

Formation of sunflower productivity (*Helianthus annuus* L.) depending on agrotechnical methods

V. Kalambet✉

Article info

Correspondence Author

V. Kalambet

E-mail:

vitalii.kalambet@pdaa.edu.uaPoltava State Agrarian
University,
Skovoroda St., 1/3,
Poltava, 36000, Ukraine

Citation: Kalambet, V. (2025). Formation of sunflower productivity (*Helianthus annuus* L.) depending on agrotechnical methods. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (2), 81–86. doi: 10.31210/spi2025.28.02.13

The article examines current sunflower (*Helianthus annuus* L.) cultivation trends in Ukraine in the context of the growing global demand for sunflower oil. Annual sunflower remains one of the priority field crops in Ukraine, occupying approximately 25–29 % of the total sown area. The high global demand for sunflower oil and the advancement of agrotechnology have contributed to a significant expansion of sunflower cultivation areas, which, despite the ongoing war, remain not only consistently high but also show potential for further growth. Particular attention is given to the impact of mineral fertilization on the realization level of the productive potential of sunflower hybrids. The effective application of mineral fertilizers is a key factor in increasing yield and improving the quality characteristics of seeds. However, under conditions of ongoing climate change, accompanied by increasing moisture deficits, the effectiveness of fertilizers may be insufficiently realized. It is found that an optimal fertilization system should consider the type of fertilizer, timing, method, and application rate following the 4-R strategy. Research results indicate that sunflowers respond positively to mineral nutrition under typical growing conditions, particularly when phosphorus and sulfur are applied, contributing to increased yields and higher oil content in the seeds. Excessive nitrogen fertilization may stimulate vegetative growth while reducing oil content. The relationship between plant density and productivity is analyzed concerning the agro-climatic zone. The study also emphasizes the importance of considering hybrid-specific characteristics, as different genotypes respond differently to growing conditions and fertilization levels. The optimal plant density varies depending on the zone, moisture conditions, and hybrid, ranging from 50,000 to 90,000 plants/ha. In arid conditions, fertilizer efficiency decreases, highlighting the need for adapted technologies, including sulfur-enriched fertilizers and precision application. Future research should study the interactions between fertilizers, hybrid-specific traits, and moisture conditions to enhance crop productivity under climate change.

Keywords: sunflower, hybrid, fertilization, plant density, yield, quality.

Формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від агротехнічних прийомів

В. В. Каламбет

Полтавський державний
аграрний університет,
м. Полтава, Україна

В огляді розглянуто сучасні тенденції вирощування соняшника (*Helianthus annuus* L.) в Україні в контексті зростаючого попиту на соняшникову олію на світовому ринку. Соняшник однорічний залишається однією з пріоритетних польових культур в Україні, займаючи у структурі посівних площ біля 25–29 %. Високий світовий попит на соняшникову олію та розвиток агротехнологій сприяли значному розширенню площ під культурою, які, попри війну, залишаються не лише стабільно високими, але мають перспективи щодо їх розширення. Особливу увагу приділено впливу мінерального удобрення на рівень реалізації продуктивного потенціалу гібридів соняшника. Ефективне застосування мінеральних добрив є ключовим чинником у підвищенні урожайності та поліпшенні якісних показників насіння, але в умовах постійних кліматичних змін, які супроводжуються збільшенням дефіциту вологи, їх дія може бути недостатньо реалізованою. Встановлено, що оптимальна система удобрення повинна враховувати тип добрива, строки, спосіб та дозу його внесення, дотримуючись стратегії 4-R. Результати науковців доводять, що за типових умов вирощування соняшник позитивно реагує на мінеральне живлення, зокрема на внесення фосфору і сірки, які сприяють підвищенню урожайності та збільшенню вмісту олії в насінні культури. Надмірне азотне живлення може стимулювати вегетативний ріст, знижуючи вміст олії. Проаналізовано взаємозв'язок між густотою стояння рослин і їх продуктивністю, залежно від агрокліматичної зони. Встановлено також важливість врахування особливостей гібридів: різні генотипи по-різному реагують на умови вирощування та рівень удобрення. Оптимальна густина стояння рослин варіює залежно від зони, умов зволоження та гібриду, коливаючись у межах 50–90 тис. рослин/га. У посушливих умовах ефективність добрив знижується, що зумовлює потребу в адаптованих технологіях, зокрема використанні добрив із підвищеним вмістом сірки та прецизійного внесення.

