

УДК 633.854.78:631.53.04:631.811

А.І. Білокобильська, Ю.Є. Огурцов*

Вплив передпосівної обробки насіння регуляторами росту та мікродобривами на посівні якості і виживаність ліній соняшника

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

*E-mail: ogurcsow@gmail.com

UDC 633.854.78:631.53.04:631.811

A.I. Bilokobylska, Yu. Ye. Ohurtsov*

Effect of Presowing Seed Treatment with Growth Regulators and Microfertilizers on Sowing Quality and Survival of Sunflower Lines

Yuriev Plant Production Institute, NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

*E-mail: ogurcsow@gmail.com

Реферат: Наведено результати комплексного дослідження впливу передпосівної обробки насіння стимуляторами росту, антистресантами та мікродобривами на посівні якості та виживаність рослин самозапилених ліній соняшнику. Дослідження проводили упродовж 2022–2024 рр. в умовах Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України на чорноземах типових. Об'єктами досліджень були стерильні аналоги ліній Сх808А, Сх51А та Сх17А. Оцінювали енергію проростання, лабораторну і польову схожість, а також виживаність рослин залежно від варіантів обробки насіння різними препаратами та їх комбінаціями. Встановлено, що всі досліджувані фактори — генотип лінії, рік вирощування та варіант обробки — мали статистично значимий вплив на формування посівних якостей насіння. Найвищі показники енергії проростання та лабораторної схожості відзначено у лінії Сх17А, тоді як лінія Сх51А характеризувалася найнижчими значеннями та більшою варіабельністю. Застосування окремих препаратів та їх комбінацій сприяло підвищенню показників порівняно з контролем, однак ефективність значною мірою залежала від генотипу. Польова схожість насіння була високою в усіх варіантах і досягала 90–96%, причому найбільш ефективними виявилися комбіновані обробки препаратами. Виживаність рослин залишалася стабільно високою (95–98%) незалежно від варіанта обробки, що обумовлено високим базовим рівнем цієї ознаки. Найбільший внесок у варіацію виживаності мав генотип (до 35%), тоді як вплив препаратів був обмеженим. Таким чином показано, що передпосівна обробка насіння стимуляторами росту та мікродобривами є ефективним елементом технології вирощування соняшнику, а її результативність визначається взаємодією «генотип × препарат».

Ключові слова: соняшник, лінії, виживаність, схожість насіння, протруйники, стимулятори росту, мікродобрива, насінництво.

Abstract: The article presents results of a comprehensive study on the impact of presowing seed treatment with growth stimulants, antistress agents, and microfertilizers on the sowing quality and plant survival of self-pollinated sunflower lines. The study was conducted at the Yuriev Plant Production Institute of NAAS in 2022–2024. The soil is typical chernozems. The sterile analogs of the lines 'Skh808A', 'Skh51A', and 'Skh17A'. The evaluation included germination energy, laboratory germination, field emergence, and plant survival rates depending on the treatments with different compounds and their combinations. It was found that all studied factors—line genotype, year of cultivation, and treatment—had a statistically significant impact on the seed sowing qualities. The highest germination energy and laboratory germination rates were observed in 'Skh17A', while 'Skh51A' was characterized by the lowest values and higher variability. The application of some compounds and their combinations increased performance compared to the control; however, the effectiveness was largely determined by the genotype. The field germination rate was high across all experiments, amounting to 90–96%, with combined treatments proving most effective.

ARTICLE HISTORY. Received: March 18, 2026; revised: March 25, 2026; accepted: April 24, 2026

CITATION. Bilokobylska, A. I., & Ohurtsov, Yu. Ye. (2026). Effect of presowing seed treatment with growth regulators and microfertilizers on sowing quality and survival of sunflower lines. *Plant Breeding and Seed Production*, (129), 92–107.

<https://doi.org/10.30835/2413-7510.2026.129.07>

© Bilokobylska A. I., Ohurtsov Yu. Ye., 2026

The plant survival remained consistently high (95–98%) regardless of the treatment, due to the high baseline level of this trait. Genotype made the largest contribution to the variation in survival (up to 35%), while the agents influence was limited. Thus, the study demonstrated that presowing seed treatment with growth stimulants and microfertilizers is an effective component of sunflower cultivation technology, and its efficacy is governed by the genotype × preparation interaction.

Key words: sunflower, lines, survival, seed germination, seed dressings, growth stimulants, microfertilizers, seed production.

Вступ

Використання стимуляторів росту та мікродобрив у технології вирощування соняшнику розглядається як перспективний напрям підвищення продуктивності культури та поліпшення якості врожаю. Регулятори росту – це органічні речовини, які навіть у незначних концентраціях здатні змінювати фізіологічні процеси в рослинах, впливаючи на їх ріст, розвиток і біохімічний склад (Chuiko, 2021). Застосування таких сполук сприяє більш ефективному використанню рослинами поживних елементів, що дозволяє повніше реалізувати їх генетичний і фізіологічний потенціал без негативного впливу на рослини та довкілля (Marenych et al., 2018; Chuiko, 2022; Buriak et al., 2014; Sendetskyi et al., 2018).

Сучасні стимулятори та регулятори росту рослин характеризуються комплексною дією і виконують не лише функцію стимулювання ростових процесів (Chuiko, 2022). Препарати нового покоління поєднують кілька ефектів: активують біологічні процеси в рослинах, підвищують їх стійкість до несприятливих факторів середовища та посилюють неспецифічний імунітет. Важливою їх особливістю є те, що вони не замінюють традиційні добрива, а доповнюють їх дію, підвищуючи коефіцієнт засвоєння поживних речовин із ґрунту та внесених добрив (Gruznova et al., 2018; Santini et al., 2021).

Мікродобрива біологічного походження також набувають широкого застосування як екологічно безпечна альтернатива частині хімічних добрив. Їх дія пов'язана з активацією ростових процесів завдяки прямим і непрямим механізмам, серед яких біологічна фіксація азоту, синтез фітогормонів та продукування різноманітних гідролітичних ферментів. Використання таких препаратів сприяє підвищенню доступності життєво необхідних елементів живлення та створює передумови для збільшення врожайності без негативного впливу на довкілля (Chuiko et al., 2022).

Результати численних досліджень підтверджують ефективність застосування біологічно активних речовин у технології вирощування соняшнику. Фітогормони та

Introduction

The use of plant growth regulators and microfertilizers in sunflower cultivation technologies is considered a promising approach for increasing crop productivity and improving yield quality. Growth regulators are organic substances that, even in trace concentrations, can modulate physiological processes in plants, influencing their growth, development, and biochemical composition (Chuiko, 2021). These compounds facilitate more efficient nutrient uptake, allowing plants to more fully realize their genetic and physiological potentials without adverse effects on the plants or the environment (Marenych et al., 2018; Chuyko, 2022; Buriak et al., 2014; Sendetskyi et al., 2018).

Modern biostimulants and plant growth regulators feature multifaceted actions that extend beyond simple growth stimulation (Chuiko, 2022). New-generation preparations combine several effects: they activate biological processes, enhance resilience to adverse environmental factors, and bolster non-specific immunity. A key feature of these agents is that they do not replace traditional fertilizers but rather complement them by increasing the utilization coefficient of nutrients from both the soil and applied fertilizers (Gruznova et al., 2018; Santini et al., 2021).

Biological microfertilizers are also gaining widespread use as an environmentally safe alternative to certain synthetic chemicals. Their action is attributed to the activation of growth processes through direct and indirect mechanisms, including biological nitrogen fixation, phytohormone synthesis, and production of various hydrolytic enzymes. Such formulations enhance the bioavailability of essential nutrients and create the prerequisites for increasing yields without a negative environmental footprint (Chuiko et al., 2022).

Numerous studies confirmed the effectiveness of applying biologically active substances in sunflower cultivation technologies. Phytohormones and plant growth regulators facilitate a more comprehensive realization of

регулятори росту сприяють більш повній реалізації генетичного потенціалу культури, підвищують стійкість рослин до стресових факторів і, як наслідок, забезпечують зростання врожайності та покращення якісних показників насіння. Доведено, що використання мікробіологічних добрив, біостимуляторів та імуностимуляторів позитивно впливає на ріст і розвиток рослин соняшнику, процес формування насіння та основні елементи структури врожаю (Gruznova et al., 2018; Chuiko, 2021; 2022; Yuldasheva, Karabayeva, 2023; Hussain et al., 2025).

