

ВПЛИВ ГУСТОТИ ПОСІВУ НА РІСТ, РОЗВИТОК ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІБРИДІВ СОНЯШНИКА

І.М. Городиська, Ф.Ф. Мурсюкаєв

Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)

e-mail: anni0479@gmail.com; ORCID: 0000-0002-1580-3450

e-mail: philipmursyukaev@gmail.com; ORCID: 0009-0009-7500-2629

У статті представлено результати досліджень щодо впливу густоти посіву на морфологічні ознаки та продуктивність чотирьох гібридів соняшника (Грут, Тор Сумо, Старк, Авалон) в умовах Лівобережного Лісостепу України. Дослідження охопили періоди як зі сприятливими (2023 р.), так і з посушливими (2024 р.) погодними умовами, що дало можливість отримати об'єктивну оцінку адаптивності гібридів до різних агроєкологічних чинників та виявити їхню потенційну продуктивність. Метою є дослідження впливу різних рівнів густоти посіву на ріст, розвиток та продуктивність гібридів соняшника в умовах Лівобережного Лісостепу України. Методи дослідження включали обліки, вимірювання та супутні спостереження, які виконували згідно з методикою проведення польових дослідів та методикою державного сортовипробування. Визначено, що оптимізація густоти посіву є основним інструментом управління для повної реалізації генетичного потенціалу гібридів соняшника. Аналіз показав, що гібридоспецифічна реакція на загущення гібридів соняшника Грут, Тор Сумо, Старк та Авалон проявляється у зміні висоти рослин, діаметра кошика та площі листової поверхні. Зокрема, встановлено, що гібриди Грут і Старк є більш адаптованими до інтенсивних технологій та можуть вирощуватися за вищої густоти стояння за збереження високої продуктивності. Натомість гібрид Авалон є чутливим до підвищеної конкуренції, що призводить до різкого зниження його морфометричних показників та кінцевої врожайності. За результатами дослідження виявлено оптимальні діапазони густоти посіву для кожного гібрида соняшника, що є принциповим для практичного застосування. Показано, що оптимальна густина для досягнення максимальної врожайності для гібридів Грут та Авалон становить 60–70 тис. росл./га, а для Тор Сумо і Старк — 70–80 тис. росл./га. Зроблено висновок, що раціональне поєднання генетичних особливостей гібрида з агротехнологічними прийомами дає змогу ефективно керувати продуктивністю гібридів соняшника в умовах нестабільного клімату, забезпечуючи стабільний урожай навіть за умов водного стресу.

Ключові слова: урожайність, густина стояння рослин, діаметр кошика, площа листової поверхні, висота рослин, конкуренція рослин, адаптивність гібридів, фотосинтетичний потенціал.

ВСТУП

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) посідає провідне місце серед сільськогосподарських культур як в Україні, так і у світовому аграрному секторі. Це олійна культура, яка має важливе економічне та екологічне значення для сільського господарства. В Україні під олійні культури зайнято близько 70% сільськогосподарських площ [1]. Вирощування соняшника забезпечує виробництво високоякісної олії, а також є важливим елементом сівозміни. Водночас соняшник є відмінним медоносом, який

надає збір бджолами від 40 до 75 кг меду з одного гектара [2].

В Україні найбільше соняшника висівається у Дніпропетровській, Запорізькій, Одеській, Миколаївській, а до повномасштабного вторгнення Росії — у Херсонській обл. [3]. Це зумовлено ефективним використанням біокліматичних ресурсів, а також здатністю соняшника адаптуватися до складних кліматичних умов, зокрема до посух і високих температур [4]. В Україні впродовж останніх десятиліть спостерігається динамічне зростання площ, зайнятих під соняшником, зокрема і через глобальні

зміни клімату, що обумовило розширення ареалу вирощування культури в північних регіонах країни. Так, за даними Державної статистики України, в 2024 р. площа посівів сояшника в Україні становила 5123,9 тис. га, що майже вдвічі більше, ніж у 2000 р. [3]. Це забезпечило приріст валового виробництва сояшника до 12 млн тон. Така динаміка пояснюється підвищеним попитом на товарне насіння, сояшникову олію, продукти переробки, а також активнішим внесенням відходів культури у тваринництві.

Повномасштабна війна, що розпочалася на території України, спричинила зменшення площ сільськогосподарського використання, зокрема й посівних площ сояшника. Зокрема, у 2022 р. на тимчасово окупованих територіях площі під цією культурою скоротилися на 29%, що сягає близько 1,9 млн га [5].

Слід зазначити, що інтенсивне збільшення останніми десятиліттями частки сояшника в структурі посівних площ має як позитивні, так і негативні наслідки. Надмірне насичення сівозмін цією культурою ускладнює дотримання рекомендованих інтервалів перед її повторним висівом, що несе екологічні ризики поширення специфічних хвороб, бур'янів, інтенсивне виснаження ґрунту [6]. Варто зазначити, що зростання посівних площ не супроводжується відповідним збільшенням урожайності, навіть за умов використання гібридів із високим біологічним потенціалом. Це зумовлено складністю формування врожайності, яка залежить від комплексу природних (температурні режими, вологість, кількість опадів тощо) та агротехнічних чинників (зрошення, застосування добрив, густина посіву, вибір гібридів, строки сівби, норма висіву тощо) [4; 7]. Тому актуальним питанням залишається ґрунтовне вивчення та удосконалення кожного агротехнічного елементу вирощування сояшнику.