Ключові слова: соняшник, гібрид, удобрення, густина рослин, урожайність, якість.

Бібліографічний опис для цитування: Каламбет В. В. Формування продуктивності соняшнику (*Helianthus annuus* L.) залежно від агротехнічних прийомів. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (2). С. 81–86.

Світова ринкова кон'юнктура останніх років створила стабільний попит на соняшникову олію. Це на пряму вплинуло на український аграрний ринок – сільськогосподарські підприємства почали збільшувати площі під соняшником однорічним і за останні 20 років вони вирости майже вдвічі [10]. Фактори, що збільшили прибутковість вирощування соняшника в Україні, пов'язані не тільки із тенденціями у світі. Додатково можна навести такі чинники як: ріст досвіду спеціалістів галузі, освоєння нових

технологій вирощування, запровадження високоврожайних гібридів.

На важливість і пріоритетність соняшника як сільськогосподарської культури в Україні вказує його частка в розрізі основних польових культур, яка коливається в межах 25–29 % за останні шість р. (рис. 1). Згідно Державної служби статистики в 2021 р. посіви соняшника досягли 6,5 млн. га – найбільше за весь час, а в 2023 р., навіть перевищили площі під пшеницею озимую [10].

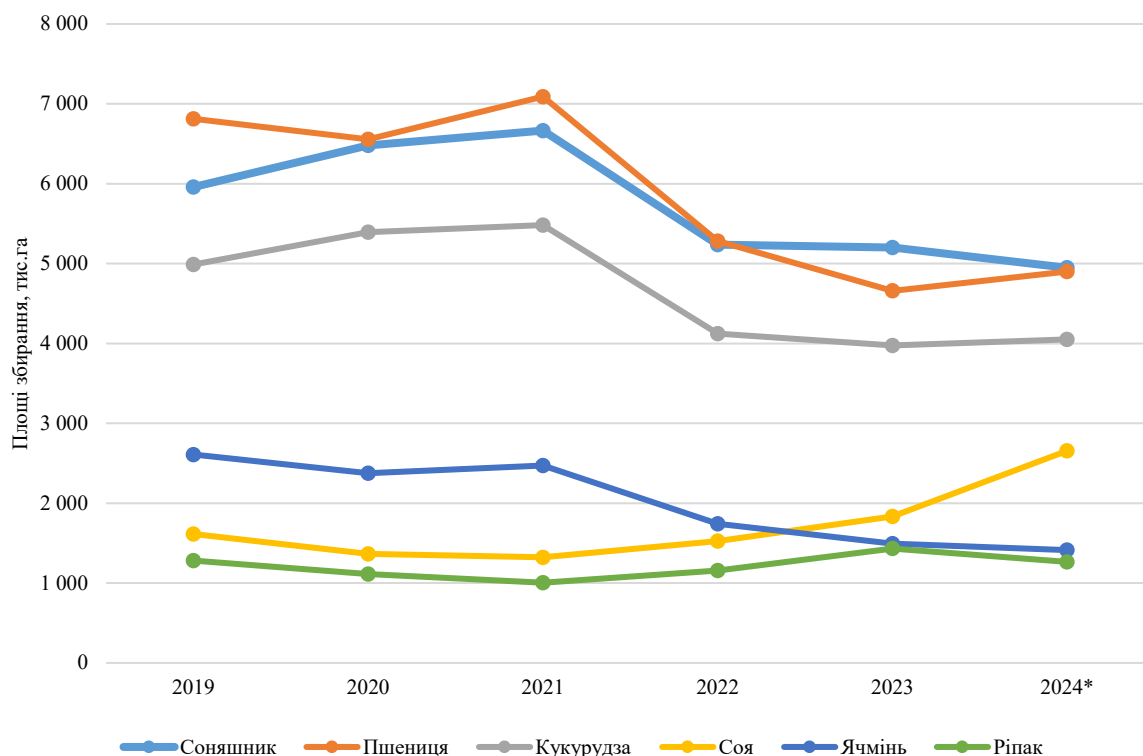


Рис. 1. Частка площ збирання соняшника в розрізі основних польових культур в Україні 2019–2024 рр.