Стимулятори росту та мікродобрива демонструють суттєвий позитивний вплив на різні морфологічні та фізіологічні параметри рослин соняшнику. Час та спосіб внесення стимуляторів росту та мікродобрив суттєво впливають на їхню ефективність у вирощуванні соняшнику, причому конкретні стадії росту є оптимальними для різних підходів обробки (Ali et al., 2024; Zapletalová et al., 2024).

Метою нашого дослідження була оцінка впливу передпосівної обробки насіння стимуляторами росту та мікродобривами на посівні якості і виживаність ліній соняшнику та визначення ефективності різних варіантів обробки.

Методика

Експериментальна частина роботи виконувалася на базі Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Досліди закладали у період 2022–2024 рр. на типовому середньогумусному слабовилуженому чорноземі. Польові роботи включали сівбу в першу декаду травня сівалкою «Клен-2,8» (густота – 60 тис. нас./га). Методика польових досліджень проведена згідно з регламентами Державного сорто випробування (Volkodav, 2000). Облік проводили на ділянках площею 25 м² у 4-разовому повторенні із застосуванням систематичного методу розміщення. Лабораторну оцінку якості насіння здійснювали відповідно до чинних вимог ДСТУ 4138-2002 (2003).

Об'єктами досліджень виступали три стерильні аналоги самоzapилених ліній соняшнику (Сх808А, Сх51А та Сх17А), створені в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН.

Для обробки насіння ліній соняшнику були використані протруйники, стимулятори росту, антистресанти та мікродобрива різного походження і напрямку їх застосування (табл. 1).

Протруйники:

Баріон – містить: металаксил-м, 350 г/л. Системний фунгіцидний протруйник.

the crop's genetic potential, enhance resilience to stressors, and consequently ensure increased yields and improved seed quality. It was demonstrated that microbial fertilizers, biostimulants, and immunostimulants positively impact the growth and development of sunflower plants, seed formation, and key yield components (Gruznova et al., 2018; Chuiko, 2021; 2022; Yuldasheva, Karabayeva, 2023; Hussain et al., 2025).

Plant growth regulators and microfertilizers exert significant beneficial effects on different morphological and physiological parameters of sunflower. The timing and method of application significantly influence their efficacy, with specific growth stages being optimal for different treatments (Ali et al., 2024; Zapletalová et al., 2024).

The objective of our study was to evaluate the effect of presowing seed treatment with growth stimulants and microfertilizers on the sowing quality and survival of sunflower lines and to evaluate the effectiveness of various treatments.

Methods

The experiments were conducted at the Yuriev Plant Production Institute of NAAS. The experiments were carried out on typical medium-humus leached chernozem in 2022–2024. The field operations included sowing between May 1 and May 10 using a Klen-2.8 seeder (seeding rate: 60,000 seeds per hectare). The field experiments followed the regulations of the State Variety Trials (Volkodav, 2000). Data were recorded on plots of 25 m² in four replicates using a systematic plot layout. Laboratory assessment of seed quality was performed according to the current requirements of DSTU 4138-2002 (2003).

Three sterile analogues of inbred sunflower lines ('Skh808A', 'Skh51A', and 'Skh17A') developed at the Yuriev Plant Production Institute of NAAS were studied.

For seed treatment, various seed dressings, growth stimulants, antistress agents, and microfertilizers of different origins and functional purposes were utilized (Table 1).

Seed Dressings:

Barion – contains metalaxyl-M (350 g/L). A systemic fungicidal seed dressing used for

Використовується для захисту соняшнику та ріпаку від несправжньої борошнистої роси та кореневих гнилей на ранніх етапах.

Екзор – містить: тіаметоксам 600 г/л. Інсектицидний протруйник на основі тіаметоксаму. Надійно захищає сходи від ґрунтових шкідників, попелиць та цикадок.

Регулятори росту рослин та мікродобрива для передпосівної обробки:

Авангард Гроу Аміно – містить: вільні L-амінокислоти – не менше 120 г/л, бурштинову кислоту – 3 г/л, карбонові кислоти, полісахариди, багатоатомні спирти, солі гумінових і фульвових кислот, фітогормональний комплекс, мікроелементи: B – 89 мг/кг, CaO – 7912 мг/кг, Co – 3,4 мг/кг, Cu – 64 мг/кг, Fe – 73 мг/кг, K₂O – 54153 мг/кг, MgO – 805 мг/кг, Mn – 223 мг/кг, Mo – <0,41 мг/кг, P₂O₅ – 901 мг/кг, SO₃ – 11656 мг/кг, Si – 181 мг/кг, Zn – 177 мг/кг. Комплекс амінокислот та адаптогенів. Рекомендується для зменшення наслідків стресового впливу (посуха, заморозки, гербіцидний опік) та стимулює імунітет.

Райкат Старт – містить: цитокініни та ауксини – 0,05 %; полісахариди – 15,0 %; N – 4,0 %; P₂O₅ – 8,0 %; K₂O – 3,0 %; Fe – 0,1 %; B – 0,03 %; Zn – 0,02 %. Стимулятор коренеутворення. Завдяки цитокінінам та амінокислотам забезпечує активний стартовий ріст кореневої системи та високу енергію проростання.

Нертус Плантапег – містить: ПЕГ-400 і ПЕГ-1500, 800 г / л; фульвокислоти і солі гумінових кислот, 4 г/л. Регулятор росту-кріопротектор. Створює захисну оболонку на насінні, запобігаючи вимерзанню та покращуючи поглинання вологи з ґрунту.

АКМ – містить: іонол, 25 г/л, диметилсульфоксид, 37,5 г/л, поліетиленгліколь-400, 230 г/л, поліетиленгліколь-1500, 540 г/л. Напівсинтетичний антиоксидантний стимулятор. Допомогає рослинам витримувати вплив низьких та покращує якість врожаю.

Авангард Старт – містить: N – 100 г/л, P₂O₅ – 70 г/л, K₂O – 20 г/л, CaO – 10 г/л, SO₃ – 15 г/л, B – 5 г/л, Fe – 10 г/л, Mn – 5 г/л, Cu – 2 г/л, Zn – 5 г/л, Mo – 0,5 г/л, Co – 0,1 г/л. Концентроване добриво для обробки насіння. Забезпечує рослини паросткифосфором, цинком та бором у найбільш доступній формі для швидкого вкорінення.

Нертус Старт – містить N, 10 г/л; P₂O₅, 85 г/л; K₂O, 50 г/л; SO₃, 45 г/л; Fe, 12 г/л; Mn, 12 г/л; Zn, 4 г/л; Cu, 4 г/л; B, 1 г/л; Mo, 0,3 г/л; Co, 0,1 г/л. Спеціалізований комплекс для зернових та

early-stage protection of sunflower and rapeseed against downy mildew and root rot.

Exor – contains thiamethoxam (600 g/L). A thiamethoxam-based insecticidal seed dressing that reliably protects seedlings against soil pests, aphids, and leafhoppers.

Plant Growth Regulators and Microfertilizers for Presowing Treatment:

Avangard Grow Amino – contains free L-amino acids (at least 120 g/L), succinic acid (3 g/L), carboxylic acids, polysaccharides, polyhydric alcohols, humic and fulvic acid salts, a phytohormone complex, and micronutrients: B (89 mg/kg), CaO (7,912 mg/kg), Co (3.4 mg/kg), Cu (64 mg/kg), Fe (73 mg/kg), K₂O (54,153 mg/kg), MgO (805 mg/kg), Mn (223 mg/kg), Mo (<0.41 mg/kg), P₂O₅ (901 mg/kg), SO₃ (11,656 mg/kg), Si (181 mg/kg), and Zn (177 mg/kg). This amino acid and adaptogen complex recommended for mitigating the effects of stress (drought, frost, herbicide burn) and stimulating immunity.

Raykat Start – contains cytokinins and auxins (0.05%), polysaccharides (15.0%), and essential nutrients: N (4.0 %), P₂O₅ (8.0 %), K₂O (3.0 %), Fe (0.1 %), B (0.03 %), and Zn (0.02 %). A rooting stimulant that, due cytokinins and amino acids, ensures active initial root system growth and high seedling vigor.

Nertus Plantapeg – contains polyethylene glycol (PEG)-400 and PEG-1500 (800 g/L); fulvic acids and humic acid salts (4 g/L). A growth regulator and cryoprotectant. It creates a protective film on the seeds, preventing freezing damage and enhancing water absorption from the soil.

