

DOI <https://doi.org/10.31359/2413.7642.2026.1.135>

УДК 633.854.78:631.527:631.811.98

Білокобильська А. І., аспірантка

beloanastasia4@gmail.com, ORCID ID 0009-0007-1843-5079

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, м. Харків, Україна

ФОРМУВАННЯ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ПОВЕРХНІ ЛІНІЙ СОНЯШНИКА ЗАЛЕЖНО ВІД ГЕНЕОТИПУ ТА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТУ І МІКРОДОБРИВАМИ

Анотація. Підвищення продуктивності соняшника значною мірою залежить від ефективності функціонування фотосинтетичного апарату, зокрема площі листкової поверхні, яка визначає інтенсивність асиміляційних процесів. Водночас рівень її формування обумовлюється як генотиповими особливостями, так і агротехнічними заходами, серед яких важливе місце займає передпосівна обробка насіння стимуляторами росту та мікродобривами. Недостатня вивченість їх впливу на різні лінії соняшника в умовах Східного Лісостепу України зумовлює актуальність досліджень. **Мета.** Встановити особливості формування фотосинтетичної поверхні ліній соняшника залежно від варіантів передпосівної обробки насіння та оцінити їх вплив на рівень урожайності. **Методи.** Польові дослідження проводили протягом 2022–2024 рр. на чорноземах типових середньогумусних слабовилужених. Об'єктами дослідження були лінії соняшника Сх17А, Сх51А та Сх808А. Схема досліду передбачала застосування різних варіантів передпосівної обробки насіння із використанням протруйників, стимуляторів росту та мікродобрив. Визначали площу листкової поверхні, урожайність, застосовували дисперсійний, кореляційний та регресійний аналізи. **Результати.** Встановлено, що фотосинтетична поверхня суттєво варіює залежно від генотипу та варіанту обробки насіння. Найвищі показники формувала лінія Сх808А, найнижчі – Сх51А. Застосування стимуляторів росту та мікродобрив сприяло збільшенню площі листкової поверхні, найбільш ефективними були варіанти з препаратами Нертус Плантапег, Нертус Старт та Райкат Старт. За результатами дисперсійного аналізу встановлено, що частка впливу генотипу становить 77%, умов року – 8%, обробки насіння – 3%. Виявлено тісний позитивний зв'язок між площею листкової поверхні та врожайністю ($r = 0,920$; $R^2 = 0,846$). Найбільший приріст урожайності забезпечили варіанти з використанням Нертус Плантапег та АКМ. **Висновки.** Формування фотосинтетичної поверхні ліній соняшника переважно визначається генотипом, який має домінуючий вплив, тоді як передпосівна обробка насіння та умови року чинять менший, але статистично достовірний ефект. Коефіцієнт регресії показує, що збільшення площі листкової поверхні на 1 тис. м²/га супроводжується зростанням урожайності в середньому на 0,055 т/га.

Ключові слова: соняшник, фотосинтетичний потенціал, лінія, стимулятори росту рослин, мікродобрива, передпосівна обробка насіння

A. Bilokobylska, post-graduate student
beloanastasia4@gmail.com, ORCID ID 0009-0007-1843-5079

Formation of the photosynthetic surface of sunflower lines depending on genotype and pre-sowing seed treatment with growth stimulants and micronutrients

Formulation of the problem. Increasing sunflower productivity largely depends on the efficiency of the photosynthetic apparatus, particularly the leaf area, which determines the intensity of assimilatory processes. At the same time, its formation is governed by both genotypic characteristics and agronomic practices, among which pre-sowing seed treatment with growth stimulants and micronutrients plays an important role. The insufficient study of their effects on different sunflower lines under the conditions of the Eastern Forest-Steppe of Ukraine determines the relevance of this research. **Purpose.** To determine the peculiarities of the formation of the photosynthetic surface of sunflower lines depending on different variants of pre-sowing seed treatment and to assess their impact on yield. **Methods.** Field experiments were conducted during 2022–2024 on typical medium-humus slightly leached chernozem soils. The objects of the study were sunflower lines Sx17A, Sx51A, and Sx808A. The experimental design included various variants of pre-sowing seed treatment using seed dressers, growth stimulants, and micronutrients. Leaf area and yield were measured, and analysis of variance, correlation, and regression analyses were applied. **Results.** It was established that the photosynthetic surface significantly varied depending on genotype and seed treatment variant. The highest values were observed in line Sx808A, while the lowest were recorded in Sx51A. The application of growth stimulants and micronutrients generally increased leaf area, with the most effective treatments involving Nertus Plantapeg, Nertus Start, and Raikat Start. According to the analysis of variance, the contribution of genotype was 77%, year conditions – 8%, and seed treatment – 3%. A strong positive correlation between leaf area and yield was revealed ($r = 0.920$; $R^2 = 0.846$). The greatest yield increase was obtained in treatments with Nertus Plantapeg and AKM. **Conclusions.** The formation of the photosynthetic surface of sunflower lines is mainly determined by the genotype, which has a dominant effect, while pre-sowing seed treatment and year conditions have a smaller but statistically significant effect. The regression coefficient shows that an increase in leaf surface area by 1 thousand m^2/ha is accompanied by an increase in yield by an average of 0.055 t/ha.