Примітка: * – вказані площі посіву.

Джерело: дані Державної служби статистики [10].

Дещо інші дані але з невеликою різницею показує супутниковий моніторинг: в 2021 і 2022 рр. під соняшником було розпізнано площ біля 7,10 і 6,75 млн. га відповідно. Навіть повномасштабне вторгнення значним чином не вплинуло на площі і зменшення посівів оцінюється тільки на 5 % порівняно з довоєнним періодом [33]. Доводиться говорити більше про зміну географії посівів соняшнику, ніж про зменшення його частки в структурі основних сільськогосподарських культур. У 2023 р. спостерігалось зміщення основних посівів з південних і східних областей у центральні, північні та західні [29]. Всі ці факти стверджують, що висока частка соняшнику залишатиметься у структурі посівних площ сівозмін сільськогосподарських підприємств ще тривалий час.

Умови ефективного застосування добрив

Численні досліді із технології вирощування соняшника не можуть бути вичерпними оскільки умови та засоби постійно змінюються. Тому

важливим буде систематичне вивчення нових гібридів соняшнику, реакції їх урожайності на нові середовища вирощування, тестування нових агро-технологій та визначення найбільш ефективних прийомів, які дають найвищий прибуток з одиниці площі.

Оскільки частка витрат на синтетичні добрива у собівартості отриманого урожаю соняшника є значною, важливими для сільгоспвиробника є знання про те, як реагують сучасні гібриди на різні системи удобрення. В останні роки особливо актуальним стало питання ефективного використання рослинами гранульованих мінеральних добрив в умовах глобальної зміни клімату та зменшення опадів у вегетаційний період сільськогосподарських культур. В агробіоценозах, де існує тривала посуха, використання поживних речовин культурними рослинами буде неповним. Доцільним буде дотримання стратегії 4-R (чотири оптимуми): вид, кількість, місце, строки внесення добрив [1]. Високі дози добрив та неправильне розміщення гранул в ґрунті в умовах недостатнього вологозабезпечення можуть

утворювати висококонцентровані токсичні для рослин розчини. В нормальних природніх умовах ґрунтовий розчин має невисоку концентрацію 0,02–0,20 %, а найкращим для культурних рослин є концентрація 0,03–0,20 %. Оптимальною вологістю ґрунту для живлення рослин є 60–80 % його повної польової вологоємності [7].

Дослідження свідчать, що корінь рослини поглинає великі кількості азоту, фосфору та калію не тільки через масовий потік, а й через дифузію. Для постійних процесів як масового потоку, так і дифузії в ґрунті потрібна вода – це незамінний компонент ґрунтового розчину [20]. Іони поживних речовин, щоб потрапити в рослину, обов'язково мають перейти з твердої фази ґрунту в ґрунтовий розчин [6]. Тому в наш час, коли посуха стає частим явищем і агро-екологічні чинники значною мірою впливають на формування продуктивності соняшнику, буде важливим розуміння того, як, використовуючи гранульовані мінеральні добрива, не зашкодити рослинам, ефективніше використовувати систему удобрення.

Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від рівнів удобрення

Аналізуючи останні дослідження, можна сказати, що соняшник завжди позитивно відгукується на мінеральні добрива в нормальних умовах вирощування. На основі 2-річних даних в умовах Лівобережного Лісостепу України в дослідженні В. М. Тоцького, В. В. Гангура, І. А. Полякова [26] виявлено, що найбільший приріст урожайності трьох гібридів соняшника (та збір олії з одиниці площі), порівняно з контролем, отримано на варіанті із внесенням $N_{32}P_{32}K_{32}$ +позакореневе підживлення рослин карбамідом (10 кг/га у фізичній вазі) у фазу 5–6 пар листків. Також відзначено, що краща олійність насіння була на варіантах, де основним добривом був амофос $N_{12}P_{52}$.