АКМ – contains ionol (25 g/L), dimethyl sulfoxide (37.5 g/L), PEG-400 (230 g/L), and PEG-1500 (540 g/L). A semi-synthetic antioxidant stimulant. It assists plants in withstanding low temperatures and improves yield quality.

Avangard Start – contains N (100 g/L), P₂O₅ (70 g/L), K₂O (20 g/L), CaO (10 g/L), SO₃ (15 g/L), B (5 g/L), Fe (10 g/L), Mn (5 g/L), Cu (2 g/L), Zn (5 g/L), Mo (0.5 g/L), and Co (0.1 g/L). A concentrated seed fertilizer. It provides seedlings with phosphorus, zinc, and boron in highly bioavailable forms for rapid rooting.

Nertus Start – contains N (10 g/L), P₂O₅ (85 g/L), K₂O (50 g/L), SO₃ (45 g/L), Fe (12 g/L), Mn (12 g/L), Zn (4 g/L), Cu (4 g/L), B (1 g/L), Mo (0.3 g/L), and Co (0.1 g/L). A specialized complex for cereals and industrial crops. It enhances field seedling emergence and ensures uniform crop density.

технічних культур. Підвищує польову схожість та вирівнює густоту посівів.

Puro Tech Seeds – містить: N – 20,0 – 40,0 г/л, P₂O₅ – 15,0 – 30,0 г/л, K₂O – 15,0 – 35,0 г/л, амінокислоти – 84,0 – 96,0 г/л, Mn – 0,3 – 0,6 г/л, Mo – 0,1–0,4 г/л, SiO₂ – 4,0 – 8,0 г/л. Інноваційне добриво з фітогормонами та кремнієм. Спрямоване на зміцнення клітинних стінок та активізацію росту корневих волосків.

Puro Tech Seeds – contains N (20.0–40.0 g/L), P₂O₅ (15.0–30.0 g/L), K₂O (15.0–35.0 g/L), amino acids (84.0–96.0 g/L), Mn (0.3–0.6 g/L), Mo (0.1–0.4 g/L), and SiO₂ (4.0–8.0 g/L). An innovative fertilizer enriched with phytohormones and silicon. It is designed to strengthen cell walls and activate the growth of root hairs.

Таблиця 1. Варіанти обробки насіння ліній соняшнику
Table 1. Treatments of sunflower inbred line seeds

| Варіант обробки (препарат) / Treatment | Норма витрати, л/т / Application rate, L/t |
|---|--|
| Контроль (Еталон): Баріон + Екзор / Control (Standard): Barion + Exor | 3.0 + 6.0 |
| Еталон + Авангард Старт / Standard + Avangard Start | 2.0 |
| Еталон + Авангард Гроу Аміно / Standard + Avangard Grow Amino | 1.0 |
| Еталон + Авангард Старт + Авангард Гроу / Standard + Avangard Start + Avangard Grow Amino | 2.0 + 1.0 |
| Еталон + Нертус Старт / Standard + Nertus Start | 0.8 |
| Еталон + Нертус Плантапег / Standard + Nertus Plantapeg | 0.6 |
| Еталон + Нертус Старт + Нертус Плантапег / Standard + Nertus Start + Nertus Plantapeg | 0.8 + 0.6 |
| Еталон + Puro tech seeds / Standard + Puro tech seeds | 1.5 |
| Еталон + АКМ / Standard + АКМ | 0.2 |
| Еталон + Райкат Старт / Standard + Raykat Start | 2.5 |

Погодні умови за період дослідження 2022–2024 рр. характеризувалися загалом типовим помірно континентальним кліматом з чітко вираженою сезонністю, проте супроводжувалися підвищеною мінливістю. У літні місяці спостерігалися хвилі спеки з підвищенням температури повітря до критичних значень. Розподіл опадів залишався нерівномірним, із максимумом у літній період та періодичними посушливими явищами, що негативно впливало на вологозабезпечення ґрунту під час розвитку рослин соняшнику. У цілому для досліджуваного періоду характерною була тенденція до підвищення середньорічних температур і зростання частоти екстремальних погодних явищ, що відповідає сучасним проявам кліматичних змін у регіоні.

Статистичну обробку отриманих результатів польових та лабораторних даних проводили у програмному середовищі Past 5.3. (Hammer, Harper, 2001).

The weather during the study period (2022–2024) generally corresponded to a typical temperate continental climate with distinct seasonality, though with considerable fluctuations. Heatwaves with air temperatures rising to critical levels were documented during the summer months. Precipitation was distributed unevenly, with a maximum amount and periodic droughts in the summer, which negatively affected soil moisture availability during key stages of sunflower development. Overall, there was an upward trend in the average annual temperatures and the frequency of extreme weather events during the study period, consistent with current signs of regional climate change.

The field and laboratory data were statistically processed in Past 5.3 (Hammer & Harper, 2001).

Результати та обговорення

Енергія проростання насіння значною мірою залежала як від генотипу лінії, так і від умов року, а також варіанта передпосівної обробки (табл. 2). Відповідно до результатів дисперсійного аналізу, статистично значимим був вплив усіх досліджуваних факторів: лінія, рік дослідження та варіант обробки.

Найвищі показники енергії проростання у середньому за роки досліджень спостерігалися у лінії Сх 17А, де вони варіювали від 68,1 до 84,2% залежно від варіанта обробки. Максимальне значення цього показника було зафіксовано при застосуванні варіанта еталон + Нертус Плантапег у дозі 0,6 л/т – 84,2 %, що перевищувало контрольний варіант (79,5 %) на 4,7%. Досить високі значення також відзначено при використанні комплексних обробок із Нертус Старт + Нертус Плантапег (82,0%) та Авангард Старт + Авангард Гроу Аміно (81,8%).

Для лінії Сх 808А рівень енергії проростання був нижчим і в середньому змінювався у межах 59,1–66,8%. Найвищі показники відзначено у варіантах еталон + Авангард Старт – 66,8 % та еталон + АКМ – 65,7 %, які перевищували контрольний варіант або були близькими до нього. Найменше значення спостерігалось при застосуванні препарату Puro Tech Seeds – 59,1 % та комбінації Нертус Старт + Нертус Плантапег – 60,5 %.

Лінія Сх 51А характеризувалася найнижчими показниками енергії проростання серед досліджуваних генотипів. У середньому за роки досліджень значення показника варіювали від 41,4 до 48,7% відповідно. Найбільш ефективним виявився варіант еталон + Райкат Старт (2,5 л/т), за якого середній показник досягав 48,7%, що на 7,3% перевищувало контроль. Позитивний ефект також спостерігався при застосуванні Авангард Гроу Аміно (46,2%) та Авангард Старт + Авангард Гроу Аміно – 45,5% (табл. 2).

Важливо відзначити, що помітний вплив на величину показника мали погодні умови років дослідження. Для більшості варіантів характерним було істотне зниження енергії проростання у 2024 році, що свідчить про негативний вплив умов формування насіння або його зберігання у цей період. Найбільш різке зниження спостерігалось у ліній Сх 808А та Сх 51А, де значення показника у 2024 році були значно нижчими порівняно з попередніми роками.

Results and Discussion

Germination energy was significantly dependent on the line genotype, annual weather conditions, and presowing treatment (Table 2). Analysis of variance showed that the contributions of all studied factors—line, year of study, and treatment—were statistically significant.

The highest mean germination energy across the study years was observed in ‘Skh17A’, with values ranging 68.1% to 84.2% depending on the treatment. The maximum germination energy was recorded when the combination Standard + Nertus Plantapeg at a dosage of 0.6 L/t was used: 84.2% versus 79.5% in the control (increase by 4.7%). High germination energy was also noted for combined treatments with Nertus Start + Nertus Plantapeg (82.0%) and Avangard Start + Avangard Grow Amino (81.8%).

In ‘Skh 808A’, the germination energy was lower, ranging on average from 59.1% to 66.8%. The highest germination energy was recorded in the experiments with Standard + Avangard Start (66.8%) and Standard + АКМ (65.7%), where it was either hither than or close to the control values. The lowest germination energy was observed in the experiments with Puro Tech Seeds (59.1%) and Nertus Start + Nertus Plantapeg (60.5%).

‘Skh 51A’ had the lowest germination energy among the studied genotypes. On average across the study years, it varied from 41.4% to 48.7%. The most effective treatment turned out to be Standard + Raykat Start (2.5 L/t), where the mean germination energy amounted to 48.7%, exceeding the control by 7.3%. A positive effect was also observed with Avangard Grow Amino (46.2%) and Avangard Start + Avangard Grow Amino (45.5%) (Table 2).