В умовах посилення антропогенного навантаження, зміни клімату та зростання потреби в продовольчих ресурсах, оптимізація технологій вирощування сояшника набуває особливої актуальності. Одним із

визначальних чинників, що безпосередньо діє на формування врожаю насіння сояшника, є густина стояння рослин [8]. Цей чинник є визначальним у конкуренції рослин за ресурси — світло, вологу та поживні речовини. Наукові дослідження [9] підтверджують, що густина стояння впливає на індивідуальний ріст і розвиток рослин, ефективність фотосинтезу та, як наслідок, на кінцеву продуктивність. Зокрема, за даними А.А. Kandil та ін. [10], надмірна або, навпаки, недостатня густина стояння призводить до зниження врожайності та погіршення якісних показників продукції. Тому за інтенсивного землеробства та використання високопродуктивних гібридів, які здатні до адаптації, важливим є питання підбору оптимальної густоти посіву.

З огляду на це, **метою дослідження** є вивчення впливу різних рівнів густоти стояння (або посіву) на ріст, розвиток та продуктивність гібридів сояшника в умовах Лівобережного Лісостепу України.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Світові тенденції свідчать, що оптимізація густоти посіву сояшника є одним із найважливіших завдань для аграріїв, оскільки вона безпосередньо впливає на врожайність та економічну ефективність вирощування, забезпечує раціональне застосування ресурсів довкілля (світла, води, поживних речовин) та сприяє максимальній реалізації генетичного потенціалу продуктивності гібридів. Зокрема, у роботах європейських дослідників V. Giannini, R.K. Soothar, A. Haj Sghaier із співавт. [11–13] підкреслюється, що оптимальна густина посіву не є статичною величиною, а залежить від генетичних особливостей гібрида, рівня вологозабезпеченості, родючості ґрунту та технології вирощування. Науковці S.A. Muhammed та ін. [14] стверджують, що у посушливих регіонах спостерігається тенденція до зниження рекомендованої густоти посіву для зменшення конкуренції за вологу та підвищення індивідуальної продуктивності рослин. Водночас, на думку S. Dong [15], для високоінтенсивних гібридів

дів, що вирощуються в умовах зрошення або достатнього зволоження, оптимальна густина може бути вищою для оптимізації врожаю з одиниці площі.

Аспектам впливу технологій вирощування, зокрема густоти посіву на специфічні характеристики гібридів, присвячені міжнародні публікації таких авторів, як A. Mijić, T.C. Tomasi, G.F. Nardón, R. Puttha, E. Shahini з колегами [16–20]. Зокрема, у своєму дослідженні впливу оптимізації густоти посіву гібридів соняшника на врожайність зерна, вміст та вихід олії, A. Mijić [16] дійшов висновку, що максимального врожаю в цій технології можна досягти виключно за умов належного ґрунтового живлення. Дослідження G. F. Nardón зі співавт. [18] розширює це розуміння, акцентуючи увагу не лише на густоті, а й на нормі висіву в умовах нульового обробітку ґрунту. Їхні результати свідчать, що просторове розміщення рослин істотно позначається на схожості та, як наслідок, на загальну врожайність. За даними R. Puttha та співавт. [19], генетичний потенціал гібридів має вагоме значення у їхній реакції на густоту посіву. Адже технології виробництва гібридного насіння постійно вдосконалюються, а кожен гібрид має унікальні характеристики, які визначають його адаптивність до умов вирощування. Це пояснюється дослідженням E. Shahini з колегами [20], які за допомогою багатомірного аналізу встановили, що реакція гібридів соняшника на чинники довкілля є варіативною. Їхня робота підкреслює необхідність індивідуального підходу до кожного гібрида під час розробки оптимальних агротехнологій. Отже, аналіз міжнародних наукових джерел свідчить про багатоаспектність проблеми та показує, що для досягнення високої продуктивності соняшника необхідно враховувати взаємодію густоти посіву, генетичних особливостей гібридів та специфічних умов навколишнього середовища.

Крім того, в Україні, вкрай важливи є питання оптимізації густоти посіву соняшника, зважаючи на значні сільськогосподарські площі під цією культурою у посушливих умовах південних та східних

регіонів. Роботами вітчизняних вчених, зокрема Л.В. Пелех та О.М. Онуфрійчук [21], О. Андрієнко [22], В.Д. Паламарчук та В.Ф. Підлубного [23], що вивчають адаптацію нових гібридів до різної густоти посіву в умовах України, підтверджено, що сучасні гібриди соняшника мають вищу пластичність та здатність адаптуватися до ширшого діапазону густоти порівняно з попередніми сортами. Особлива увага у праці В.В. Борисенко зі співавт. [24] приділяється визначенню впливу густоти на елементи структури врожаю (діаметр кошика, маса 1000 насінин, олійність) та їх взаємозв'язок з урожайністю в умовах нестабільного зволоження.

Автори О. Тимчишин та ін. [25] узагальнили вплив елементів технології вирощування, зокрема висоти рослин і діаметра кошиків, на продуктивність різностиглих гібридів соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь. Своєю чергою, Г.В. Пінковський і С.П. Танчик [26] зосередились на управлінні продуктивністю соняшника залежно від строків сівби та густоти стояння в посушливих умовах Правобережного Степу України, що безпосередньо відображає проблематику нашого дослідження. Ці аспекти були деталізовані в публікації І.М. Когут з колегами [27], які дослідили продуктивність гібридів соняшника залежно від густоти стояння рослин за різних строків сівби та підкреслили необхідність комплексного підходу до оптимізації технології. Незважаючи на значні обсяги досліджень, недостатньо опрацьованими залишаються питання щодо адаптації гібридів соняшника до екстремальних погодних умов, а також розробки сортів, які поєднують високу потенційну врожайність з підвищеною стресостійкістю до загущення та дефіциту вологи. Тому наші дослідження спрямовані на вивчення фізіологічних та генетичних механізмів, що лежать в основі реакції рослин соняшника на густоту посіву.