В іншому польовому дослідженні, проведеному в цій же агрокліматичній зоні, було виявлено, що максимальну урожайність гібридів високоолеїнового соняшнику було отримано на варіанті з удобренням $N_{94}P_{48}K_{48}$, а найбільшу олійність насіння – на варіанті із внесенням $N_{80}P_{80}K_{80}$ [4]. Автор також стверджує, що підвищення азотного живлення з N_{80} до N_{94} знижувало вміст олії в сім'янках на 1,26 %.

В зоні Полісся, на дерново-підзолистому піщаному ґрунті, гібриди, що вивчали формували найвищу врожайність на варіанті із внесенням фосфорно-калійних добрив + сечовина у дозі $P_5K_{55}+N_{46}$ [14].

Результати досліджень проведених в умовах Лівобережного Лісостепу України, свідчать, що додаткове живлення мінеральними добривами знижувало показник вмісту олії в насінні соняшнику у варіантах з нульовим та мінімальним обробітком ґрунту, але збільшувало загальний вихід олії з одиниці площі за рахунок підвищення урожайності насіння на підживлених варіантах досліду [8].

В досліді, де вивчали вплив удобрення на ріст і розвиток соняшнику відзначено, що мінеральні добрива подовжують вегетаційний період соняшнику від 3 до 10 днів, порівняно з неудобреним контролем

(в умовах Вінницької області). Також спостерігали тенденцію до збільшення висоти рослин на удобрених варіантах. Варіант з підвищеною нормою азоту – $N_{90}P_{45}K_{45}$ найбільше подовжував вегетаційний період та характеризувався найвищими рослинами [9]. За вирощування соняшнику цю особливість потрібно враховувати оскільки інтенсивний ріст стебел та збільшення висоти рослин соняшнику не є сприятливим в умовах постійних вітрів, високого інфекційного фону поля, пізніх термінів збирання.

Але в одному з досліджень, проведеному в зоні Степу України спостерігається відсутність позитивного впливу мінеральних добрив на урожайність і, відповідно, на рентабельність. Причиною цьому були посушливі погодні умови в роки випробувань та ураження рослин білою і сірою гниллю [19]. У довготривалому стаціонарному досліді, що був закладений на південному сході Болгарії і тривав 45 років, вивчався вплив NPK на стійкість соняшника до посухи [31]. За результатами спостережень виявлено низький вплив мінеральних добрив на стійкість до посухи соняшника. Автори припускають, що в посушливих умовах доцільності використання добрив немає. Вчені стверджують, що внаслідок низької вологості ґрунту зменшується рухомість поживних речовин і знижується ефективність використання мінеральних добрив [25].

Відсутність значного позитивного впливу добрив в окремі роки можна пояснити занадто посушливим сезоном та низькою ефективністю гранульованих продуктів в умовах пересушеного верхнього шару ґрунту. Адже, як доведено в інших дослідженнях, ефективність гранульованих мінеральних добрив значно зростає у більш вологих умовах [30] за середніх рівнів урожайності соняшнику (2–3 т/га) та припосівного способу їх внесення. Також кількість засвоєних поживних речовин рослинами соняшнику залежить не тільки від їх наявності, доступності в ґрунті та присутності вологи, а й визначається генетичними особливостями гібридів [15]. Іншими словами – різні генотипи будуть використовувати неоднакову кількість поживного ґрунтового розчину через особливості морфології кореневої системи. Доведено, що дефіцит ґрунтової вологи стимулює глибше проникнення верхнього ярусу кореневої системи соняшнику та призводить до слабкого розвитку верхніх коренів в горизонтальній площині, наприклад в зоні внесення припосівного добрива [32] і це може впливати на можливість гібриду використовувати поживні речовини на глибині їх загортання.