Вступ. Соняшник є однією з провідних олійних культур, продуктивність якої значною мірою визначається ефективністю функціонування фотосинтетичного апарату, зокрема площею листової поверхні. Саме вона обумовлює інтенсивність фотосинтезу та рівень накопичення органічної речовини, що безпосередньо впливає на формування врожайності. В умовах змін клімату та зростання стресових факторів важливого значення набуває пошук ефективних агротехнічних заходів, спрямованих на оптимізацію формування асиміляційного апарату рослин.

Одним із таких заходів є передпосівна обробка насіння стимуляторами росту та мікродобривами, яка сприяє активізації ростових процесів і підвищенню адаптивності рослин. Водночас ефективність її застосування значною мірою залежить від генотипу ліній

соняшника та умов вирощування, що зумовлює актуальність дослідження особливостей формування фотосинтетичної поверхні під впливом даного технологічного прийому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Площа листової поверхні є одним із ключових чинників, що визначають продуктивність рослин соняшнику, оскільки безпосередньо впливає на інтенсивність фотосинтезу та формування енергетичних ресурсів. Збільшення листової поверхні сприяє підвищенню швидкості фотосинтетичних процесів, що, у свою чергу, забезпечує оптимальні умови для росту й розвитку рослин [1–3].

Згідно досліджень Каленської та ін., встановлено, що взаємозв'язок між площею листової поверхні та врожайністю суттєво варіює залежно від генотипу гібридів соняшнику. Урожайність безпосередньо залежить від індексу листової поверхні, однак ступінь цієї залежності істотно різниться між гібридами. Зокрема, для окремих гібридів характерні дуже тісні кореляційні зв'язки (наприклад, Український F1, $r = 0,965$), тоді як для інших вони мають середній рівень (НК Ферті – $r = 0,757$; P63LL06 – $r = 0,689$; НК Бріо – $r = 0,680$) [4]. Це свідчить про те, що у певних генотипів рівень реалізації врожайного потенціалу значною мірою визначається саме інтенсивністю формування листової поверхні.

Особливо важливим є не лише формування, а й тривалість функціонування листової поверхні. Доведено, що активна асиміляційна поверхня у період наливу насіння є визначальним чинником формування кінцевої врожайності [5, 6]. Оскільки у соняшнику максимальні значення індексу листової поверхні зберігаються відносно недовго, а нижні листки швидко втрачають фотосинтетичну активність, здатність рослин підтримувати ефективну листову поверхню в генеративний період набуває особливого значення [7, 8].

Результати досліджень свідчать, що оптимальне поєднання помірної величини листової поверхні з її тривалішим функціонуванням є важливим фактором формування високої врожайності насіння та вмісту олії [9, 10]. Площа листової поверхні також широко використовується як індикатор адаптивності рослин до стресових умов. Дослідження показали, що дикорослі біотиби соняшнику характеризуються меншою редукацією листової поверхні під впливом стресових факторів порівняно з культурними формами, що свідчить про їх вищу стійкість [11, 12].

Важливу роль у формуванні листової поверхні відіграє рівень мінерального живлення. За оптимального удобрення формується більша площа листків, що сприяє підвищенню інтенсивності асиміляційних і транспіраційних процесів [13].

Встановлено, що азот, як один із провідних елементів мінерального живлення, активізує ріст листкового апарату, впливаючи на процеси формування листків і стимулюючи клітинний поділ та розтягнення клітин [14]. Встановлено також, що дробне внесення азоту із застосуванням фертигації значно підвищує ефективність його використання, забезпечуючи приріст площі листкової поверхні до 50,29 % у порівнянні з обмеженою кількістю внесень [15].

Також різними дослідженнями встановлено, що регулятори росту істотно впливають на формування листкової поверхні соняшника, причому ефект залежить від препарату та умов застосування. Встановлено, що препарат Циркон підвищує площу листків на 5320–6740 м²/га, а комбінація Mars ELVi та Endophyte L1 підвищує фотосинтетичну поверхню рослин до 33,1% відповідно до контролю [16]. На рівні рослини максимальні значення листкової поверхні (4930 см²) забезпечував сульфат кальцію, тоді як інші регулятори росту рослин формували у межах 4430–4793 см² відповідно [17], а застосування регулятора Церон підвищувало показник листкової поверхні соняшника на 5,5–10,2% відповідно [18].

Таким чином, основною метою нашого дослідження було визначення особливостей формування фотосинтетичної поверхні ліній соняшника залежно від варіантів передпосівної обробки насіння стимуляторами росту та мікродобривами, а також оцінити їх вплив на рівень урожайності.

Матеріали і методи досліджень. Експериментальні дослідження проводили на базі Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Польові досліди виконували протягом 2022–2024 рр. на типових середньогумусних слабовилужених чорноземах. Сівбу здійснювали у першій декаді травня за допомогою сівалки «Клен-2,8» із нормою висіву 60 тис. схожих насінин на гектар. Методичні підходи відповідали вимогам державного сортовипробування [19]. Обліки проводили на дослідних ділянках площею 25 м² у чотирьох повтореннях із систематичним розміщенням варіантів. Лабораторне визначення якості насіння здійснювали згідно із стандартом ДСТУ 4138-2002 [20].

Об'єктами досліджень виступали три стерильні аналоги самозапилених ліній соняшника – Сх808А, Сх51А та Сх17А. Селекції Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН.

У якості препаратів для обробки насіння ліній соняшника були використані протруйники, стимулятори росту, антистресанти та мікродобрива різного походження і напрямку їх застосування.