It is important to note that the weather during the study years had a marked influence on this parameter. A significant decrease in germination energy was observed in most experiments in 2024, suggesting a negative impact of the environmental conditions during seed formation or storage during this period. The most pronounced decline was observed in ‘Skh 808A’ and ‘Skh 51A’, where the 2024 values were substantially lower compared to previous years.

Таблиця 2. Вплив варіантів обробок насіння на ознаку енергії проростання, %
Table 2. Influence of seed treatments on germination energy, %

| Варіант обробки / Treatment | Cx 808A / Skh 808A | | | | Cx 51A / Skh 51A | | | | Cx 17A / Skh 17A | | | |
|--|--------------------|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|
| | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean |
| 1 | 86.0 | 74.0 | 38.8 | 66.3 | 35.8 | 62.5 | 26.0 | 41.4 | 84.3 | 75.5 | 78.8 | 79.5 |
| 2 | 86.3 | 75.5 | 38.8 | 66.8 | 46.5 | 62.0 | 16.3 | 41.6 | 86.3 | 78.0 | 70.3 | 78.2 |
| 3 | 80.3 | 72.0 | 35.0 | 62.4 | 51.5 | 63.5 | 23.5 | 46.2 | 78.5 | 86.0 | 74.5 | 79.7 |
| 4 | 87.5 | 76.5 | 28.8 | 64.3 | 50.0 | 66.5 | 20.0 | 45.5 | 89.0 | 87.0 | 69.5 | 81.8 |
| 5 | 74.8 | 75.0 | 29.5 | 59.8 | 46.0 | 68.0 | 21.0 | 45.0 | 84.8 | 83.5 | 63.8 | 77.3 |
| 6 | 83.5 | 74.0 | 32.0 | 63.2 | 44.0 | 64.5 | 17.3 | 41.9 | 81.8 | 96.0 | 74.8 | 84.2 |
| 7 | 72.8 | 74.5 | 34.3 | 60.5 | 42.3 | 61.0 | 24.8 | 42.7 | 81.0 | 95.5 | 69.5 | 82.0 |
| 8 | 71.8 | 73.0 | 32.5 | 59.1 | 45.8 | 62.0 | 21.0 | 42.9 | 83.0 | 95.0 | 66.0 | 81.3 |
| 9 | 87.0 | 75.0 | 35.0 | 65.7 | 53.3 | 62.0 | 19.3 | 44.8 | 87.0 | 92.5 | 54.3 | 77.9 |
| 10 | 70.5 | 74.5 | 37.8 | 60.9 | 55.0 | 66.5 | 24.5 | 48.7 | 40.8 | 94.5 | 69.0 | 68.1 |
| НР ₀₅ фактор А (лінія) – 3.59; НР ₀₅ фактор В (рік) – 3.59; НР ₀₅ фактор С (варіант обробки) – 6.55 / LSD ₀₅ factor A (line) – 3.59; LSD ₀₅ factor B (year) – 3.59; LSD ₀₅ factor C (treatment) – 6.55. | | | | | | | | | | | | |

1. Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (етелон); 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.

1. Control (Standard): Barion (3.0 L/t) + Exor (6.0 L/t); 2. Standard + Avangard Start (2.0 L/t); 3. Standard + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 4. Standard + Avangard Start (2.0 L/t) + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 5. Standard + Nertus Start (0.8 L/t); 6. Standard + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 7. Standard + Nertus Start (0.8 L/t) + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 8. Standard + Puro Tech Seeds (1.5 L/t); 9. Standard + AKM (0.2 L/t); 10. Standard + Raykat Start (2.5 L/t).

Встановлено, що найвищі показники лабораторної схожості були у лінії Сх 17А, де середні значення становили 85,8–93,0%. Максимальний рівень зафіксовано у варіанті еталон + Нертус Плантапег (0,6 л/т) – 93,0%, що перевищує контроль (92,3%) і вказує на високу ефективність даного препарату. Високі показники також спостерігалися у варіантах з використанням Авангард Гроу Аміно (90,0%) та комбінацій стимуляторів (89,4–89,8%).

У лінії Сх 808А лабораторна схожість у середньому змінювалася в межах 71,6–79,2%. Найвищий показник відзначено у контрольному варіанті (79,2%), а також у варіантах із застосуванням Авангард Старт (78,3 %) та АКМ (77,1 %). Найменше значення відзначено за використання мікродобрива Нертус Старт – 71,6 %, що може свідчити про особливості взаємодії генотипу лінії з даними добривами.

Лінія Сх 51А характеризувалася середнім рівнем лабораторної схожості, який варіював у межах 59,2–74,7 %. Найбільш ефективним виявився варіант еталон + Нертус Старт (0,8 л/т), де показник досягав 74,7%, перевищуючи контроль (67,9%) на 6,8%, що є статистично значимим. Також позитивний ефект спостерігався при застосуванні Райкат Старт –

It was found that the highest laboratory germination rates were intrinsic to ‘Skh 17A’, with mean values ranging from 85.8% to 93.0%. The maximum laboratory germination rate was recorded in the Standard + Nertus Plantapeg (0.6 L/t) experiment: 93.0% versus 92.3% in the control, indicating the high efficacy of this formulation. High rates were also observed in the Avangard Grow Amino (90.0%) experiment and in experiments with various stimulant combinations (89.4–89.8%).

In ‘Skh 808A’, the laboratory germination rate averaged between 71.6% and 79.2%. The highest values were noted in the control (79.2%), as well as the experiments with Avangard Start (78.3%) and AKM (77.1%). The lowest rate was recorded in the Nertus Start (71.6%) experiment, which may suggest specific genotype×treatment interactions for this line.

‘Skh 51A’ was characterized by a moderate laboratory germination rate, which varied between 59.2% and 74.7%. The most effective treatment was Standard + Nertus Start (0.8 L/t), where the rate amounted to 74.7%, which was statistically significantly higher (by 6.8%) than in the control (67.9%). Positive effects were also observed with Raykat Start (72.7%) and Avangard Grow Amino (71.3%) (Table 3).

72,7 % та Авангард Гроу Аміно – 71,3 % відповідно (табл. 3).

Отримані результати свідчать, що ефективність впливу передпосівної обробки насіння на лабораторну схожість є специфічною для кожної лінії. Найбільш стабільні та високі показники спостерігалися у лінії Сх 17А, тоді як для Сх 51А характерна найбільша варіабельність і чутливість до дії препаратів. Загалом застосування окремих стимуляторів росту та мікродобрив дозволяє підвищити лабораторну схожість, проте ефект залежить від поєднання препарату та генотипу лінії.

Our results indicate that the efficiency of presowing seed treatment on laboratory germination is genotype-specific. The most stable and highest rates were observed in 'Skh 17A', while 'Skh 51A' exhibited the greatest variability and sensitivity to the applied formulations. In general, the use of some growth stimulants and microfertilizers allows for an increase in laboratory germination; however, the effect depends on the particular combination of the agents and the line genotype.

Таблиця 3. Вплив варіантів обробок насіння на ознаку лабораторної схожості, %
Table 3. Influence of seed treatments on laboratory germination, %