При плануванні системи удобрення соняшнику важливі науково-обґрунтований підхід та знання про потреби цієї культури в певних елементах живлення. Останні дослідження вказують на те, що реакція урожайності насіння найбільш помітна за зміні фосфорного живлення соняшнику. Наприклад, у разі застосування добрив з різним вмістом фосфору (нітроамофоска і амофос) приріст урожайності був більшим на варіанті із підвищеним вмістом цього елемента [23]. Азот є важливим елементом, але його надлишок в ґрунті не буде істотно підвищувати урожайність насіння, а лише збільшуватиме вегетативну частину та підвищуватиме вміст білку в насінні [22, 7].

Сірка відіграє значну роль в підвищенні стійкості рослин до абіотичних стресів [13]. Звідси виникає гіпотеза щодо позитивної дії сірковмісного добрива на формування урожайності соняшнику в посушливі сезони. Як підтвердження можна навести результати дослідів, які було отримано в іншому польовому експерименті, де було використано гранульоване добриво з високим вмістом сірки, застосований варіант з добривом Duofertil Eurocereal 34 ($N_{10}P_{24}S_{20}B_{0,1}Zn_{0,1}$) після дворічних випробувань показав найвищу урожайність соняшнику [30].

В одному із вегетативних дослідів вивчався вплив дефіциту різних макро- і мікроелементів на розвиток соняшнику. Згідно результатів було виявлено, що нестача азоту, фосфору, калію, кальцію та заліза в поживному розчині під час вегетативної стадії розвитку соняшника сильно впливала на висоту рослин, товщину стебла, кількість листків та, особливо, на площу листової поверхні [28]. Дефіцит магнію та сірки був менш вираженим за впливом на розвиток вегетативних органів рослини.

В експериментальних дослідженнях останніх років недостатньо уваги приділяється впливу припосівного внесення добрив на урожайність соняшнику через складність проведення таких дослідів. Г. М. Господаренко вказує на те, що ця технологія застосування мінеральних добрив є найбільш ефективною [7]. Розміщення легкодоступних сполук фосфору в зоні росту коренів рослин на початкових фазах онтогенезу закладають передумови формування високої урожайності культури. Дефіцит потрібних речовин в поточній стадії не може бути компенсований у пізній фазі розвитку як соняшнику, так будь-якої іншої культури. Використання гранульованого комплексного добрива у припосівний спосіб теоретично надає можливість рослинам соняшника мати пролонгований доступ до необхідного поживного середовища від появи перших кореневих волосків до фази наливу сім'янок. Досліди, проведені в степовій зоні України, показали, що в якості припосівного добрива варіант з амофосом був більш урожайним ніж варіант з нітроамофоскою [23].

Урожайність та якість насіння соняшнику залежно від густоти рослин

Важливим чинником за формування продуктивності соняшника є густота стояння рослини на одиниці площі. На практиці виробники формують густоту стояння товарних посівів соняшника від 35 до 60 тисяч рослин на 1 га залежно від зони і технології вирощування [15] та генетичних особливостей гібриду [18]. За даними досліджень, що проводилися в умовах Правобережного Лісостепу України виявлено, що найбільша урожайність соняшника, в середньому за два роки, була за густоти рослин 90 тис./га [2]. При цьому найвищий вміст олії спостерігався в сім'янок з рослин, де густота була на рівні 70 тис./га.

В інших дослідженнях, проведених в умовах Лівобережжя Лісостепою зони України, йдеться про найвищу урожайність соняшника за норми висіву 50 [27] і 60 тис.шт./га [4]. Також доведено, що

за збільшення густоти рослин зменшується маса 1000 сім'янок соняшника [27], а вміст олії в насінні зростає на 0,4–0,84 % [4]. В дослідях В. В. Нестерчука йдеться про те, що оптимальна густота може бути різною для двох відмінних гібридів [18]. Також він доводить що на формування урожайності соняшнику впливає не тільки густота стояння рослин, а й погодні умови, які складаються протягом вегетації культури.