Схеми передпосівної обробки насіння та відповідні норми витрат препаратів у дослідженні були наступні: варіант контролю (Еталон) передбачав використання суміші препаратів Баріон та Екзор у концентрації 3,0 + 6,0 л/т. Комбінації Еталона з препаратами лінійки

Авангард застосовувалися у дозах: з Авангард Старт – 2,0 л/т; з Авангард Гроу Аміно – 1,0 л/т; а при одночасному додаванні Авангард Старт та Авангард Гроу – 2,0 + 1,0 л/т відповідно. Схеми із застосуванням препаратів фірми Нертус включали: Еталон + Нертус Старт – 0,8, Еталон + Нертус Плантапег – 0,6 л/т та їхню сумісну композицію – 0,8 + 0,6 л/т. Крім того, вивчалися варіанти поєднання Еталона з препаратами Puro tech seeds – 1,5 л/т, АКМ 0,2 л/т та Райкат Старт – 2,5 л/т.

Площу листя соняшнику визначали у фазу цвітіння. Висоту рослин визначали як відстань від поверхні ґрунту до нижнього боку кошика. Морфометричні параметри листка – довжину та ширину – вимірювали у найбільшій за протяжністю та шириною частинах сьомого листка від верхівки рослини. Площу листової пластинки (см²) обчислювали за формулою, запропонованою Л. П. Осиповою та П. П. Литуном [21].

$$S = -0.1063 - 15.6618 \times L + 17.4572 \times H + 0.574 \times L^2 + 0.0617 \times H^2$$

де S – площа листової пластинки; L – довжина листка; H – ширина листка.

Площу листя тис. м²/га визначали шляхом розрахунку листової поверхні однієї рослини та множення на середню густоту стояння на дослідній ділянці на час замірів.

Статистичну обробку отриманих результатів польових та лабораторних даних проводили у програмному середовищі Past 5.3. [22].

Результати досліджень та їх обговорення. За результатами проведеного нами польового та статистичного аналізу встановлено, що рівень фотосинтетичної поверхні істотно варіював, як між досліджуваними лініями, так і залежно від варіанту обробки насіння соняшника. У контрольному варіанті, який слугував еталоном (протруєння Баріон + Екзор) значення показника становили 15,8 ± 0,33 тис. м²/га для лінії Сх17А, 12,6 ± 4,13 тис. м²/га для Сх51А та 19,2 ± 0,69 тис. м²/га для Сх808А, відповідно у середньому за роки дослідження, що свідчить про початкові генотипові відмінності у формуванні фотосинтетичної поверхні досліджуваних ліній соняшника (табл. 1).

Таблиця 1. Формування фотосинтетичної поверхні соняшника під впливом різних варіантів обробок насіння, середнє за 2022–2024 рр., тис.м²/га

№	Варіант обробки (Фактор С)	Лінія (Фактор А)			Середнє по фактору С
		Сх17А	Сх51А	Сх808А	
1	Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (Еталон)	15,8 ±0,33	12,6 ±4,13	19,2 ±0,69	15,9
2	Еталон + Авангард Старт, 2 л/т	17,4 ±0,82	13,8 ±4,26	20,3 ±0,72	17,2
3	Еталон + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т	17,4 ±1,05	13,3 ±4,31	21,7 ±1,45	17,5
4	Еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т	18,8 ±0,31	14,2 ±4,07	20,8 ±0,45	17,9
5	Еталон + Нертус Старт, 0,8 л/т	18,8 ±1,31	13,9 ±3,81	24,2 ±3,37	19,0
6	Еталон + Нертус Плантапег, 0,6 л/т	20,0 ±1,68	14,8 ±4,50	22,8 ±2,64	19,2
7	Еталон + Нертус старт, 0,8 л/т + Нертус Плантапег, 0,6 л/т	18,4 ±0,65	14,4 ±4,55	21,4 ±0,97	18,1
8	Еталон + Rigo tech seeds, 1,5 л/т	18,2 ±0,95	14,9 ±3,93	21,1 ±0,98	18,1
9	Еталон + АКМ, 0,2 л/т	17,9 ±0,81	14,2 ±3,78	22,6 ±3,27	18,2
10	Еталон + Райкат Старт, 2,5 л/т	19,7 ±0,87	14,0 ±4,08	23,5 ±2,93	19,1
Середнє по фактору А (лінія): Сх17А– 21,8; Сх51А – 14,0; Сх808А – 18,2.					
Середнє по фактору В (рік): 2022 – 16,7; 2023 – 18,0; 2024 – 19,3.					
НІР ₀₅ фактор А (лінія) – 0,81; НІР ₀₅ фактор В (рік) – Сх51А– 0,81; НІР ₀₅ фактор С (варіант обробки) – 1,47.					

Застосування додаткових стимуляторів росту та мікродобрив при обробці насіння у більшості випадків сприяло збільшенню площі листової поверхні у середньому за 2022–2024 рр. Найбільш виражений ефект спостерігався у варіантах із препаратами лінійки Нертус та Райкат. Найбільший ефект впливу (фактор С) обробки насіння встановлено у варіанті Еталон + Нертус Плантапег – 19,2 тис. м²/га у середньому по варіанту та Еталон + Райкат Старт – 19,1 тис. м²/га у середньому по варіанту, що перевищує контроль на 3,2–3,3 тис. м²/га. Також, високі показники отримано при застосуванні Еталон + Нертус Старт – 19,0 тис. м²/га у середньому по варіанту відповідно.