| Варіант обробки / Treatment | Сх 808А / Skh 808А | | | | Сх 51А / Skh 51А | | | | Сх 17А / Skh 17А | | | |
|--|--------------------|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|
| | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean |
| 1 | 95.0 | 78.5 | 64.0 | 79.2 | 83.0 | 71.0 | 49.8 | 67.9 | 96.0 | 94.5 | 86.3 | 92.3 |
| 2 | 92.5 | 79.5 | 63.0 | 78.3 | 86.0 | 73.5 | 45.3 | 68.3 | 94.0 | 95.0 | 78.8 | 89.3 |
| 3 | 96.5 | 77.0 | 59.3 | 77.6 | 85.5 | 71.0 | 57.3 | 71.3 | 94.5 | 94.5 | 81.0 | 90.0 |
| 4 | 94.3 | 81.0 | 50.8 | 75.3 | 82.8 | 75.5 | 48.0 | 68.8 | 95.0 | 95.5 | 78.8 | 89.8 |
| 5 | 94.0 | 79.0 | 41.8 | 71.6 | 93.0 | 76.0 | 55.0 | 74.7 | 92.8 | 96.0 | 76.0 | 88.3 |
| 6 | 92.3 | 77.5 | 52.0 | 73.9 | 80.5 | 74.5 | 47.0 | 67.3 | 93.8 | 99.5 | 85.8 | 93.0 |
| 7 | 96.5 | 79.5 | 51.8 | 75.9 | 51.0 | 75.5 | 51.0 | 59.2 | 93.5 | 97.5 | 77.3 | 89.4 |
| 8 | 93.8 | 80.5 | 56.0 | 76.8 | 74.8 | 71.0 | 53.0 | 66.3 | 91.8 | 98.5 | 77.0 | 89.1 |
| 9 | 92.8 | 80.0 | 58.5 | 77.1 | 91.3 | 72.0 | 52.5 | 71.9 | 95.3 | 98.0 | 64.0 | 85.8 |
| 10 | 92.3 | 78.5 | 62.0 | 77.6 | 87.3 | 77.0 | 53.8 | 72.7 | 51.8 | 97.5 | 76.8 | 75.3 |
| НІР ₀₅ фактор А (лінія) – 2.81; НІР ₀₅ фактор В (рік) – 2.81; НІР ₀₅ фактор С (варіант обробки) – 5.12 / LSD ₀₅ factor A (line) – 2.81; LSD ₀₅ factor B (year) – 2.81; LSD ₀₅ factor C (treatment) – 5.12. | | | | | | | | | | | | |

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.

1. Control (Standard): Barion (3.0 L/t) + Exor (6.0 L/t); 2. Standard + Avangard Start (2.0 L/t); 3. Standard + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 4. Standard + Avangard Start (2.0 L/t) + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 5. Standard + Nertus Start (0.8 L/t); 6. Standard + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 7. Standard + Nertus Start (0.8 L/t) + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 8. Standard + Puro Tech Seeds (1.5 L/t); 9. Standard + AKM (0.2 L/t); 10. Standard + Raykat Start (2.5 L/t).

Отримані нами результати свідчать, що польова схожість була відносно високою для всіх досліджуваних ліній і значно перевищувала показники лабораторної схожості, що можна пояснити фітотоксичністю протруйника. Встановлено статистично значимий вплив усіх факторів дослідження (лінія, рік, варіант обробки).

Найвищі значення польової схожості в середньому за роки досліджень відзначено у лінії Сх 808А, де показник варіював у межах 90,5–96,1%. Максимальний рівень забезпечував варіант еталон + Нертус Старт + Нертус Плантапег (96,1%), що перевищувало контроль

Our results indicate that field seedling emergence was relatively high across all studied lines and significantly exceeded the laboratory germination rates. This phenomenon can be attributed to dressing phytotoxicity. Statistical analysis confirmed the significant influence of all experimental factors (line, year, and treatment).

The highest field emergence values, averaged across the study years, were recorded for 'Skh 808A': from 90.5% to 96.1%. The maximum field emergence was achieved in the Standard + Nertus Start + Nertus Plantapeg

(90,5 %) на 5,6 % і є статистично вірогідним. Високі результати також отримано у варіантах із застосуванням Авангард Гроу Аміно – 95,8%, Нертус Плантапег – 94,7% та АКМ – 94,6%.

У лінії Сх 51А середній рівень польової схожості становив 87,2–92,7%. Найбільш ефективним був варіант еталон + Авангард Старт + Авангард Гроу Аміно, де показник досягав 92,7%, що на 5,5 % перевищувало контроль. Також високі значення виявлено у варіантах із застосуванням Puro Tech Seeds – 92,3 %, Нертус Плантапег – 91,8 % та АКМ – 91,6 %.

Лінія Сх 17А характеризувалася дещо нижчими, але стабільно високими показниками польової схожості (у межах 85,0–90,3%). Максимальне значення зафіксовано у варіанті еталон + Авангард Старт + Авангард Гроу Аміно (90,3%), що перевищувало контроль (85,0%) на 5,3%. Позитивний ефект також спостерігався при використанні Нертус Старт + Нертус Плантапег – 89,3% та Авангард Старт – 89,2% (табл. 4). До певної міри схожі результати були отримані в інших дослідженнях (Klymenko et al., 2025; Pokoptseva et al., 2015; Sendetskyi, 2017; 2018).

experiment (96.1% vs. 90.5% in the control; a 5.6% statistically significant increase). High values were also obtained with Avangard Grow Amino (95.8%), Nertus Plantapeg (94.7%), and AKM (94.6%).

In ‘Skh 51A’, the mean field emergence ranged from 87.2% to 92.7%. The most effective treatment was Standard + Avangard Start + Avangard Grow Amino (92.7%, which was 5.5% higher than in the control). High values were also recorded for Puro Tech Seeds (92.3%), Nertus Plantapeg (91.8%), and AKM (91.6%).

‘Skh 17A’ was characterized by slightly lower but still consistently high field emergence (85.0–90.3%). The maximum emergence was recorded in the Standard + Avangard Start + Avangard Grow Amino experiment (90.3% vs. 85.0% in the control; a 5.3% increase). A positive effect was also observed in the experiments with Nertus Start + Nertus Plantapeg (89.3%) and Avangard Start (89.2%) (Table 4). Similar results were reported by other researchers (Klymenko et al., 2025; Pokoptseva et al., 2015; Sendetskyi, 2017; 2018).

Таблиця 4. Вплив варіантів обробок насіння на ознаку польової схожості, %
Table 4. Influence of seed treatments on field seedling emergence, %

| Варіант обробки / Treatment | Сх 808А / Skh 808А | | | | Сх 51А / Skh 51А | | | | Сх 17А / Skh 17А | | | |
|-----------------------------|--|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|
| | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean |
| 1 | 86.9 | 91.9 | 92.7 | 90.5 | 73.4 | 93.3 | 95.1 | 87.2 | 80.3 | 82.8 | 92.0 | 85.0 |
| 2 | 89.3 | 94.7 | 94.8 | 92.9 | 77.5 | 97.7 | 97.3 | 90.8 | 85.7 | 85.7 | 96.4 | 89.2 |
| 3 | 94.7 | 95.3 | 97.5 | 95.8 | 79.5 | 96.3 | 98.3 | 91.3 | 83.2 | 84.4 | 96.7 | 88.1 |
| 4 | 92.6 | 93.1 | 97.8 | 94.5 | 81.1 | 98.4 | 98.7 | 92.7 | 86.1 | 87.7 | 97.1 | 90.3 |
| 5 | 93.0 | 93.6 | 95.2 | 93.9 | 79.5 | 99.6 | 96.0 | 91.7 | 82.8 | 84.4 | 95.6 | 87.6 |
| 6 | 91.0 | 95.6 | 97.5 | 94.7 | 80.7 | 97.7 | 97.0 | 91.8 | 84.4 | 85.7 | 95.5 | 88.5 |
| 7 | 93.4 | 96.7 | 98.1 | 96.1 | 79.9 | 96.5 | 96.5 | 91.0 | 85.2 | 86.1 | 96.5 | 89.3 |
| 8 | 93.4 | 94.0 | 94.8 | 94.1 | 80.7 | 98.6 | 97.7 | 92.3 | 82.8 | 84.8 | 96.0 | 87.9 |
| 9 | 89.8 | 96.6 | 97.3 | 94.6 | 79.5 | 97.6 | 97.6 | 91.6 | 84.4 | 85.2 | 96.2 | 88.6 |
| 10 | 95.9 | 94.2 | 95.9 | 95.3 | 76.6 | 93.7 | 96.9 | 89.1 | 83.6 | 84.4 | 96.6 | 88.2 |
| | НІР ₀₅ фактор А (лінія) – 1.37; НІР ₀₅ фактор В (рік) – 1.37; НІР ₀₅ фактор С (варіант обробки) – 2.50 / LSD ₀₅ factor A (line) – 1.37; LSD ₀₅ factor B (year) – 1.37; LSD ₀₅ factor C (treatment) – 2.50. | | | | | | | | | | | |

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.

1. Control (Standard): Barion (3.0 L/t) + Exor (6.0 L/t); 2. Standard + Avangard Start (2.0 L/t); 3. Standard + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 4. Standard + Avangard Start (2.0 L/t) + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 5. Standard + Nertus Start (0.8 L/t); 6. Standard + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 7. Standard + Nertus Start (0.8 L/t) + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 8. Standard + Puro Tech Seeds (1.5 L/t); 9. Standard + AKM (0.2 L/t); 10. Standard + Raykat Start (2.5 L/t).