За результатами двох років польових випробувань в умовах Південного Степу України було встановлено оптимальну густоту висіву соняшнику на рівні 50 тис. схожих насінин [12]. В іншому дослідженні, що проводилося в зоні Північного Лісостепу Лівобережної України, було визначено оптимальну густоту стояння рослин – 60 тис.шт./га [21]. Загалом можна зробити висновок, що оптимальна густота залежить від вологозабезпечення в зоні вирощування та загального габітусу рослин соняшнику.

Роль гібриду у формуванні продуктивності соняшнику

Оскільки кожного року в Україні реєструється в середньому від 50 до 100 нових гібридів соняшнику [11] важливим питанням є їх широке випробування в умовах, наближених до товарних посівів. Тому майже в кожному експерименті із соняшником одним з чинників є гібрид. Звичайно, що погодні умови будуть найбільше впливати на урожайність соняшнику, але біотип гібриду буде наступним за значущістю [24].

У дослідженнях Л. А. Гарбара, У. Ліщука, Н. І. Довбаша, Н. В. Кнапа [5], які проводилися впродовж 2018–2019 рр. на чорноземах типових малогумусних в умовах Чернігівської області виявлено, що фактор гібриду мав найбільший вплив на урожайність соняшнику. Схожі досліді в цьому ж регіоні підтверджують це, вказуючи, що чинник гібриду в двофакторному досліді із сортовивчення та густоти стояння має найбільший вплив на формування урожайності насіння соняшнику [21]. Різниця урожайності насіння різних гібридів може бути до 15 % [24]. Існує пряма кореляція між стійкістю до хвороб та врожайністю гібридів. Тому вибір адаптованого, стійкого до хвороб гібриду буде однією із умов отримання високого та якісного урожаю насіння.

Висновки

Метою проведеного огляду був пошук та огляд сучасних тенденцій вирощування соняшника (*Helianthus annuus* L.) в Україні в контексті зростаючого попиту на соняшникову олію на світовому ринку. Підсумовуючи виявлені результати наведені в численних наукових працях, можна відзначити, що соняшник однорічний залишається найбільш популярною сільськогосподарською культурою в Україні. Цьому сприяють висока рентабельність та біологічна адаптація даної культури. В типових умовах вирощування соняшник позитивно реагує на додаткове мінеральне живлення. Але в умовах посухи внесення мінеральних добрив може бути економічно

недоцільним. Підвищення азотного живлення збільшує вегетативну частину і вміст білку в насінні соняшнику, але може зменшувати вміст олії в насінні. Позитивно на підвищення олійності впливає фосфор. Гранульовані мінеральні добрива доцільно вносити під соняшник припосівним способом за достатньої вологості ґрунту в зоні внесення та росту коренів. Високі густоти стояння рослин соняшнику збільшують вміст олії в насінні. Фактор гібриду при польових дослідженнях має значний вплив на формування урожайності насіння соняшнику. Як густота стояння рослин, так і застосування різних систем удобрення є регулюючими чинниками, які з різними варіаціями можуть бути вивчені в польовому дослідженні для визначення оптимального поєднання «гібрид-система удобрення-густина стояння» для отримання максимальної урожайності, вмісту олії в насінні та виходу олії з 1 га посівів соняшнику.

Конфлікт інтересів

Автор стверджує про відсутність конфлікту інтересів щодо викладу та результатів досліджень.