Водночас комбіновані обробки, наприклад: Авангард Старт + Авангард Гроу Аміно або Нертус Старт + Нертус Плантапег, не завжди забезпечували максимальний ефект, що може свідчити про відсутність взаємодії між окремими компонентами або про їх часткове пригнічення.

Генотипова реакція ліній соняшника на обробку насіння була неоднаковою. Найвищі абсолютні значення фотосинтетичної поверхні формувала лінія Сх808А, у якої показники досягали $24,2 \pm 3,37$ тис. м²/га у варіанті Еталон + Нертус Старт, що значно перевищує інші лінії. Лінія Сх17А характеризувалася середнім рівнем розвитку листової поверхні до $20,0 \pm 1,68$ тис. м²/га при обробі Еталон + Нертус Пантапег, тоді як Сх51А стабільно формувала найменші значення ($12,6 \pm 4,13$ – $14,9 \pm 3,93$ тис. м²/га), що вказує на її генетично обмежений потенціал у формуванні фотосинтетичної поверхні.

Середні значення по фактору А підтверджують істотну роль генотипу лінії, який за період дослідження був на рівні – Сх17А – 21,8 тис. м²/га; Сх808А – 18,2 тис. м²/га; Сх51А – 14,0 тис. м²/га. Це свідчить про домінуючий вплив спадкових особливостей у формуванні фотосинтетичної поверхні.

Достовірність виявлених відмінностей підтверджується значеннями HP_{05} : для фактора А, В – 0,81 та фактора С – 1,47, що свідчить про статистично значущий вплив як генотипу, так і варіантів обробки насіння на формування фотосинтетичної поверхні.

Вплив регуляторів росту та мікродобрив на фотосинтетичну поверхню соняшника встановлено також в ряді інших досліджень та підтверджено їх ефективність [3, 7, 10, 12].

За результатами проведеного нами багатofакторного дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив має генотип (фактор А) на рівні 77 % (вірогідно при $F_{\text{факт}} > F_{05}$), що свідчить про визначальну роль спадкових особливостей у формуванні листової поверхні (рис. 1).

Варіанти передпосівної обробки насіння (фактор С) має суттєво менший ефект впливу на рівні 3 % та є статистично вірогідним (вірогідно при $F_{\text{факт}} > F_{05}$) підтверджуючи ефективність стимуляторів росту в межах генетичного потенціалу. Вплив умов року (фактор В) за результатами аналізу був на рівні 8 % відповідно (вірогідно при $F_{\text{факт}} > F_{05}$).

Взаємодії факторів мають помірну частку, але вказують на залежність ефективності обробок від генотипу та умов вирощування. Подібні результати були отримані і в інших дослідженнях [10, 23]

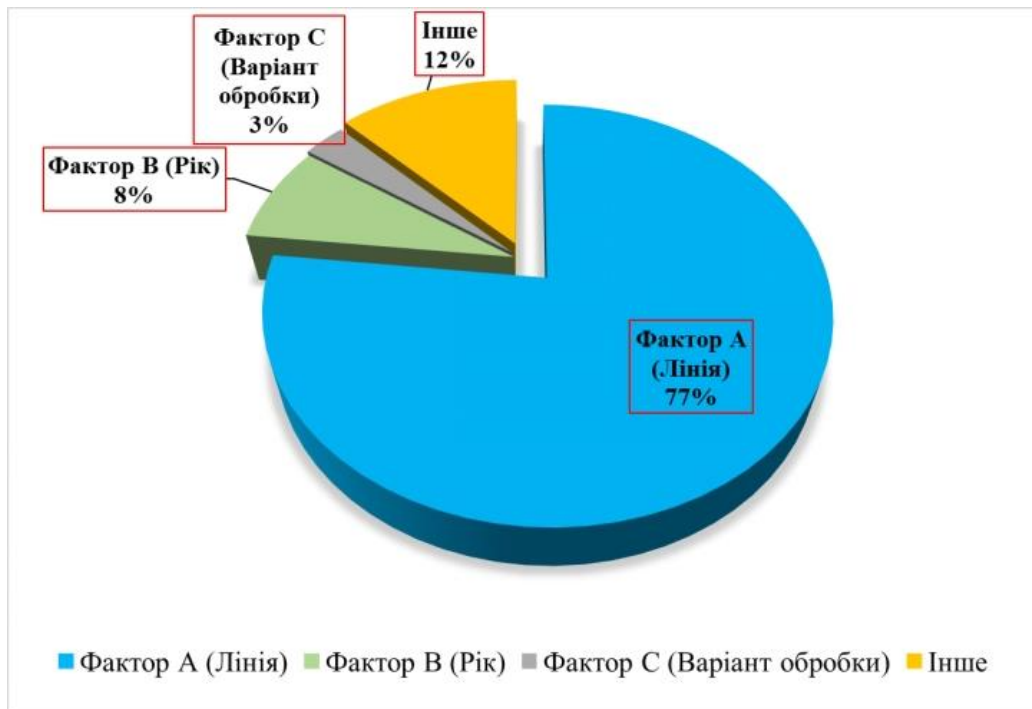


Рис. 1. Сила впливу факторів на формування фотосинтетичної поверхні ліній соняшника.