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові дослідження проводили в умовах Лівобережного Лісостепу України

на дослідному полі ТОВ «Поле Знань» (с. Циганське Полтавського р-ну Полтавської обл.) впродовж двох вегетаційних періодів: у 2023 р. за сприятливих погодних умов та в 2024 р. в умовах посухи. Ґрунт — чорнозем типовий малогумусний. Аналізували вплив різної густоти посіву на формування висоти рослин, діаметра кошика та продуктивність чотирьох гібридів сояшника: Ґрут (Clearfield) (далі — Ґрут), Тор Сумо 7+ (Sumo) (далі — Тор Сумо), Старк 7+ (Sumo) (далі Старк) та Авалон 7+ (classic) (далі — Авалон). Схему польового досліджу наведено в *табл.*

Обліки, вимірювання та супутні спостереження виконували згідно з методикою проведення польових дослідів та методикою державного сорто випробування. Зокрема, середню площу листків, як важливий індикатор фотосинтетичної ефективності рослини, оцінювали класичним методом вирізання та зважування (методом площин). Середній діаметр кошика сояшника, що є прямим індикатором продуктивності та життєздатності рослини, визначали лінійкою на вибірці з 20–30 повністю дозрілих рослин. Середню висоту рослин сояшника, що слугує індикатором конкуренції за світло та загального розвитку, виявляли прямими вимірюваннями. Для цього на дослідних ділянках відбирали репрезентативну вибірку рослин та за допо-

могою рулетки вимірювали їхню висоту від поверхні ґрунту до верхньої точки кошика. Вимірювання висоти рослин (см) проводилися за різних варіантів густоти посіву, яка варіювалася від 30 до 120 тис. шт./га. Усі вимірювання здійснювали на репрезентативних ділянках з урахуванням трикратної повторності досліджу. Для статистичної обробки отриманих даних застосовували дисперсійний аналіз, що дало змогу встановити достовірність впливу густоти посіву на показники продуктивності.

**РЕЗУЛЬТАТИ
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

Вплив густоти посіву на висоту рослин гібридів сояшника. За результатами дослідження середньої висоти рослин гібридів сояшника (Ґрут, Тор Сумо, Старк, Авалон) залежно від густоти посіву оцінено адаптивність та ростові характеристики гібридів у різних погодних умовах (сприятливі у 2023 р. та посушливі у 2024 р.). Аналіз усереднених даних засвідчив про значну варіабельність висоти рослин серед досліджуваних гібридів сояшника, а також залежність цього показника від густоти посіву (*рис. 1*).

Зокрема, гібрид Ґрут зафіксував стійку тенденцію до збільшення висоти рослини зі зростанням густоти посіву. Мінімальну висоту 167,0 см відмічено за густоти стояння рослин 30 тис. росл./га, а максимальну — 180,0 см за густоти 120 тис. росл./га. Це свідчить про високу пластичність гібрида Ґрут та його здатність ефективно конкурувати за ресурси в умовах підвищеної густоти, що є важливим показником в умовах зміни клімату.

Гібрид Тор Сумо характеризується найменшою висотою серед усіх досліджуваних гібридів. Його висота коливається від 125,5 см (30 тис. росл./га) до 145,5 см (100 тис. росл./га). На відміну від сорту Ґрут, спостерігається інша динаміка: після досягнення максимуму за 100 тис. росл./га, висота дещо знижується з подальшим збільшенням густоти посіву (до 135,0 см за 120 тис. росл./га). Це може вказувати на його схильність до пригнічення або ви-

Схема польового досліджу

Гібрид	Густота посіву, тис. шт./га	Ширина міжряддя, см	Умовний розподіл насіння, шт./м ²
Ґрут Тор Сумо Старк Авалон	30	70	2,1
	40	70	2,8
	50	70	3,5
	60	70	4,2
	70	70	4,9
	80	70	5,6
	90	70	6,3
	100	70	7,0
	110	70	7,7
	120	70	8,4

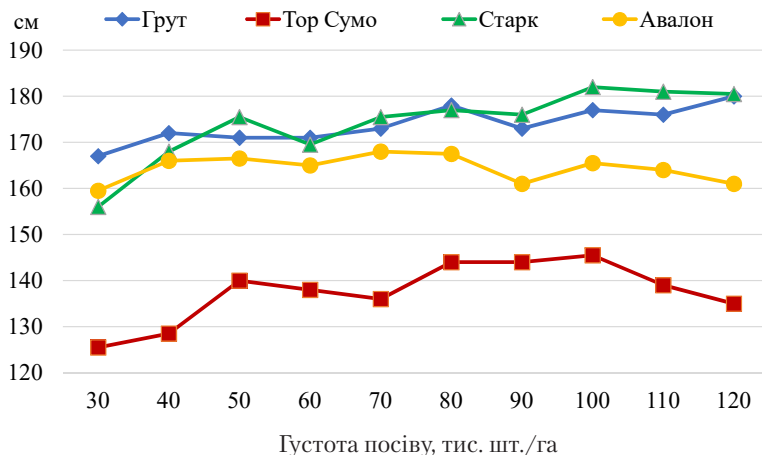


Рис. 1. Середня висота рослин гібридів соняшника залежно від густоти посіву, см (середнє за 2023–2024 рр.)

лягання за дуже високої густоти, особливо в умовах водного стресу.

Гібрид Старк демонструє стабільне збільшення висоти рослин із підвищенням густоти посіву, досягаючи піку в 182,0 см (100 тис. росл./га). Цей гібрид належить до високорослих і характеризується підвищеною реакцією на збільшення густоти, що може бути пов'язано з його високим потенціалом росту та стійкістю до вилягання, навіть за умов дефіциту вологи.

Гібрид Авалон має відносно стабільну висоту рослин у діапазоні від 159,5 см до 168,0 см. Максимальне значення (168,0 см) спостерігається за густоти стояння 70 тис. росл./га. З подальшим посиленням густоти посіву висота дещо зменшується (до 161,0 см за 90 та 120 тис. росл./га), що може свідчити про його меншу толерантність до надмірного загущення порівняно з гібридами Грут та Старк, особливо в умовах стресу (2024 р.).