У цілому встановлено, що застосування стимуляторів росту та мікродобрив у передпосівній обробці насіння сприяє підвищенню польової схожості соняшнику, причому найбільш ефективними є комбіновані варіанти препаратів. Реакція ліній на обробку відрізняється, однак у всіх випадках нами відзначено позитивну тенденцію до покращення формування сходів у польових умовах.

Аналіз показує, що досліджуваний показник був стабільно високим у всіх варіантах і варіював переважно в межах 95,0–98,6 %, що свідчить про добру адаптивність рослин та високу якість насіннєвого матеріалу. Вплив факторів досліді (лінія, рік, варіант обробки) був статистично вірогідним.

Серед досліджуваних генотипів найвищий рівень виживаності відзначено у лінії Сх 17А, де середні значення становили 97,8–98,6%. Максимальний показник отримано у варіанті еталон + Райкат Старт (2,5 л/т) – 98,%, що перевищувало контроль (97,8%) і свідчить про високу ефективність даного препарату. Також високі результати забезпечували варіанти із застосуванням Puro Tech Seeds (98,5 %) та АКМ (98,3%).

У лінії Сх 51А показники виживаності були дещо нижчими, проте також стабільно високими – у межах 95,7–97,9%. Найкращий результат забезпечував варіант еталон + Нертус Старт (97,9 %), що на 2,2 % перевищувало контроль. Високі значення також помічено при застосуванні Нертус Плантапег (97,1 %), АКМ (97,4 %) та Райкат Старт (97,4%).

Лінія Сх 808А характеризувалася середнім рівнем виживаності 95,0–96,7%. Найвищі значення отримано у варіантах еталон + Авангард Гроу Аміно (96,7%), а також при використанні Puro Tech Seeds та АКМ (по 96,6 %), що перевищували контроль (95,0%).

Вплив погодних умов років дослідження на виживаність рослин був незначним, що пояснюється високою пластичністю досліджуваного матеріалу. Незважаючи на певне зниження показників у 2024 році, рівень виживаності залишався високим у всіх варіантах (табл. 5).

Отже, встановлено, що передпосівна обробка насіння стимуляторами росту, антистресантами та мікродобривами сприяє підвищенню виживаності рослин соняшнику, однак величина ефекту є відносно невеликою через початково високий рівень показника. Найбільш ефективними виявилися варіанти із застосуванням Райкат Старт, Нертус Старт та комплексних препаратів, причому реакція рослин значною мірою залежала від генотипу лінії.

In summary, the application of growth stimulants and microfertilizers in presowing seed treatment improved field emergence in sunflower, with combined formulations being the most effective. Although the response of the lines varied, a positive trend, i.e. improved seedling establishment under field conditions, was observed in all cases.

Analysis shows that this parameter was consistently high across all experiments, ranging primarily between 95.0% and 98.6%. This indicates good plant adaptability and high quality of seeds. The effects of all experimental factors (line, year, and treatment) were statistically significant.

Among the studied genotypes, the highest survival rate was recorded in 'Skh 17A', where mean values ranged from 97.8% to 98.6%. The maximum survival rate was achieved in the Standard + Raykat Start (2.5 L/t) experiment, reaching 98.6%, exceeding the control (97.8%) and confirming the high efficacy of this combination. High survival rates were also documented in the Puro Tech Seeds (98.5%) and АКМ (98.3%) experiments.

In 'Skh 51A', the survival rates were slightly lower but remained consistently high, within 95.7–97.9%. The best result was achieved in the Standard + Nertus Start experiment (97.9% or 2.2% higher than in the control). High survival rates were also observed with Nertus Plantapeg (97.1%), АКМ (97.4%), and Raykat Start (97.4%).

'Skh 808A' showed medium survival rates of 95.0–96.7%. The highest survival rates were obtained in the Standard + Avangard Grow Amino (96.7%), Puro Tech Seeds, and АКМ (96.6% with each formulation) experiments (all these values were higher than the control survival rate of 95.0%).

The effect of the weather during the study years on plant survival was minor, which is explained by high phenotypic plasticity of the studied lines. Despite a slight decrease in the 2024 survival rates, the survival level remained high across all experiments (Table 5).

Thus, it was proven that presowing seed treatment with growth stimulants, anti-stress agents, and microfertilizers increases sunflower plant survival. However, the magnitude of this effect is relatively small due to the initially high baseline level of this parameter. The most effective treatments were those involving Raykat Start, Nertus Start, and combined formulations, with the plant response largely depending on the line genotype.

Таблиця 5. Вплив варіантів обробок насіння на виживаність рослин соняшника, %
Table 5. Influence of seed treatments on sunflower plant survival, %

| Варіант обробки / Treatment | Сх 808А / Skh 808А | | | | Сх 51А / Skh 51А | | | | Сх 17А / Skh 17А | | | |
|-----------------------------|--|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|------------------|------|------|----------------|
| | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean | 2022 | 2023 | 2024 | Середнє / Mean |
| 1 | 97.0 | 96.8 | 91.2 | 95.0 | 97.2 | 96.8 | 93.0 | 95.7 | 98.0 | 97.0 | 98.5 | 97.8 |
| 2 | 96.8 | 98.8 | 92.5 | 96.0 | 96.9 | 97.4 | 95.3 | 96.5 | 97.6 | 97.6 | 99.0 | 98.1 |
| 3 | 96.9 | 98.3 | 94.8 | 96.7 | 97.5 | 97.3 | 95.7 | 96.8 | 98.1 | 98.1 | 98.2 | 98.1 |
| 4 | 98.2 | 98.3 | 92.7 | 96.4 | 97.5 | 97.9 | 95.0 | 96.8 | 97.6 | 97.7 | 98.8 | 98.0 |
| 5 | 96.9 | 97.9 | 94.7 | 96.5 | 97.5 | 98.0 | 98.3 | 97.9 | 98.0 | 98.1 | 98.0 | 98.0 |
| 6 | 96.9 | 98.1 | 94.3 | 96.4 | 96.9 | 97.4 | 97.1 | 97.1 | 98.6 | 97.6 | 98.5 | 98.2 |
| 7 | 97.4 | 98.2 | 93.6 | 96.4 | 97.4 | 97.7 | 97.1 | 97.4 | 98.1 | 97.2 | 98.5 | 97.9 |
| 8 | 98.2 | 98.1 | 93.6 | 96.6 | 97.0 | 97.3 | 97.5 | 97.3 | 99.0 | 98.1 | 98.5 | 98.5 |
| 9 | 98.7 | 97.8 | 93.3 | 96.6 | 97.4 | 97.9 | 96.9 | 97.4 | 98.6 | 97.6 | 98.7 | 98.3 |
| 10 | 97.5 | 97.6 | 91.7 | 95.6 | 97.9 | 98.4 | 95.8 | 97.4 | 99.0 | 97.1 | 99.6 | 98.6 |
| | НІР ₀₅ фактор А (лінія) – 0.62; НІР ₀₅ фактор В (рік) – 0.62; НІР ₀₅ фактор С (варіант обробки) – 1.14 / LSD ₀₅ factor A (line) – 0.62; LSD ₀₅ factor B (year) – 0.62; LSD ₀₅ factor C (treatment) – 1.14. | | | | | | | | | | | |

1. Протруєння насіння Баріон, 3 л/т + Екзор, 6 л/т (етелон); 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.

1. Control (Standard): Barion (3.0 L/t) + Exor (6.0 L/t); 2. Standard + Avangard Start (2.0 L/t); 3. Standard + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 4. Standard + Avangard Start (2.0 L/t) + Avangard Grow Amino (1.0 L/t); 5. Standard + Nertus Start (0.8 L/t); 6. Standard + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 7. Standard + Nertus Start (0.8 L/t) + Nertus Plantapeg (0.6 L/t); 8. Standard + Puro Tech Seeds (1.5 L/t); 9. Standard + AKM (0.2 L/t); 10. Standard + Raykat Start (2.5 L/t).