Відповідно до отриманих нами даних урожайності у середньому за роки дослідження встановлено, що всі досліджувані варіанти обробки насіння ліній соняшника забезпечували підвищення урожайності порівняно з контролем (Еталон), однак рівень приросту суттєво залежав від типу препарату. Найбільш ефективним виявився варіант із застосуванням еталон + Нертус Плантапег, 0,6 л/т на усіх досліджуваних лініях встановлено збільшення урожайності у межах від 1,07 т/га до 1,76 т/га відповідно до контрольного варіанту 0,91–1,54 т/га. Також позитивний ефект спостерігався при використанні обробки насіння у комбінації еталон + АКМ, 0,2 л/т на всіх лініях у межах 1,04–1,75 т/га відповідно (рис. 2).

Найменш виражене підвищення урожайності було нами встановлено у варіантах обробки насіння із препаратами Авангард, хоча їх застосування також перевищувало контроль але ефективність була суттєво меншою. Комбіновані варіанти обробки не завжди забезпечували додатковий приріст, що свідчить про обмежений вплив взаємодії препаратів.

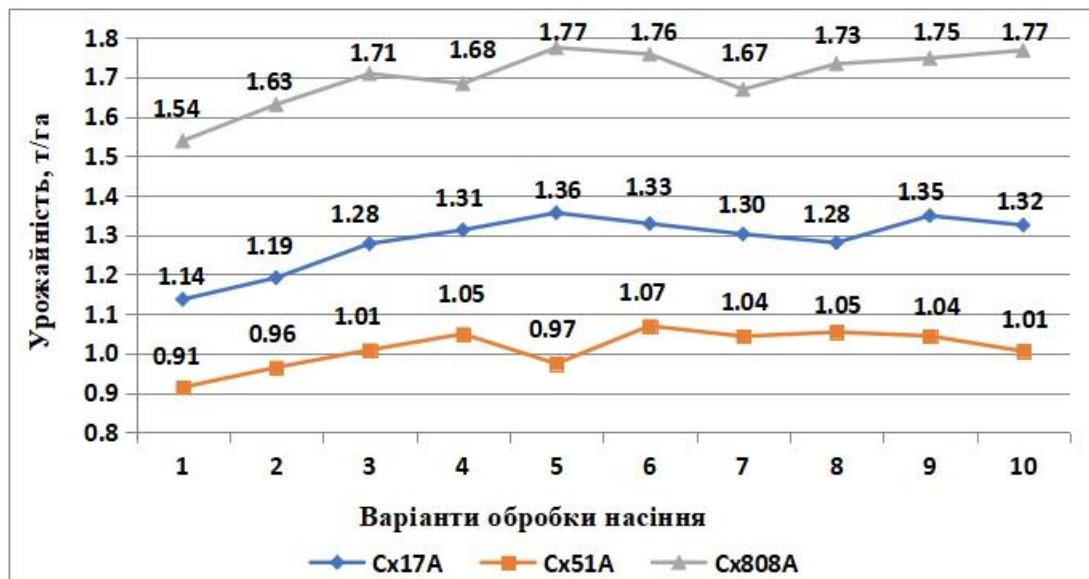


Рис. 2. Урожайність ліній сояшника залежно від варіанту обробки стимуляторами росту та мікродобривами, середнє за 2022–2024 рр.

Примітка: 1. Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (еталон); 2. еталон + Авангард Старт, 2 л/т.; 3. еталон + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т. 4. еталон + Авангард Старт, 2 л/т + Авангард Гроу Аміно, 1 л/т.; 5. еталон + Нертус Старт, 0,8 л/т.; 6. еталон + Нертус Плантапег, 0,6 л/т.; 7. еталон + Нертус старт, 0,8 л/т + Нертус Плантапег, 0,6 л/т.; 8. еталон + Puro tech seeds, 1,5 л/т.; 9. еталон + АКМ, 0,2 л/т.; 10. еталон + Райкат Старт, 2,5 л/т.

У результаті проведеного нами регресійного аналізу встановлено кількісну залежність між площею листкової поверхні та врожайністю сояшника. За результатами отриманих експериментальних даних методом найменших квадратів було побудовано лінійну модель виду: $y = 0,055x + 0,344$, де x – площа листя (тис. м²/га), y – урожайність (т/га) (рис. 3).

Оцінка параметрів моделі свідчить про наявність позитивного лінійного зв'язку між досліджуваними ознаками. Коефіцієнт регресії (0,055) показує, що збільшення площі листкової поверхні на 1 тис. м²/га супроводжується зростанням урожайності в середньому на 0,055 т/га.

Тіснота зв'язку між змінними підтверджується високим значенням коефіцієнта кореляції ($r = 0,920$), що свідчить про сильний прямий кореляційний зв'язок. Коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,846$) вказує на те, що 84,6% варіації врожайності пояснюється варіацією площі листкової поверхні, тоді як решта 15,4% зумовлена впливом інших факторів і випадкових причин.

Статистична значущість моделі підтверджується низьким значенням p -value для коефіцієнта регресії ($p = 0,00016$), що є значно меншим за загальноприйнятий рівень значущості ($p < 0,05$). Це дозволяє відхилити нульову гіпотезу про відсутність зв'язку між ознаками та зробити висновок про достовірний вплив площі листя на рівень урожайності.

Загалом встановлено, що підвищення ефективності фотосинтетичного апарату під впливом стимуляторів росту супроводжується зростанням урожайності, що узгоджується з результатами регресійного аналізу. Таким чином, застосування передпосівної обробки насіння є важливим елементом технології вирощування соняшника, який дозволяє реалізувати потенціал продуктивності ліній.