Загалом, результати підтверджують, що зростання показника густоти посіву переважно призводить до збільшення висоти рослин соняшника через посилення конкуренції за світло. Однак, ця реакція є гібридоспецифічною і може бути модифікована погодними умовами. Гібриди Грут та Старк виявилися більш адаптованими до ущільнених посівів, зберігаючи значну

висоту навіть у посушливих умовах, що є важливою ознакою для сучасного агро-виробництва.

Проведено корелятивний аналіз та визначено, що для більшості гібридів простежується позитивна кореляція між густотою посіву та висотою рослин. Такий аналіз допомагає обґрунтувати адаптивний потенціал гібридів в умовах зміни клімату. Це пояснюється посиленням конкуренції за світло за збільшення кількості рослин на одиницю площі, що стимулює витягування стебла.

Встановлені високі позитивні значення коефіцієнтів кореляції Пірсона (r) для гібридів Грут ($r=0,873$) та Старк ($r=0,855$) підтверджують їхню здатність до витягування стебла соняшника в умовах загущення. Ці показники кореляції свідчать про високу пластичність гібридів. Така властивість є важливою перевагою, оскільки дає можливість гібридам ефективно реалізовувати потенціал урожайності. Вони здатні до цього навіть за умов відхилення від рекомендованої густоти або за вирощування в регіонах із нестабільним зволоженням, де загущення може бути ефективною стратегією для збереження вологи.

Помірна кореляція для гібрида Тор Сумо ($r=0,592$) демонструє не менш виражену реакцію на зміну густоти посіву.

Його висота зростає незначно зі збільшенням густоти, а за дуже високих значень (110–120 тис. росл./га) навіть спостерігається тенденція до її зниження. Така властивість може вказувати на середню пластичність та обмежену здатність цього гібрида до адаптації в умовах загушення, що робить його більш чутливим до відхилень від оптимальної густоти посіву.

Практично відсутня негативна кореляція для Авалона ($r = -0,112$) свідчить про його обмежену реакцію на загушення щодо висоти та низьку пластичність, оскільки він практично не реагує на зміну густоти посіву збільшенням висоти. Це може бути пов'язано з іншими адаптивними механізмами або чутливістю до стресу та потребує більш точного дотримання рекомендованої густоти посіву.

Отже, за даними отриманих результатів дослідження встановлено, що для гібридів Грут та Старк оптимальний діапазон густоти посіву для досягнення максимальної висоти лежить у межах 80–120 тис. росл./га. Це вказує на їхню придатність для інтенсивних технологій вирощування, де висока густота може бути виправданою з точки зору формування врожаю. Для гібрида Авалон оптимальна густота для формування максимальної висоти знаходиться в діа-

пазоні 50–80 тис. росл./га. Подальше збільшення густоти не призводить до значного приросту висоти, а може навіть негативно впливати на інші показники продуктивності. Для гібрида Тор Сумо максимальна висота одержано за густоти 100 тис. росл./га, але загалом його висота є значно меншою порівняно з іншими гібридами. Це може вказувати на необхідність підбору інших агротехнічних прийомів для цього гібрида, або його використання в умовах, де низькорослість є перевагою (наприклад, для уникнення вилягання).

Вплив густоти посіву на діаметр кошика гібридів соняшника. Діаметр кошика є одним з основних елементів структури врожаю, що безпосередньо корелює з кількістю та якістю насіння. Дослідження проведено для виявлення оптимальної густоти посіву, що забезпечує максимальний розвиток кошика для кожного гібрида соняшника в умовах зміни клімату.

Аналіз усереднених даних показника діаметра кошика гібридів соняшника (середні показники за 2023–2024 рр.) засвідчив чітку зворотну залежність між густотою посіву та діаметром кошика для більшості досліджуваних гібридів соняшника (рис. 2).

Так, гібрид Грут за мінімальної густоти посіву (30 тис. росл./га) формує кошик

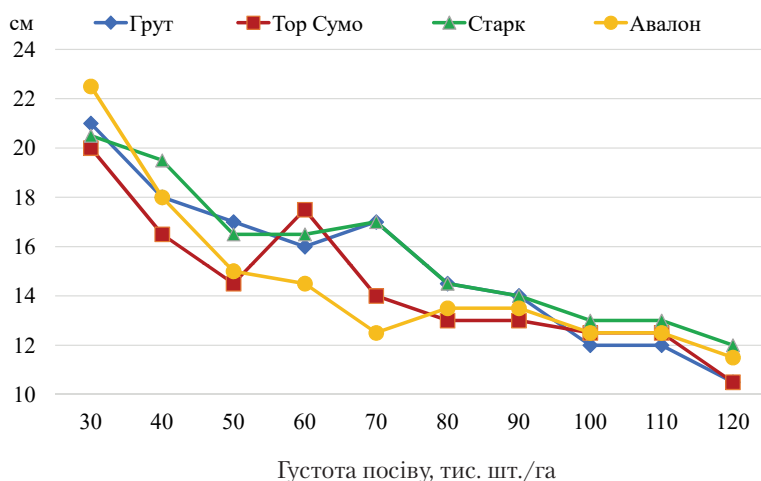


Рис. 2. Середній діаметр кошика гібридів соняшника залежно від густоти посіву, см (середнє за 2023–2024 рр.)

діаметром 21,0 см, що є одним із найбільших показників. Зі збільшенням густоти посіву діаметр кошика поступово зменшується, досягаючи мінімального значення 10,5 см за 120 тис. росл./га. Це свідчить про його високу пластичність та здатність формувати великий кошик за оптимальних умов, але також і про чутливість до загушення.

