.3

14. Davydenko S., Rozhkov A., Karpuk L. et al. Elements of plant productivity and biological yield capacity of grain sorghum hybrids depending on the inter-row width and seed sowing rate. *Scientific Horizons*. 2022. Vol. 25, Iss. 6. P. 55–64. doi: 10.48077/scihor.25(6).2022.55-64

References

1. Kvashchuk, O. V., Suchek, M. M., Khomina, V. Ya., & Pastukh, O. D. (2013). *Cereal crops*. Kamianets-Podilskyi: Medobory-2006. [In Ukrainian]

2. Zhatova, H., & Kovalenko, M. (2020). Biological characteristics of sorghum crop. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and Biology*, *40*(2), 14–22. doi: 10.32782/agrobio.2020.2.2

3. Yakhin, O. I., Lubyanov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: A global perspective. *Frontiers in Plant Science*, 7, Article number 2049. doi: 10.3389/fpls.2016.02049

4. Filipova, L. (2023). Overview of the Ukrainian market of plant growth-stimulating products. In *Theoretical and Practical Aspects of Modern Scientific Research: Collection of Scientific Papers "ΛΌΓΟΣ" with Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference* (pp. 101–106). Seoul. doi: 10.36074/logos-28.04.2023.32

5. De Saeger, J., Van Praet, S., Vereecke, D., Park, J., Jacques, S., Han, T., & Depuydt, S. (2020). Toward the molecular understanding of the action mechanism of *Ascophyllum nodosum* extracts on plants. *Journal of Applied Phycology*, *32*, 573–597. doi: 10.1007/s10811-019-01903-9

6. Karazhbei, H. M. (2012). Status and prospects of grain sorghum in Ukraine. *Breeding and Seed Production*, *101*, 150–155. doi: 10.30835/2413-7510.2012.59749 [In Ukrainian]

7. Sliusar, S. M. (2017). Growth and development features of sorghum in the Right-Bank Forest-Steppe. *Agriculture*, *2*, 63–67. [In Ukrainian]

8. Pravdyva, L. A., & Yalanskyi, O. V. (2022). Productivity and yield structure elements of different varieties of common two-colored sorghum (*Sorghum bicolor* L.). *Modern Agrotechnologies*, *10*(3). doi: 10.47414/na.10.3.2022.270497 [In Ukrainian]

9. Abreha, K. B., Enyew, M., Carlsson, A. S., Vetukuri, R. R., Feyissa, T., Motlhaodi, T., Ng'uni, D., & Geleta, M. (2022). Sorghum in dryland: Morphological, physiological, and molecular responses of sorghum under drought stress. *Planta*, *255*(1), Article number 20. doi: 10.1007/s00425-021-03799-7

10. Pravdyva, L. A., Doronin, V. A., & Hanzhenko, O. M. (2021). Formation of Sorghum vulgare and Sorghum orysoidum productivity as affected by sowing dates in the conditions of the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *Advanced Agritechnologies*, *9*. doi: 10.47414/na.9.2021.253364 [In Ukrainian]

11. Boiko, M. (2024). Increasing the yield and grain quality of grain sorghum hybrids in the Southern Steppe zone of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, *8*, 73–80. doi: 10.31073/agrovisnyk202408-08 [In Ukrainian]

12. Hyrka, A. D., & Alekseev, Ya. V. (2021). Varietal reaction of grain sorghum plants variety Vinets' to the nutrition area in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, *3*, 21–25. doi: 10.32848/agrar.innov.2020.3.4 [In Ukrainian]

13. Hyrka, A. D., & Alekseev, Ya. V. (2021). Peculiarities of growth and development of grain sorghum variety Dniprovs'kyi 39 depending on the density of agrocenosis in the conditions of

the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian Innovations*, *4*, 18–22. doi: 10.32848/agrar.innov.2020.4.3 [In Ukrainian]

14. Davydenko, S., Rozhkov, A., Karpuk, L., Popov, S., & Mykhailyn, V. (2022). Elements of plant productivity and biological yield capacity of grain sorghum hybrids depending on the inter-row width and seed sowing rate. *Scientific Horizons*, *25*(6), 55–64. doi: 10.48077/scihor.25(6).2022.55-64

UDC 631.527.5.048:631.811.98:633.17(477.7)

Sukhina, D. V.*, & Novytska, N. V. (2024). Productivity of Sorghum bicolor as affected by agronomical practices in the Northen Steppe of Ukraine. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, *32*, 104–113. https://doi.org/10.47414/np.32.2024.327514 [In Ukrainian]

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 15 Heroiv Oborony St., Kyiv, 03041, Ukraine, *e-mail: sukhina.denis@gmail.com*

Purpose. To determine the impact of the factors of hybrid, plant density, and growth regulator application on the productivity of *Sorghum bicolor* in the steppe zone of Ukraine. **Methods.** The study was conducted under the conditions of insufficient moisture in the Northern Steppe of Ukraine from 2022 to 2024. The research methods included: Field observations to monitor phenological stages and assess the impact of studied factors on grain sorghum yield. Tabular method for data systematization, arrangement, and presentation. Graphical method for visualizing research results. The scientific program aimed to study the influence of technological elements on phenological, biometric, structural-morphological indicators, and grain sorghum yield. To achieve the objective, a three-factor experiment was designed: hybrid (different maturity groups of grain sorghum hybrids − 'Kalatur', 'ES Alize', 'ES Foehn', 'Albanus', and 'ES Musson'; plant density (170, 200, and 230 thousand plants per hectare); growth regulator (growth regulator 'Appetizer' applied at the 4–5 and 7–8 leaf stages at a rate of 0.5 l/ha with a working solution of 150 l/ha). **Results.** Over the study years, the highest grain yield was achieved by the medium-early hybrids: 'ES Foen' (5.17 t/ha), 'Kalatur' (5.13 t/ha), and 'ES Musson' (5.11 t/ha) at a plant density of 200 thousand per hectare with 'Appetizer' growth regulator application. At 170 thousand plants per hectare, the highest productivity was observed in the early-maturing hybrid 'Albanus' (4.02 t/ha) and the medium-early hybrids 'ES Musson' (4.01 t/ha) and 'ES Foen' (3.79 t/ha). At 230 thousand plants per hectare, high yields were recorded for 'ES Musson' (4.60 t/ha), 'Albanus' (4.51 t/ha), and 'ES Foen' (4.37 t/ha). **Conclusions.** The study confirmed the significant role of plant density and growth regulator application in optimizing the productive potential of grain sorghum hybrids. Increasing plant density from 170 to 200 thousand plants per hectare ensured high yields ranging between 4.43 and 4.87 t/ha (on average across study years) for hybrids 'Kalatur', 'ES Alize', 'ES Foehn', 'Albanus', and 'ES Musson'. However, further increasing density to 230 thousand plants per hectare led to plant suppression and yield reduction by 4–16%. The 'Appetizer' growth regulator proved to be a modern adaptive cultivation technology element, increasing yield by 0.17–0.41 t/ha, demonstrating both economic and technological efficiency. Proper regulation of plant density is crucial, as excessive density may result in competition for nutrients and moisture, reducing productivity. Therefore, combining optimal density with growth regulator application in cultivation technology significantly enhances grain sorghum yield in the steppe zone of Ukraine.

Keywords: *yield; genetic potential realization; hybrid; plant density; plant growth regulator; cultivation technology; seaweed extract.*

Надійшла / Received 18.11.2024
Погоджено до друку / Accepted 11.12.2024