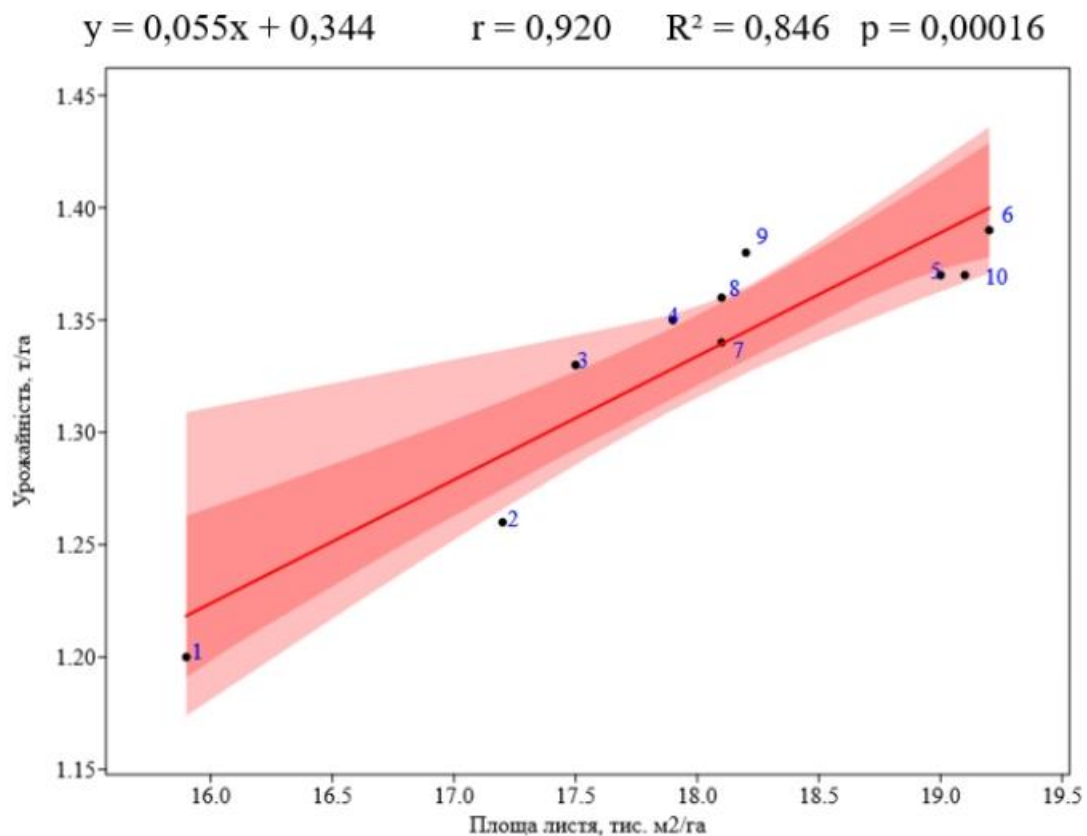


Рис. 3. Графік регресії урожайності та фотосинтетичної поверхні ліній соняшника

Висновки. За результатами проведених нами досліджень у період 2022–2024 років, було встановлено, що формування фотосинтетичної поверхні ліній соняшника переважно визначається генотипом, який має домінуючий вплив, тоді як передпосівна обробка насіння та умови року чинять менший, але статистично достовірний ефект. Виявлено суттєву диференціацію між лініями: найвищі показники формувала Сх808А, тоді як Сх51А характеризувалася найнижчим рівнем розвитку листової поверхні.

Застосування стимуляторів росту та мікродобрив при обробці насіння у більшості випадків сприяло збільшенню площі листової поверхні, причому найбільш ефективними були варіанти з препаратами

Нертус Плантапег, Нертус Старт та Райкат Старт. Комбіновані обробки не завжди забезпечували додатковий ефект.

Доведено тісний позитивний зв'язок між площею листової поверхні та врожайністю ($r = 0,920$), що підтверджує визначальну роль фотосинтетичного апарату у формуванні продуктивності. Найбільший приріст урожайності забезпечили варіанти з використанням Нертус Плантапег та АКМ.

Таким чином, передпосівна обробка насіння є ефективним агротехнічним прийомом, що сприяє підвищенню продуктивності ліній стерильних аналогів соняшника та реалізації генетичного потенціалу ліній.

Конфлікт інтересів. Автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів.

Список використаних джерел

1. Valentim S. M. S., Luz P. B. D., Moreira A. C. S., Cardoso E. L. O., Moretto G., Tomiozzo R. Thermal sum and phyllochron of cut sunflower genotypes in southwestern Mato Grosso, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*. 2025. Vol. 49. e017024. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202549017024>
2. dos Santos E. R., Barros H. B., Capone A., de Castro Ferraz E., Fidelis R. R. Effects of sowing periods on sunflower cultivars in the South of the State of Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*. 2012. Vol. 43, No. 1. P. 199. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100025>
3. Грицаєнко З. М., Карпенко В. П., Підан Л. Ф. Стан фотосинтетичної та пігментної систем соняшника за дії гербіцидів Фюзилад форте 150, Дуал голд 960 та регулятора росту рослин Радостим. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 86 (1). С. 221–228.
4. Kalenska S., Ryzhenko A., Novytska N., Garbar L., Stolyarchuk T., Kalenskyi V., Shytiy O. Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*. 2020. Vol. 11, No. 8. P. 1331–1344. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095>
5. Lecoeur J., Vincourt P., Vear F. Les possibilités de sélection pour le rendement en grains du tournesol par l'étude de caractères morphologiques et architecturaux. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*. 2010. Vol. 17, No. 3. P. 139–142. <https://doi.org/10.1684/OCL.2010.0305>
6. Чуйко Д. В., Кириченко В. В., Білик В. В. Агробіологічна оцінка гібридів соняшнику в умовах Східної України. *Селекція і насінництво*. 2025. № 127. С. 56–67. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2025.333766>
7. Domaratskyi Y. Leaf area formation and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and growth regulators. *Journal of*