References

- Baliuk, S. A., Medvediev, V. V., & Nosko, B. S. (2018). *Adaptatsiia ahrotekhnologii do zmin klimatu: gruntovo-ahrokhimichni aspekty: kolektyvna monohrafiia*. Kharkiv : Styl'na typohrafiia [in Ukrainian]
- Borysenko, V. V. (2023). Oliinist ta yakist hibrydiv soniashnyka zalezno vid elementiv tekhnologii vyroshchuvannia. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 130, 17–22. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2023.130.3> [in Ukrainian]
- Hanhur, V., Kosminskyi O., Len, O., & Totskyi, V. (2022). Effect of fertilizer on sunflower productivity and seed quality. *Scientific Progress & Innovations*, 2, 50–56. <https://doi.org/10.31210/visnyk2022.02.05>
- Hanhur, V. V. (2021). Influence of mineral fertilizers on the content of nutrients in the soil and the yield of sunflower hybrids of different maturity groups. *Scientific Progress & Innovations*, 1, 116–121. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.13>
- Garbar, L. A., Lishchuk, U., Dovbush, N. I., & Knap, N. V. (2021). Efficiency of fertilizing in sunflower cultivation technology. *Plant and Soil Science*, 12 (1), 28–38. <https://doi.org/10.31548/agr2021.01.028>
- Horodnii, M. M., & Serdiuk, A. H. (1984). *Ahrokhimiia : pidruchnyk*. Kyiv : Vyscha shkola [in Ukrainian]
- Hospodarenko, H. M. (2018). *Ahrokhimiia*. Kyiv: Sik Hrup Ukraina [in Ukrainian]
- Hubenko, L. V., Zadubynna, Ye. V., & Tarasenko, T. V. (2018). Formuvannia produktyvnosti soniashnyku zalezno vid system osnovnoho obrobittu hruntu i udobrennia. *Zemlerobstvo*, 1, 27–31. [in Ukrainian]
- Hutsol, G., & Mazur, O. (2024). Sunflower growth and development depends on fertilizer. *Agriculture and Forestry*, 1 (32), 62–75. Internet Archive. <https://doi.org/10.37128/2707-5826-2024-1-6>
- Derzhavna sluzhba statystyky. Ploshchi, valovi zbory ta urozhainist silskohospodarskykh kultur. *Derzhstat*. Retrieved from: <https://stat.gov.ua/uk/datasets/ploshchi-valovi-zbory-ta-urozhainist-silskohospodarskykh-kultur-0> [in Ukrainian]
- Derzhavnyi reestr sortiv roslin, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini. *Ministerstvo aharnoï polityky ta prodovolstva Ukrainy*. Retrieved from: <https://minagro.gov.ua/file-storage/reestr-sortiv-roslin> [in Ukrainian]
- Kohut, I. M., Valentiuk, N. O., & Shchetnikova, L. A. (2020). The formation of productiveness of the sunflower depending on the spacing of the plants in the conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Taurian Scientific Herald*, 112, 93–98. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.13>
- Kutsenko, O. M., & Kalambet, V. V. (2023). Osnovni tendentsii vyroshchuvannia soniashnyku v Ukraini v 2021–2023 rokakh. *Aktualni napriamky ta problematyka u tekhnologiiakh vyroshchuvannia produktiv roslinnytstva: materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii (23 lystopada 2023 r. Poltava)*. (s. 86–89). Poltava [in Ukrainian]
- Liabab, S. (2022). Influence of soil cultivation method and fertilization system on the yield of sunflower (*Helianthus L.*) when growing in conditions of Central Polissia of Ukraine. *Agroecological Journal*, 4, 130–135. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273259>
- Melnyk, A. V. (2023). *Ahrobiolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soniashnyku ta ripaku yarooho v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy: monohrafiia*. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian]
- Meteorolohichniy arkhiv. (n.d). *Meteoblue*. Retrieved from: https://www.meteoblue.com/en/climate-change/49.62N34.937E117_Europe%2FKiev [in Ukrainian]
- Moiseichenko, V. F., & Yeshchenko, V. O. (1994). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii: pidruchnyk dlia studentiv vuziv z ahronomichnykh spetsialnostei*. Kyiv: Vyscha shkola [in Ukrainian]
- Nesterchuk, V. V. (2015). Produktivnist hibrydiv soniashnyku zalezno vid hustoty stoiannia roslin ta udobrennia pry vyroshchuvanni v umovakh pivdnia Ukrainy. *Zroshuvane Zemlerobstvo*, 64, 125–127 [in Ukrainian]