Гібрид Тор Сумо засвідчив про дещо іншу динаміку. За густини стояння рослин 30 тис. шт./га, його кошик становить 20,0 см. Відмічено, що за густоти 60 тис. росл./га спостерігається невелике збільшення діаметра до 17,5 см, після чого відбувається типове зменшення до 10,5 см (за 120 тис. росл./га). Ця особливість може вказувати на певну толерантність до помірного загушення або на специфічну реакцію на конкуренцію.

Гібрид Старк за густоти 30 тис. росл./га формує кошик діаметром 20,5 см. Його реакція на збільшення густоти є типовою: поступове зменшення діаметра до 12,0 см за 120 тис. росл./га. Цей гібрид показує стабільну, хоча й негативну, кореляцію між густотою посіву та розміром кошика.

Гібрид Авалон виділяється найбільшим діаметром кошика за мінімальної густоти посіву (22,5 см за 30 тис. росл./га). Однак, зі збільшенням густоти, діаметр його кошика зменшується найбільш різко серед усіх гібридів, досягаючи 12,5 см вже за 70 тис. росл./га і далі знижується до 11,5 см за 120 тис. росл./га. Це може свідчити про його високий потенціал за оптимальних умов, а також про високу чутливість до конкуренції, особливо у посушливих умовах.

Усереднення даних за 2023 (сприятливі умови) та 2024 (посушливі умови) роки допомагає оцінити загальну тенденцію. Очевидно, що в посушливих умовах діаметр кошика був меншим через водний стрес. Тому, представлені значення відображають середню реакцію гібридів на густоту посіву в умовах різної вологозабезпеченості. Гібриди, які зберігають відносно більший діаметр кошика за підвищеної густоти навіть за усередненими показниками, можуть

бути більш адаптованими до стресових умов.

Проведений аналіз кореляційної залежності діаметра кошика від густоти посіву засвідчив, що для всіх гібридів спостерігається чітка негативна кореляція між цими показниками (для гібридів Грут — $r = -0,963$; Тор Сумо — $r = -0,898$; Старк — $r = -0,957$; Авалон — $r = -0,958$), що дає можливість обґрунтувати адаптивний потенціал гібридів в умовах зміни клімату. А саме: зі збільшенням кількості рослин на одиницю площі посилюється внутрішньовидова конкуренція за ключові ресурси — світло, вологу та елементи живлення. Це зумовлено тим, що кожна окрема рослина отримує менше ресурсів, що призводить до зменшення її індивідуальних розмірів, включаючи діаметр кошика. Висока обернена кореляційна залежність для гібридів соняшника демонструє його високу чутливість.

Аналіз показує, що найбільший діаметр кошика для всіх гібридів формуються за мінімальної густоти посіву (30–40 тис. росл./га). Це підтверджує, що для реалізації генетичного потенціалу гібридів щодо розміру кошика, необхідно забезпечити рослинам достатній простір та доступ до ресурсів. Однак, із практичної точки зору, надто низька густота може призвести до недобору врожаю з одиниці площі. Тому важливо знайти оптимум між індивідуальним розвитком кошика та загальною продуктивністю агроценозу.

Усереднені дані пояснюють, що гібриди Грут і Старк проявляють найкращу адаптивність та стресостійкість до посушливих умов, підтримуючи відносно стабільний діаметр кошика навіть за підвищення густоти посіву.

Вплив густоти посіву на площу листової поверхні гібридів соняшника. Площа листової поверхні, як основний показник фотосинтетичної активності рослин, безпосередньо впливає на формування врожаю. За результатами аналізу дії густоти посіву на площу листової поверхні гібридів соняшника (середні показники за 2023–2024 рр.) встановлено оптимальні значення цього

чинника для кожного гібрида (Грут, Тор Сумо, Старк, Авалон), що допомагає максимально реалізувати їхній генетичний потенціал за різних погодних умов.

Проведений аналіз засвідчив чітку зворотну залежність між густиною посіву та площею листкової поверхні для всіх досліджуваних гібридів соняшника (рис. 3). Така реакція є очікуваною, оскільки збільшення кількості рослин на одиницю площі посилює конкуренцію за світло, воду та поживні речовини, що призводить до зменшення індивідуальної площі листків кожної рослини.

Встановлено, що гібрид Грут за мінімальної густоти посіву (30 тис. росл./га) формує значну площу листкової поверхні — 54,0 дм². Зі збільшенням густоти посіву площа листкової поверхні поступово зменшується, досягаючи мінімального значення 16,5 дм² за 120 тис. росл./га. Це свідчить про те, що цей гібрид характеризується високим потенціалом формування асиміляційного апарату за оптимальних умов, водночас є чутливим до загущення.

Гібрид Тор Сумо характеризується відносно меншою площею листкової поверхні порівняно з Грутом та Авалоном. Максимальна площа листкової поверхні становить 38,0 дм² за густоти стояння 30 тис. росл./га, а мінімальна — 9,0 дм² за 120 тис. росл./га. Спостерігається стабільне зни-

ження площі листкової поверхні зі зростанням густоти посіву соняшника.

Гібрид Старк за густоти посіву 30 тис. росл./га формує площу листкової поверхні 34,5 дм². Як і для інших гібридів простежується зменшення площі листкової поверхні за збільшення густоти посіву, сягаючи значення 11,5 дм² за 120 тис. росл./га.

Про високий потенціал фотосинтетичної активності за оптимальних умов свідчить площа листкової поверхні гібрида Авалон 54,5 дм² (за 30 тис. росл./га). Однак досить різке зменшення асиміляційної площі до 10,0 дм² зі збільшенням густоти посіву до 120 тис. росл./га вказує на високу чутливість гібрида до конкуренції за ресурси в умовах загущення.

Виявлено обернену кореляційну залежність між густиною посіву та площею листкової поверхні для всіх досліджуваних гібридів соняшника: Грут — $r = -0,983$; Тор Сумо — $r = -0,993$; Старк — $r = -0,980$; Авалон — $r = -0,940$. Такі показники свідчать про посилення внутрішньовидової конкуренції гібридів соняшника за світло, воду та поживні речовини, що призводить до зменшення розмірів індивідуального асиміляційного апарату кожної рослини. Адже пластичність гібридів до зміни густоти посіву визначається його здатністю адаптувати свої морфологічні ознаки, зокрема площу листків, до змін умов вирощування.