Ecological Engineering. 2021. Vol. 22, No. 6. P. 95–105.
<http://dx.doi.org/10.12911/22998993/137361>

8. Sakhoshko M. M., Kravchenko M. I., Yatsenko V. M., Kolosok I. O. Development of the leaf area and the productivity structure of the sunflower hybrids in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology*. 2019. No. 1–2 (35–36). P. 33–39. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.1-2.5>

9. Hladni N., Škorić D., Kraljević-Balalić M. Genetic variance of sunflower yield components (*Helianthus annuus* L.). *Genetika-Belgrade*. 2003. Vol. 35, No. 1. P. 1–9. <https://doi.org/10.2298/GENSR0301001H>

10. Chuiko D. Plant growth regulator effects on sunflower parents and F1 hybrids. *Žemės ūkio mokslai*. 2021. Vol. 28, No. 2. <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v28i2.4508>

11. Fernández Moroni I., Fraysse M., Presotto A. D., Cantamutto M. Á. Evaluation of Argentine wild sunflower biotypes for drought stress during reproductive stage. *Helia*. 2012. Vol. 35, No. 57. P. 29–36. <https://doi.org/10.2298/hel1257029f>

12. Чуйко Д. В. Продуктивність і елементи формування структури урожаю генотипів соняшнику при обробці регуляторами росту рослин. *Вісник ХНАУ. Серія: Рослинництво, селекція і насінництво, плодовоовочівництво*. 2020. № 1–2. С. 114–127. <https://doi.org/10.35550/visnykagro2020.01-02.114>

13. Khan M. A., Sharma V., Shukla R. K. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to organic manure and biofertilizer under different levels of mycorrhiza and sulphur in comparison with inorganic fertilizer. *Journal of Crop and Weed*. 2016. Vol. 12, No. 1. P. 81–86.

14. Kumari S. Effects of nitrogen levels on anatomy, growth, and chlorophyll content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaves. *Journal of Agricultural Science*. 2017. Vol. 9, No. 8. P. 208–219. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n8p208>

15. Seabra Filho M., Menezes A. S., Neto L. G. P., de Azevedo B. M., de Araújo Viana T. V. Effects of split-applied nitrogen fertigation on sunflower (*Helianthus annuus*). *REVISTA DELOS*. 2023. Vol. 16, No. 44. P. 1402–1421. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n44-026>

16. Hanhur V. V., Yeremko L. S., Kocherha A. A. Ефективність біостимуляторів за умови передпосівної обробки насіння соняшнику. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. No. 2. P. 36–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.04>

17. Naik K. B., Nataraj S. K., Shadakshari Y. G., Kumar D. P., Seetharamu G. K., Jayaprasad K. V. Effect of pre harvest foliar spray of growth regulators on pre and post harvest parameters in ornamental sunflower genotype M-17R. *Journal of Horticultural Sciences*. 2018. Vol. 13, No. 1. P. 48–53. <https://doi.org/10.24154/JHS.2018.V13I01.005>

18. Tsyliuryk O. I., Horshchar V. I., Izhboldin O. O., Kotchenko M. V., Rumbakh M. Y., Hotvianska A. S., Chornobai V. H. The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) in the northern steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, No. 3. P. 106–116. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0209>

19. Волкодав В. В. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ: Державна комісія України по випробуванню та охороні сортів рослин, 2000. 100 с.

20. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України, 2003. 173 с.

21. Спеціальна селекція і насінництво польових культур : навч. посіб. / за ред. В. В. Кириченка. Харків: ІР ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2010. 462 с.

22. Hammer Ø., Harper D. A. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 4, No. 1. P. 1.

23. Чуйко Д. В. Формування підвищеної продуктивності генотипів соняшнику залежно від регуляторів росту рослин в східній частині Лісостепу України: дис. ... д-ра філософії: 201 – Агрономія. Харків: Державний біотехнологічний університет, 2021. 220 с.

REFERENCES

1. Valentim, S. M. S., Luz, P. B. D., Moreira, A. C. S., Cardoso, E. L. O., Moretto, G., & Tomiozzo, R. (2025). Thermal sum and phyllochron of cut sunflower genotypes in southwestern Mato Grosso, Brazil. *Ciência e Agrotecnologia*, 49, e017024. <https://doi.org/10.1590/1413-7054202549017024>

2. dos Santos, E. R., Barros, H. B., Capone, A., de Castro Ferraz, E., & Fidelis, R. R. (2012). Effects of sowing periods on sunflower cultivars in the South of the State of Tocantins. *Revista Ciência Agronômica*, 43(1), 199. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000100025>

3. Hrytsaienko, Z. M., Karpenko, V. P., & Pidan, L. F. (2014). Photosynthetic and pigment system state of sunflower under the action of herbicides Fusilade Forte 150, Dual Gold 960 and plant growth regulator Radostim. *Collection of Scientific Works of Uman National University of Horticulture*, 86(1), 221–228.