За результатами статистичної обробки та побудови медіани нормального розподілу для всіх досліджуваних варіантів нами був встановлений характерний високий рівень медіан виживаності, які зосереджені переважно в межах 96–98 %. Це може вказувати на загальну стабільність ознаки незалежно від варіанта обробки. Але відзначається певна диференціація між досліджуваними лініями. Так, для лінії Сх 17А характерні найвищі медіанні значення та найменша варіабельність, що свідчить про її генетично зумовлену стабільність і високу адаптивність та відсутність змін виживаності залежно від варіанту обробки. Лінія Сх 51А характеризувалася проміжним положенням як за рівнем медіани, так і за шириною варіації варіантів обробки. Для лінії Сх 808А нами була встановлено відповідно найнижчі значення виживаності по досліді, а також найсильніше відхилення значень виживаності від медіани нормального розподілу (рис. 1).

Залежно від варіанта обробки насіння спостерігаються певні відмінності у положенні медіан. Найбільш високі та стабільні значення формуються у варіантах із застосуванням комбінованих препаратів та стимуляторів росту (зокрема Райкат Старт, Нертус Старт, Puro Tech Seeds), де медіани зміщені у верхню частину

From the statistical processing and construction of the normal distribution medians for all studied treatments, it is seen that the survival medians were consistently high, concentrated primarily within the 96–98% range. This may indicate the general stability of the trait regardless of the treatments. However, there was a certain differentiation between the studied lines. Specifically, ‘Skh 17A’ had the highest median values and the lowest variability, suggesting its genetically determined stability, high adaptability, and the absence of significant survival fluctuations across the treatments. ‘Skh 51A’ occupied an intermediate position in terms of both its median values and variation range across the treatments. For ‘Skh 808A’, we recorded the lowest survival rates and the most pronounced deviations from the normal distribution median (Fig. 1).

Depending on the seed treatment, there were certain differences in the median positions. The highest and most stable medians were noted in the experiments with combinations (specifically Raykat Start, Nertus Start, and Puro Tech Seeds), where the medians were shifted toward the upper part of the range and exhibited

діапазону і мають вузькі інтервали розсіювання. Це свідчить про не лише підвищення середнього рівня ознаки, але й про зменшення варіабельності, тобто стабілізацію процесів формування рослин.

narrow dispersion intervals. This indicates not only an increase in the average level of the trait but also a reduction in variability, representing a stabilized plant development.

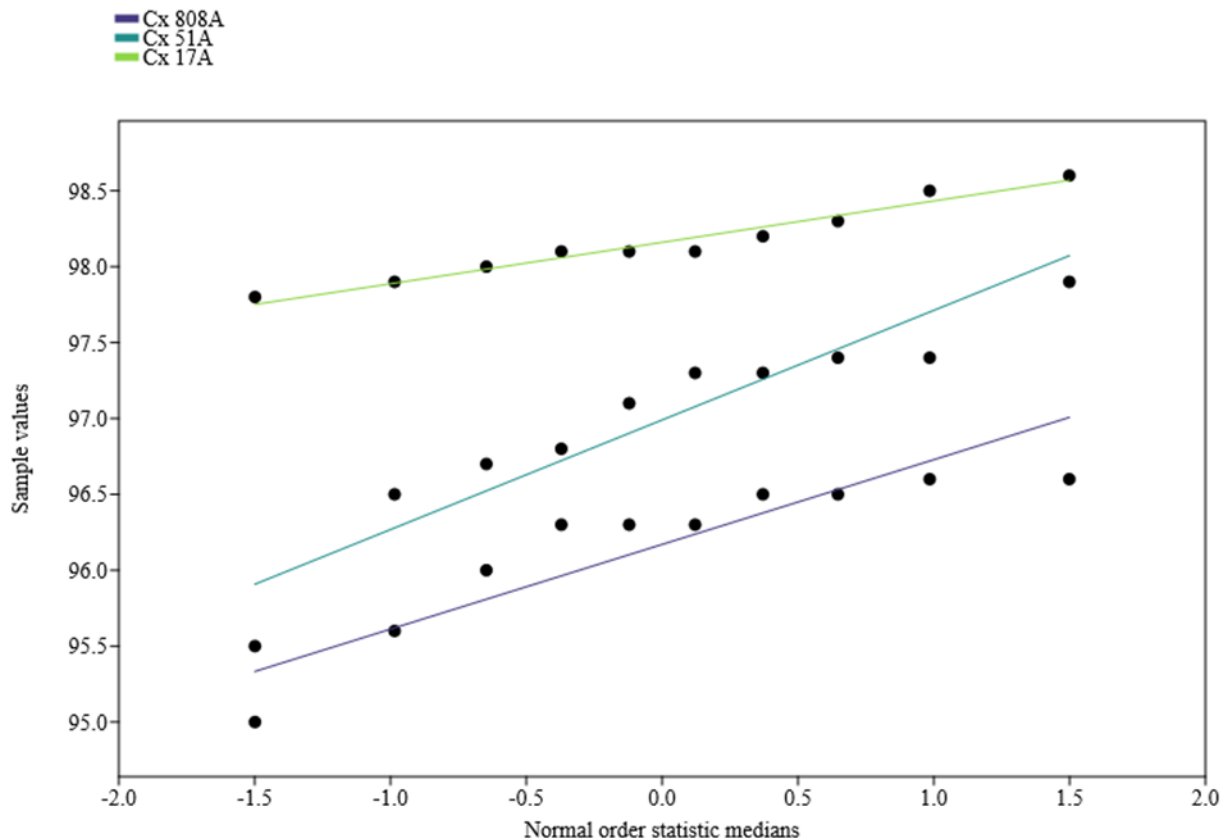


Рис. 1. Медіана нормального розподілу ознаки виживаності рослин за досліджуваними лініями залежно від варіанта обробки насіння

Примітка: Прямими лініями позначені теоретичні медіани для нормального розподілу; точками позначені спостережувані медіани виживаності для кожної лінії

Fig. 1. Normal probability plot of plant survival across studied sunflower lines.

Note: Straight lines represent the theoretical medians for a normal distribution; dots represent the observed survival medians for each line.

Нами встановлено, що вплив факторів на виживаність рослин був різним та найбільший внесок у варіацію показника мав генотип лінії (фактор А) у межах 35 %, що вказує на визначальну роль спадкових особливостей ліній у формуванні рівня виживаності. Це узгоджується з попередніми результатами, де лінія Сх 17А стабільно перевищувала інші за даним показником.

Фактор року (фактор В) мав помітний, але менший вплив у межах – 21%, що відображає роль погодних умов у реалізації потенціалу рослин. Водночас відносно невелика частка цього фактора може свідчити про достатню екологічну пластичність досліджуваних ліній, оскільки навіть за різних умов років рівень виживаності залишався досить високим.

We established that the effects of the investigated factors on plant survival differed significantly, with the largest contribution to the total variance made by the genotype (Factor A) at approximately 35%. This indicates the decisive role of hereditary characteristics in determining survival levels and aligns with previous findings where 'Skh 17A' consistently outperformed the others in this regard.

The year factor (Factor B) made a notable but smaller contribution of 21%, reflecting the role of weather in the realization of the plants' biological potential. At the same time, the relatively low share of this factor suggests sufficient environmental plasticity of the studied lines, as survival levels remained high despite varying annual conditions.

Варіант обробки насіння (фактор С) мінімально впливав на формування ознаки та становив на рівні 6%, його частка є найменшою серед основних факторів. Це пояснюється тим, що вихідний рівень виживаності був близьким до максимального, тому потенціал для суттєвого підвищення показника за рахунок обробки був обмеженим та не міг змінюватися.

Разом з тим, певну роль відіграють і взаємодії факторів (A×B, A×C, B×C), що свідчить про неоднакову реакцію різних ліній на умови року та застосовані препарати (рис. 2).

The seed treatment (Factor C) had a minimal impact on the trait, accounting for only 6% of the variance—the smallest contribution among the factors. This is explained by the fact that the baseline survival was near-maximal; thus, the potential for significant further improvement through treatment was inherently limited.

Furthermore, a certain role was played by inter-factor interactions (A×B, A×C, B×C), indicating that different lines react uniquely to annual conditions and formulations (Fig. 2).



Рис. 2. Частка впливу факторів на виживаність рослин ліній
 Fig. 2. Contribution of factors to the total plant survival variance in sunflower lines

Висновки

Встановлено, що передпосівна обробка насіння стимуляторами росту та мікродобривами достовірно впливає на енергію проростання, лабораторну і польову схожість та виживаність рослин ліній соняшнику. Найбільший вплив на формування досліджуваних ознак мав генотип лінії, тоді як варіант обробки проявляв менший, але статистично значимий ефект.