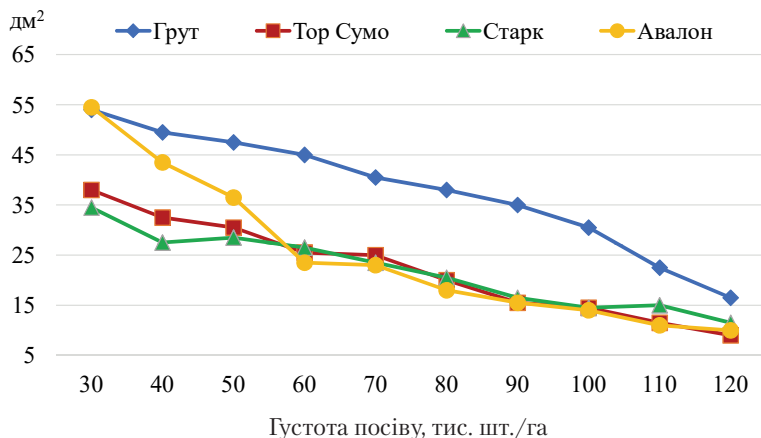


Рис. 3. Середня площа листків гібридів соняшника залежно від густоти посіву, дм² (середнє за 2023–2024 рр.)

Вплив густоти посіву на продуктивність гібридів соняшника. Оскільки врожайність є інтегральним показником, що відображає ефективність вирощування культури та безпосередньо впливає на економічну доцільність виробництва, проведено аналіз, що допомагає виявити найкращу густоту посіву для кожного гібрида для оптимального використання їх генетичного потенціалу за різних погодних умов.

Аналіз урожайності гібридів соняшника залежно від густоти посіву (2023–2024 рр.) засвідчив, що для більшості гібридів спостерігається криволінійна залежність з наявністю оптимальної густоти. Після досягнення піку врожайність починає знижуватися за подальшого загушення рослин соняшника (рис. 4).

Встановлено поступове збільшення врожайності гібрида Грут від 2,7 т/га (30 тис. росл./га) до максимуму 3,3 т/га (70 тис. росл./га). Подальше загушення спричинило зниження врожайності до 2,5 т/га (120 тис. росл./га). Це вказує на оптимальну густоту для Грута в діапазоні 60–70 тис. росл./га. Для гібрида Тор Сумо також відмічено зростання врожайності від 2,5 т/га (30 тис. росл./га) до максимуму 3,1 т/га (70–80 тис. росл./га). Після цього врожайність зменшується до 2,4 т/га (120 тис.

росл./га). Оптимальна густота для гібрида Тор Сумо знаходиться в діапазоні 70–80 тис. росл./га, що дещо вище, ніж для гібрида Грут. Схожа динаміка відмічена для гібрида Старк: урожайність збільшується від 2,6 т/га (30 тис. росл./га) до максимуму 3,2 т/га (70–80 тис. росл./га). Подальше загушення призводить до зниження врожайності до 2,5 т/га (120 тис. росл./га). Для гібрида Авалон найвища врожайність спостерігається за густоти 30 тис. росл./га (2,8 т/га), яка досягає максимуму 3,1 т/га за 60–70 тис. росл./га. Однак, його урожайність зменшується дуже різко за подальшого збільшення густоти, досягаючи мінімального значення 2,3 т/га за 120 тис. росл./га. Це вказує на його більшу чутливість до загушення порівняно з іншими гібридами.

Проведений кореляційний аналіз залежності врожайності соняшника від густоти посіву підтвердив, що для всіх гібридів соняшника простежується помірна або слабка кореляція між цими чинниками, яка відображає криволінійний характер залежності (зростання до оптимуму, потім зниження). Числові показники коефіцієнта кореляції Пірсона (r) між густотою посіву та урожайністю для кожного гібрида є такими: Грут — $r = -0,052$, Тор

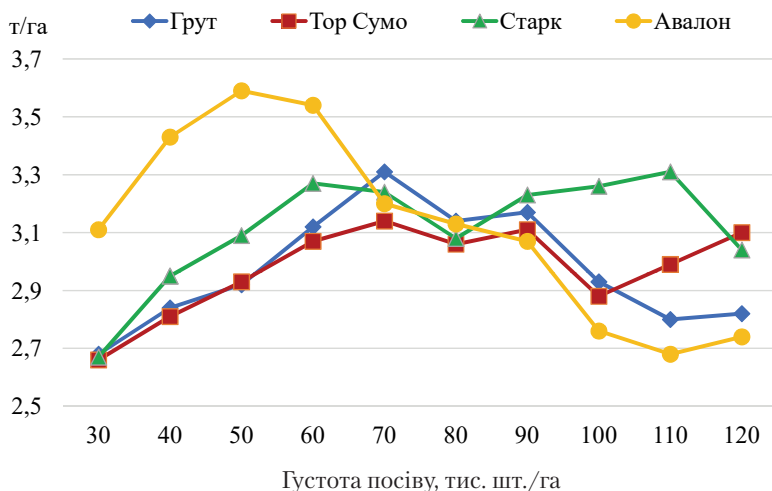


Рис. 4. Урожайність гібридів соняшника залежно від густоти посіву, т/га (середнє за 2023–2024 рр.)

Сумо — $r=0,053$, Старк — $r=0,053$, Авалон — $r=-0,292$. Низькі значення коефіцієнтів кореляції (близькі до нуля) свідчать, що лінійна модель не повністю описує взаємозв'язок між густотою посіву та врожайністю соняшника. Це пояснює наше припущення, що врожайність гібридів не просто зростає або знижується з густотою посіву, а проходить через оптимальне значення кількості висіву рослин на гектар, за якої врожайність буде максимальною. Від'ємна кореляція для Грута та Авалона свідчить про переважання ефекту зниження урожайності після оптимуму.