4. Kalenska, S., Ryzhenko, A., Novytska, N., Garbar, L., Stolyarchuk, T., Kalenskyi, V., & Shytiy, O. (2020). Morphological features of plants and yield of sunflower hybrids cultivated in the Northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. *American Journal of Plant Sciences*, 11(8), 1331–1344. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118095>

5. Lecoeur, J., Vincourt, P., & Vear, F. (2010). Les possibilités de sélection pour le rendement en grains du tournesol par l'étude de caractères morphologiques et architecturaux. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 17(3), 139–142. <https://doi.org/10.1684/OCL.2010.0305>
6. Chuiko, D. V., Kyrychenko, V. V., & Bilyk, V. V. (2025). Agrobiological evaluation of sunflower hybrids in Eastern Ukraine. *Plant Breeding and Seed Production*, 127, 56–67. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2025.333766>
7. Domaratskyi, Y. (2021). Leaf area formation and photosynthetic activity of sunflower plants depending on fertilizers and growth regulators. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 95–105. <http://dx.doi.org/10.12911/22998993/137361>
8. Sakhoshko, M. M., Kravchenko, M. I., Yatsenko, V. M., & Kolosok, I. O. (2019). Development of the leaf area and the productivity structure of the sunflower hybrids in the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*, 1-2(35–36), 33–39. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2019.1-2.5>
9. Hladni, N., Škorić, D., & Kraljević-Balalić, M. (2003). Genetic variance of sunflower yield components—*Helianthus annuus* L. *Genetika-Belgrade*, 35(1), 1–9. <https://doi.org/10.2298/GENSR0301001H>
10. Chuiko, D. (2021). Plant growth regulator effects on sunflower parents and F1 hybrids. *Žemės ūkio mokslai*, 28(2). <https://doi.org/10.6001/zemesukiomokslai.v28i2.4508>
11. Fernández Moroni, I., Frayse, M., Presotto, A. D., & Cantamutto, M. Á. (2012). Evaluation of Argentine wild sunflower biotypes for drought stress during reproductive stage. *Helia*, 35(57), 29–36. <https://doi.org/10.2298/hel1257029f>
12. Chuiko, D. V. (2020). Productivity and elements of sunflower yield structure formation under plant growth regulators treatment. *Visnyk KhNAU. Series: Crop Production, Breeding and Seed Production, Horticulture*, 1-2, 114–127. <https://doi.org/10.35550/visnykagro2020.01-02.114>
13. Khan, M. A., Sharma, V., & Shukla, R. K. (2016). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to organic manure and biofertilizer under different levels of mycorrhiza and sulphur in comparison with inorganic fertilizer. *Journal of Crop and Weed*, 12(1), 81–86.
14. Kumari, S. (2017). Effects of nitrogen levels on anatomy, growth, and chlorophyll content in sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaves. *Journal of Agricultural Science*, 9(8), 208–219. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n8p208>
15. Seabra Filho, M., Menezes, A. S., Neto, L. G. P., de Azevedo, B. M., & de Araújo Viana, T. V. (2023). Effects of split-applied nitrogen fertigation on sunflower (*Helianthus annuus*). *REVISTA DELOS*, 16(44), 1402–1421. <https://doi.org/10.55905/rdelosv16.n44-026>

16. Hanhur, V. V., Yeremko, L. S., & Kocherha, A. A. (2020). Efficiency of biostimulants under pre-sowing treatment of sunflower seeds. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 36–42. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.02.04>
17. Naik, K. B., Nataraj, S. K., Shadakshari, Y. G., Kumar, D. P., Seetharamu, G. K., & Jayaprasad, K. V. (2018). Effect of pre-harvest foliar spray of growth regulators on pre- and post-harvest parameters in ornamental sunflower genotype M-17R. *Journal of Horticultural Sciences*, 13(1), 48–53. <https://doi.org/10.24154/JHS.2018.V13I01.005>
18. Tsyliuryk, O. I., Horshchar, V. I., Izhboldin, O. O., Kotchenko, M. V., Rumbakh, M. Y., Hotvianska, A. S., ... Chornobai, V. H. (2021). The influence of biological products on the growth and development of sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) in the northern steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11(3), 106–116. <https://doi.org/10.31867/2523-4544%2F0209>
19. Volkodav, V. V. (2000). *Methodology of state variety testing of agricultural crops*. Kyiv: State Commission of Ukraine for Testing and Protection of Plant Varieties.
20. DSTU 4138-2002. (2003). *Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality* [Official ed.]. Kyiv: Derzhstandart of Ukraine.
21. Kyrychenko, V. V. (Ed.). (2010). *Special breeding and seed production of field crops: textbook*. Kharkiv: V. Ya. Yuriev Institute, NAAS of Ukraine.
22. Hammer, Ø., & Harper, D. A. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1.
23. Chuiko, D. V. (2021). *Formation of increased productivity of sunflower genotypes depending on plant growth regulators in the eastern part of the Forest-Steppe of Ukraine* (Doctoral dissertation, State Biotechnology University, Ukraine).

Отримано: 04.04.2026. Прийнято: 17.04.2026. Опубліковано: 22.05.2026.