- Nikitenko, O. V., Polyakov, O. I., & Makhova, T. V. (2023). Influence of methods of main tillage on growth, development and productivity of sunflower in the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 34, 84–96. <https://doi.org/10.36710/ioc-2023-34-08>
- Revto, O. Ya., & Domaratskyi, Ye. O. (2021). Optymizatsiia produktivnoho protsesu ahrotsenoziv soniashnyku za posushlyvykh umov Pivdennoho Stepu Ukrainy. *Ahrarni Innovatsii*, 5, 68–74. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.5.11> [in Ukrainian]
- Ryzhenko, A. S. (2020). Sunflower yield formation in the Northern Forest-Steppe of Ukraine as affected by plant density. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 28, 112–121. <https://doi.org/10.47414/np.28.2020.211061>
- Rozhkov, A. O. (2016). *Doslidna sprava v ahronomii: navchalnyi posibnyk: knyha 1: Teoretychni aspekty doslidnoi spravy*. Kharkiv: Maidan [in Ukrainian]
- Salo, L., & Haichenia, I. (2023). Reaktsiia hibrydiv soniashnyku na pryposivne udobrennia v Stepu Ukrainy. *Materialy XIV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Problemy konstruiuvannia, vyrobnytstva ta ekspluatatsii silskohospodarskoi tekhniki»*. (m. Kropyvnytskyi, 8–10 lystopada 2023). (s. 316–320). m. Kropyvnytskyi: TsNTU [in Ukrainian]
- Tkachenko, I. I., Shvydenko, M. V., & Budonyi, V. Yu. (2024). Urozhainist suchasnykh hibrydiv soniashnyka v umovakh nestabilnoho zvolozhennia. *Roslynnytstvo, Seleksiia i Nasynnytstvo, Plodoovochivnytstvo i Zberihannia*, 1, 23–33. [in Ukrainian]
- Tkachuk, O. P., & Bondaruk, N. V. (2023). Faktory intensyfikatsii ta ekolohizatsii vyroshchuvannia soniashnyku. *Ahrarni Innovatsii*, 18, 120–127. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.18.17> [in Ukrainian]
- Totskyi, V., Hanhur, V., & Poliakov, I. (2024). Yield and quality of seed of sunflower hybrids (*Helianthus annuus L.*) depending on the fertilizer system. *Scientific Progress & Innovations*, 27 (3), 5–11. <https://doi.org/10.31210/spi2024.27.03.01>
- Shokalo, N. S., & Svystun, I. P. (2023). Sunflower yield formation depending on the seeding rate. *Taurian Scientific Herald*, 134, 202–207. <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.134.26>
- Alves, A. N., Souza, F. G., Chave, L. H. G., Sousa, J. A., & Vasconcelos, A. C. F. (2019). Effect of nutrient omission in the development of sunflower BRS-122 in greenhouse conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomia Medellin*, 72 (1), 8663–8671. <https://doi.org/10.15446/rfam.v72n1.69388>
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M. B., Mahmud, J. A., Nahar, K., Mohsin, S. M., Parvin, K., & Fujita, M. (2018). Interaction of sulfur with phytohormones and signaling molecules in conferring abiotic stress tolerance to plants. *Plant Signaling & Behavior*, 13 (5), e1477905 <https://doi.org/10.1080/15592324.2018.1477905>
- Jenaru, F. M., & Viorel, I. (2024). Effects of different complex fertilizers and their application methods at sunflower. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67 (2), 263–268.

31. Koteva, V., & Marcheua, M. (2007). NPK-fertilization effect on drought overcome of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Field crop production. 44th Croatian & 4th International Symposium on Agriculture*. (P. 536–540).
32. Loose, L. H., Heldwein, A. B., Silva, J. R., Leonardi, M., Bortoluzzi, M. P., & Lucas, D. D. P. (2024). Sunflower root growth and distribution under varied water regimes in two edaphoclimatic conditions. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 6 (1), e65692. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.65692>
33. Qadir, A., Skakun, S., Becker-Reshef, I., Kussul, N., & Shelestov, A. (2024). Estimation of sunflower planted areas in Ukraine during full-scale Russian invasion: Insights from Sentinel-1 SAR data. *Science of Remote Sensing*, 10, 100139. <https://doi.org/10.1016/j.srs.2024.100139>

ORCID

V. Kalambet 

<https://orcid.org/0009-0004-1430-6147>



2025 Kalambet V. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.