На основі отриманих результатів виділено оптимальні діапазони густоти посіву, які є важливими для практичного застосування. А саме: для гібрида Грут оптимальна густина для максимальної врожайності становить 60–70 тис. росл./га; для гібридів Тор Сумо та Старк цей діапазон сягає 70–80 тис. росл./га; для гібрида Авалон — 60–70 тис. росл./га, але з більш вираженим зниженням за подальшого загущення. Одержані показники фіксують гібридоспецифічність оптимальної густоти посіву соняшника, що необхідно враховувати під час планування сівби.

Отже, взаємозв'язок урожайності гібридів соняшника з іншими морфологічними показниками (діаметр кошика та площа листків) підтверджує, що ці морфологічні ознаки є елементами структури врожаю, і їх сукупна реакція на густоту посіву визначає кінцеву продуктивність. Оптимальна густина обумовлюється балансом між кількістю рослин на одиницю площі та індивідуальним розвитком кожної рослини. Отримані результати дослідження відображають реакцію гібридів на густоту посіву в умовах різної вологозабезпеченості (сприятливі у 2023 р. та посушливі у 2024 р.) через водний стрес. Гібриди соняшника, які зберігають відносно вищу врожайність за підвищеної густоти посіву, можуть бути більш адаптованими до стресових умов.

ВИСНОВКИ

Оптимальна густина посіву соняшника для досягнення максимальної висоти рос-

лин значно варіює залежно від гібрида. Для гібридів Грут та Старк найбільш сприятливим є діапазон густоти 80–120 тис. росл./га, що підкреслює їх пристосованість до інтенсивних агротехнологій. Для чутливого до загущення гібрида Авалон максимальна висота формується за густоти 50–80 тис. росл./га, а для низькорослого гібрида Тор густина стояння рослин 100 тис. росл./га є перевагою, що забезпечує уникнення вилягання.

Найбільший діаметр кошика соняшника, як важливий індикатор реакції гібридів на густоту посіву та рівень вологозабезпеченості, для всіх гібридів утворюється за мінімальної густоти посіву (30–40 тис. росл./га). Це пояснює про необхідність надання рослинам достатнього простору для повного розкриття їхнього генетичного потенціалу. Гібриди Грут і Старк засвідчили кращу адаптивність та стійкість до стресових умов порівняно з гібридами Тор Сумо і Авалон. Вони зберігають відносно більший діаметр кошика навіть за підвищеної густоти, що доводить їхню придатність для вирощування в умовах інтенсивних технологій та нестабільної вологозабезпеченості.

Зменшення площі листової поверхні, як індикатора фотосинтетичної активності та чутливості гібридів соняшника Грут, Тор Сумо, Старк та Авалон, обернено корелює зі збільшенням густоти посіву (коефіцієнт Пірсона коливається в межах $r=-0,940\dots-0,993$). Це обумовлено посиленням внутрішньовидової конкуренції за ресурси. Найбільш чутливим до загущення виявився гібрид Авалон з найбільшою площею листової поверхні за мінімальної густоти (54,5 дм²/росл. за 30 тис. росл./га), що свідчить про його високий потенціал та обмежену пластичність до загущення. Вищою адаптивністю і стресостійкістю характеризуються гібриди Грут, Тор Сумо та Старк, які зберігають відносно більшу площу листової поверхні за підвищеної густоти.

Максимальну врожайність гібридів соняшника Грут та Авалон забезпечує діапазон густоти посіву 60–70 тис. росл./га, тоді як для Тор Сумо і Старк він сягає 70–80 тис. росл./га.

Гібриди соняшника, які зберігають відносно високу продуктивність за підвищеної густоти, є більш адаптованими до стресових умов. Для одержання максимально-го врожаю необхідно враховувати не лише оптимальну кількість рослин на гектар,