Найвищі показники посівних якостей стабільно формувала лінія Сх 17А, тоді як реакція інших ліній була більш варіабельною і залежала від застосованих препаратів. Найбільш ефективними виявилися комбіновані варіанти обробки (Авангард Старт + Авангард Гроу

Conclusions

It was proven that presowing seed treatment with growth stimulants and microfertilizers significantly influences germination energy, laboratory germination, field emergence, and survival of sunflower lines. The genotype had the greatest influence on the studied traits, while the treatment exhibited a smaller but statistically significant effect.

The line ‘Skh 17A’ consistently demonstrated the highest sowing quality indicators, whereas the response of the other lines was more variable and depended on the formulations. The most effective treatments turned out to be combinations (Avangard Start +

Аміно, Нертус Старт + Нертус Плантапег) та окремі препарати (Райкат Старт, АКМ), які забезпечували підвищення показників відносно контролю. Встановлено, що виживаність рослин була високою у всіх варіантах (95–98%), а вплив обробки насіння на цю ознаку був обмеженим через її високий базовий рівень.

Таким чином, можна говорити, що ефективність застосування стимуляторів росту та мікродобрив визначається взаємодією генотип × препарат, що необхідно враховувати при оптимізації технологій вирощування соняшнику.

Заява про доступність даних: Дані включені безпосередньо в статтю.

Використання штучного інтелекту (ШІ): При підготовці і написанні статті штучний інтелект не використовувався.

Конфлікт інтересів: Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

Фінансування: Дослідження виконано за завданням 16.00.00.03.Ф «Встановлення закономірностей мінливості репродукційних процесів соняшнику під впливом регуляторів росту і мікродобрив та розроблення на їх основі способів підвищення насінневої продуктивності батьківських компонентів гібридів» (№ державної реєстрації 0121U100557).

Avangard Grow Amino, Nertus Start + Nertus Plantapeg) and individual formulations (Raykat Start, AKM), which increased the measured parameters compared to the control. It was noted that plant survival was high in all experiments (95–98%), and the impact of seed treatment on this trait was limited due to its high baseline level.

Thus, the efficacy of growth stimulants and microfertilizers is determined by the genotype × treatment interaction, which must be considered when optimizing sunflower cultivation technologies.

Data Availability Statement: The data are included in the article.

Use of Artificial Intelligence (AI): Artificial intelligence was not used in the preparation and writing of this article.

Conflict of Interest: Authors declare state that no conflicts exist.

Funding: The research was carried out under the task 16.00.00.03.F "Establishment of patterns of variability of sunflower reproductive processes under the influence of growth regulators and microfertilizers and development of methods based on them to increase seed productivity of parental components of hybrids" (state registration number 0121U100557).

References

- Ali, A. A., Lamloom, S. F., El-Sorady, G. A., Elmahdy, A. M., Abd Elghany, S. H., Usman, M., & Abdelghany, A. M. (2024). Boosting resilience and yields in water-stressed sunflower through coordinated irrigation scheduling and silica gel applications. *Heliyon*, 10(20). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e38129>
- Buriak, Yu. I., Ohurtsov, Yu. Ye., Chernobab, O. V., & Klymenko, I. I. (2014). Sowing qualities of sunflower seeds depending on the influence of plant growth regulators and seed dressers. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 105, 173–177. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2014.42072> [in Ukrainian]
- Chuiiko, 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>
- Chuiiko, D. V. (2022). Evaluation of sunflower starting material for breeding-valuable traits. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 121, 6–14. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.260986>
- Chuyko, D. V., Bragin, O. M., Mykhailenko, V. O., Romanova, T. A., & Romanov, O. V. (2020). Influence of plant growth regulators on productivity of sunflower lines. *Seleksiia i Nasinnytstvo*, 117, 215–226. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2020.207186> [in Ukrainian]
- DSTU 4138-2002. (2003). *Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality*. Derzhstandart Ukrainy. [in Ukrainian]
- El-D, A. M. S. A., Salama, A., & Wareing, P. F. (1979). Effects of mineral nutrition on endogenous cytokinins in plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Experimental Botany*, 30(5), 971–981. <https://doi.org/10.1093/jxb/30.5.971>
- Gruznova, K. A., Bashmakov, D. I., Miliauskienė, J., Vaštakaitė, P., Duchovskis, P., & Lukatkin, A. S. (2018). The effect of a growth regulator Ribav-Extra on winter wheat seedlings exposed to heavy metals. *Zemdirbyste-Agriculture*, 105(3), 227–234. <https://doi.org/10.13080/z-a.2018.105.029>
- Hammer, Ø., & Harper, D. A. T. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1.

- Hussain, S., Khalili, A., Qayyum, A., Khan, S. U., Mehmood, A., Ahmad, G., & Zeng, Y. (2025). Optimizing sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids growth, achene and oil yield through soil applied sulphur and zinc. *Scientific Reports*, 15(1), 13829. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96800-2>
- Klymenko, I. I. (2015). Influence of plant growth regulators and microfertilizer on seed yield of sunflower lines and hybrids. *Selektsiia i Nasinnytstvo*, 107, 183–188. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2015.54055> [in Ukrainian]
- Marenych, M. M., Yurchenko, S. O., Bahan, A. V., & Yeshchenko, V. M. (2018). Formation of productivity of winter wheat varieties under the influence of humic substances. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 63–66. <https://doi.org/10.31210/visnyk2018.01.09> [in Ukrainian]
- Pokoptseva, L. A., Yeremenko, O. A., & Bulhakov, D. V. (2015). Use of plant growth regulators for pre-sowing treatment of sunflower seeds of hybrid Armada. *Visnyk Ahrarnoi Nauky Prychornomia*, 8(10), 127–135. [in Ukrainian]
- Rehman, H., Alharby, H. F., Alzahrani, Y., & Rady, M. M. (2018). Magnesium and organic biostimulant integrative application induces physiological and biochemical changes in sunflower plants and its harvested progeny on sandy soil. *Plant Physiology and Biochemistry*, 126, 97–105. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.02.031>
- Santini, G., Biondi, N., Rodolfi, L., & Tredici, M. R. (2021). Plant biostimulants from cyanobacteria: An emerging strategy to improve yields and sustainability in agriculture. *Plants*, 10(4), 643. <https://doi.org/10.3390/plants10040643>
- Sendetskyi, V. M. (2018a). Germination and plant density of sunflower hybrids under pre-sowing seed treatment. *Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics*, 28, 120–125. [in Ukrainian]
- Sendetskyi, V. M. (2017). Influence of growth regulators on growth, development and yield formation of sunflower plants. *Visnyk Dnipropetrovskoho Derzhavnoho Ahrarno-Ekonomichnoho Universytetu*, 3, 40–43. [in Ukrainian]
- Sendetskyi, V. M. (2018b). Influence of humic preparations on yield and quality indicators of sunflower seeds in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Naukovi Visnyk NUBiP Ukrainy. Series: Agronomy*, 294, 32–41. <https://doi.org/10.31548/AGR2018.294.032> [in Ukrainian]
- Shafiq, B. A., Nawaz, F., Majeed, S., Aurangzaib, M., Al Mamun, A., Ahsan, M., & ul Haq, T. (2021). Sulfate-based fertilizers regulate nutrient uptake, photosynthetic gas exchange, and enzymatic antioxidants to increase sunflower growth and yield under drought stress. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(3), 2229–2241. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00516-x>
- Shakalii, S. M., & Kulyk, Ye. I. (2024). Influence of biostimulant treatment methods on sowing qualities of sunflower seeds. *Tavriyskiy Naukovi Visnyk*, 137, 343–351. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.137.40> [in Ukrainian]
- Tütüncü, M. (2024). The effects of the combination of mycorrhizae, vermicompost and humic acid applications on ornamental sunflower growth parameters. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 39(1), 183–194. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1415885>
- Volkodav, V. V. (2000). *Methods of state variety trials of agricultural crops*. Derzhavna Komisiia Ukrainy po Vyprobuvanniu ta Okhoroni Sortiv Roslyn. [in Ukrainian]
- Yuldasheva, Z. F., & Karabayeva, D. J. (2023). The effect of different doses of biostimulants on the yield of oilseed sunflower. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1142(1), 012097.
- Zapletalová, A., Vician, T., Ernst, D., Černý, I., Vicianová, M., & Bušo, R. (2024). Formation of quantitative and qualitative parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) after application of stimulating substances. *Journal of Central European Agriculture*, 25(3), 675–685. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1371/8/082034>