а й їхню здатність формувати елементи структури врожаю (діаметр кошика, площа листків, висоту рослин) в умовах інтенсивної конкуренції, зміни клімату та вологозабезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Польовий, А. М., Божко, Л. Ю., & Барсукова, О. А. (2022). Агрокліматичні аспекти продуктивності соняшника Одещині в умовах потепління клімату. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, 5(44), 249–254. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.38>.
2. Kozina, T., Ovcharuk, O., Trach, I., Levytska, V., Ovcharuk, O., Hutsol, T., ... Dziedzic, K. (2018). Spread mustard and prospects for biofuels. In *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017* (pp. 791–799). Cham: Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72371-6_77.
3. Рослинництво України 2021. Статистичний збірник (2022). Київ: Державна статистика України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
4. Yeremenko, O. A., Kalytko, V. V., Kalenska, S. M., & Malkina, V. M. (2018). Assessment of ecological plasticity and stability of sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) in Ukrainian Steppe. *Ukrainian Journal of Ecology*, (1), 289–296. DOI: https://doi.org/10.15421/2018_214.
5. Костюкевич, Т. К., Данілова, Н.В., Колосовська, В. В., & Корень, В. В. (2023). Сучасний стан та перспективи виробництва основних олійних культур в Україні. In: *Creative approaches in modern scientific and practical activities: collective monograph* (pp. 9–15). GS publishing service, California, USA. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9866-95990-2023-013>.
6. Abas, S. A., Abdulhamed, Z. A., & Abood, N. M. (2025). Impact of climate change on the growth, yield, and sunflower cultivar performance under the influence of plant density. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences*, 56(Special), 10–19. DOI: <https://doi.org/10.36103/9z5web62>.
7. Melnyk, A., Akuaku, J., & Makarchuk, A. (2017). State and prospects of sunflower production in Ukraine. *Agrofor International Journal*, 2(3), 116–123. DOI: <https://doi.org/10.7251/AGRENG1703116M>.
8. Поляков, О. І., Нікітенко, О. В., & Сорока, А. І. (2022). Продуктивність гібридів соняшнику залежно від густоти стояння рослин за різних строків сівби. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*, 32, 99–111. DOI: <https://doi.org/10.36710/IOC-2022-32-10>.
9. Каламбет, В. В. (2025). Формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від агротехнічних прийомів. *Scientific Progress & Innovations*, 28(2), 81–86. DOI: <https://doi.org/10.31210/spi2025.28.02.13>.
10. Kandil, A. A., Sharief, A. E., & Odam, A. M. A. (2017). Response of some sunflower hybrids (*Helianthus annuus* L.) to different nitrogen fertilizer rates and plant densities. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 2(6), 238990. DOI: <http://dx.doi.org/10.22161/ijeab/2.6.26>.
11. Giannini, V., Mula, L., Carta, M., Patteri, G., & Roggero, P. P. (2022). Interplay of irrigation strategies and sowing dates on sunflower yield in semi-arid Mediterranean areas. *Agricultural Water Management*, 260, 107287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107287>.
12. Soothar, R. K., Singha, A., Soomro, S. A., Chachar, A. U. D., Kalhor, F., & Rahaman, M. A. (2021). Effect of different soil moisture regimes on plant growth and water use efficiency of Sunflower: experimental study and modeling. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 121. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00580-4>.
13. Haj Sghaier, A., Khaeim, H., Tarnawa, A., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2023). Germination and seedling development responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds to temperature and different levels of water availability. *Agriculture*, 13(3), 608. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13030608>.
14. Muhammed, S. A., Ahmed, S. M., Mustafa, K. M., Ahmed, R. M., Mustafa, K. F., & Ibrahim, D. M. (2025). Influence of plant densities and sowing conditions on Sunflower cultivars yield under semi-arid conditions. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*, 12(1), 175–195. DOI: <https://doi.org/10.59658/jkas.v12i1.3280>.
15. Dong, S., Wang, G., Li, X., & Kang, Y. (2023). A Trade-Off between the Growing Performance and Sowing Density of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Fertigation in an Arid Saline Area. *Agronomy*, 13(1), 179. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy13010179>.
16. Mijić, A., Liović, I., Sudarić, A., Gadžo, D., Duvnjak, T., Šimić, B., ... Markulj Kulundžić, A. (2021). Influence of plant density and hybrid on grain yield, oil content and oil yield of sunflower. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 86(1), 27–33. URL: <https://hrca.srce.hr/255025>.
17. Tomasi, T. C., Reis, L. C., Taira, T. L., Soares, J. S., Tomiozzo, R., Uhlmann, L. O., ... Sorgato, J. C. (2024). Plant density and location: optimization of growth and quality of cut sunflower in tropical and subtropical environments. *Plants*, 13(19), 2810. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13192810>.
18. Nardón, G. F., Botta, G. F., Aikins, K. A., Rivero, D., Bienvenido, F., & Antille, D. L. (2021). Seeding

- system configuration effects on sunflower seedling emergence and yield under no-tillage. *Soil Systems*, 5(4), 72. DOI: <https://doi.org/10.3390/soilsystems5040072>.
19. Puttha, R., Venkatachalam, K., Hanpakdeesakul, S., Wongsu, J., Paramethanuwat, T., Srean, P., ... Charoenphun, N. (2023). Exploring the potential of sunflowers: agronomy, applications, and opportunities within bio-circular-green economy. *Horticulturae*, 9(10), 1079. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079>.
 20. Shahini, E., Myalkovsky, R., Nebaba, K., Ivanyshyn, O., & Liubytka, D. (2023). Economic and biological characteristics and productivity analysis of sunflower hybrids. *Scientific Horizons*, 26(8), 83–95. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor8.2023.83>.
 21. Пелех, Л. В., & Онуфрійчук, О. М. (2025). Особливості густоти стояння рослин соняшнику. *Аграрні інновації*, (29), 107–112. DOI: <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.18>.
 22. Andriienko, O., Vasylovskaya, K., Andriienko, A., Vasylovskiy, O., Mostipan, M., & Salo, L. (2020). Response of sunflower hybrids to crop density in the steppe of Ukraine. *Helia*, 43(72), 99–111. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2020-0011>.
 23. Паламарчук, В. Д., & Підлубний, В. Ф. (2021). Продуктивність гібридів соняшнику залежно від елементів технології вирощування. *Сільське господарство та лісівництво*, 3(22), 29–44. DOI: <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2021-3-3>.
 24. Борисенко, В. В., Карнаух, О. Б., Накльока, Ю. І., Новак, А. В., Усик, С. В., & Коваль, Г. В. (2020). Вплив висоти рослин і діаметру кошиків на продуктивність соняшника залежно від густоти посіву та ширини міжрядь. *Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки*, 28–34. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.113.4>.
 25. Tymchyshyn, O., Rudavska, N., & Behen, L. L. (2021). Prospects of sunflower growing and the influence of plant density on productivity. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*, 70(2), 73–83. DOI: [https://doi.org/10.32636/01308521.2021-\(70\)-2-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2021-(70)-2-6).
 26. Pinkovskyi, H., & Tanchyk, S. (2021). Management of productivity of sunflower plants depending on terms of sowing and density of standing in arid conditions of the Right-bank Steppe of Ukraine. *Agronomy science*, 76(1), 21–38. DOI: <https://doi.org/10.24326/as.2021.1.2>.
 27. Когут, І. М., Валентюк, Н. О., & Шетінікова, Л. А. (2020). Формування продуктивності соняшнику залежно від густоти стояння рослин в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*, (112), 93–98. DOI: <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.13>.

Стаття надійшла до редакції журналу 21.08.2025