

СУЧАСНА АРХІТЕКТОНІКА ТА СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ПОСІВУ СОНЯШНИКУ

Рекленко Віталій Миколайович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0006-0045-1196

reklenkovitalii@gmail.com

Шупик Ярослав Сергійович

аспірант

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0001-9266-9531

yaroslavshupik@gmail.com

За наявними прогнозами, до 2050 року світовий попит на продовольство зросте приблизно на 60 %, а це зумовлює необхідність інтенсифікації та оптимізації сучасного сільськогосподарського виробництва. За таких умов олійні культури набувають стратегічного значення, оскільки відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Нарощування обсягів виробництва олійної сировини та отримання з неї рослинних олій сприяє не лише задоволенню харчових потреб населення, а й формуванню стабільної сировинної бази для хімічної, фармацевтичної та інших галузей промисловості.

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з трьох найважливіших олійних культур світу поряд із соєю та ріпаком і водночас належить до двох провідних олійних культур Європи разом із ріпаком.

У глобальному вимірі очікується, що світове виробництво соняшнику в 2025–2026 роках зросте на 8 % порівняно з попереднім сезоном і досягне 56,2 млн т. Збільшення обсягів виробництва прогнозується насамперед у країнах Європейського Союзу, Україні, Туреччині та США. В Україні, за оцінками експертів, відбудеться помірне відновлення виробництва соняшнику через переорієнтацію частини посівних площ із зернових на олійні культури, хоча рівень урожайності залишатиметься істотно нижчим за довоєнні показники.

Архітектоніку посіву розглядають як просторово-структурну організацію рослинного угруповання, що охоплює густоту стояння, міжряддя, вертикальну структуру листкового апарату, параметри стебла та кореневої системи. Оптимальна архітектоніка забезпечує ефективний фотосинтез, раціональний розподіл світла в посіві, економне використання вологи та поживних речовин. З іншого боку, система живлення соняшнику має бути адаптивною, збалансованою та спрямованою на підтримання розвитку генеративних органів, підвищення олійності зерна, поліпшення стійкості рослин до стресових факторів та забезпечення повної реалізації генетичного потенціалу культури.

Нині найбільш ефективними вважають елементи технології, що базуються на точних нормах висіву (*Precision Planting*), диференційованому внесенні добрив, локальному живленні, застосуванні мікроелементів (насамперед бору та сірки) і впровадженні біостимуляторів та мікробних препаратів. Це зумовлює актуальність досліджень, орієнтованих на комплексний аналіз архітектоніки та сучасних підходів у системі живлення як взаємозв'язаних факторів формування продуктивності соняшнику.

Ключові слова: соняшник, стан та перспективи, архітектоніка посіву, сучасні системи живлення, продуктивність.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2025.4.11>

Вступ. Походження, стан та перспективи виробництва соняшнику у світі та Україні. Вважають, що культивування соняшнику розпочалося близько 4 625 р. до н.е., що підтверджується археологічними знахідками, пов'язаними з побутом північноамериканських індіанців (Crites, 1993). Більшість дослідників погоджуються з тим, що процес одомашнення цієї культури на території Північної Америки відбувався приблизно 4 400 років тому, хоча окремі дані свідчать про можливе паралельне одомашнення соняшнику в Мексиці у той самий період (Joshi, 2015). Отже, соняшник належить до культур із надзвичайно давньої історією використання, адже корінні народи Північної Америки застосовували його як харчову рослину ще задовго до значного поширення кукурудзи, принаймні до середини XIII століття (Putt, 1997).

На початку XVI століття соняшник було завезено до Європи іспанськими мореплавцями, які поверталися з Південної Америки. У 1510 році насіння цієї культури вперше було висаджене в Мадридському ботанічному саду (Melnyk & Melnyk, 2002; Melnyk, 2007; Кауа, 2015). Упродовж тривалого часу соняшник вирощували в Європі переважно як декоративну рослину, яка вирізнялася своєю морфологічною привабливістю. Водночас у деяких країнах, зокрема в Німеччині та Португалії, насіння соняшнику використовували для виготовлення кавових напоїв і борошна (Laferriere, 1986; Park, et al., 1997). Проте майже три століття його потенціал як олійної культури залишався недооціненим.

Історичні джерела свідчать, що іспанський дослідник Ніколас Монардес описав соняшник у 1568 році, після

чого рослина поширилася в Європі, зберігаючи своє декоративне призначення (Paniego et al., 2007). Перший задокументований випадок промислового добування олії з насіння соняшнику датується 1716 роком у Великобританії. Далі культура набувала значного поширення, а вже до 1850 року в країнах Центральної та Східної Європи було створено низку олійноекстракційних підприємств (Josić et al., 2015).

Наприкінці XIX століття культивовані форми соняшнику, виведені у Східній Європі, зокрема слов'янські високорослі сорти-гіганти, були повторно інтродуковані до Канади, США та Аргентини українськими емігрантами. Ці форми використовували переважно для силосного виробництва та годівлі птиці. Уже в 1892 році в провінції Буенос-Айрес (Аргентина) соняшник вирощували на площі 315 га, а в 1926 році в Канаді було зафіксовано перше виробництво соняшникової олії (Josić et al., 2015).

Після 1970 року соняшник знову набув поширення в Європі як важлива олійна культура, насамперед для скорочення імпорту соняшникової олії зі США. На сьогодні найбільше споживання соняшникової продукції характерне для країн Західної Європи, однак воно значною мірою залежить від рівня власного виробництва. В Україні було сформовано провідні селекційні центри соняшнику, зокрема в Харкові, Одесі та Запоріжжі, що відіграли ключову роль у розвитку галузі.

Селекційна робота з соняшником у Північній Америці розпочалася в 1937 році в провінції Саскачеван (Канада) і передувала аналогічним дослідженням у США, які стартували в 1950 році на Техаській експериментальній станції (Škorić, 2012; Tavoljanskiy et al., 2004). У Південній Америці перші селекційні програми були започатковані в Аргентині в 1933 році, коли Енріке Кляйн розпочав свою роботу в провінції Буенос-Айрес (Romano, Vazquez, 2003). У 1938 році він створив сорт із коротким вегетаційним періодом та підвищеним вмістом олії (до 39 %), що стало поштовхом до стрімкого збільшення посівних площ соняшнику в регіоні (Paniego et al., 2007). Уже в 1948 році площа посівів у Аргентині досягла 1,8 млн га, а наприкінці 1970-х років – 2,2 млн га, що забезпечило країні провідні позиції у світовому виробництві соняшнику (Salunkhe et al., 1992; Wood, 2002).

У середині XX століття селекційні центри соняшнику були створені в багатьох країнах Європи, зокрема в Румунії, Болгарії, Угорщині, Сербії та Франції (Kaça et al., 2008; Josić et al., 2015). В Україні стрімке зростання виробництва соняшнику спостерігається з 2007 року, а вже з 2008 року держава стає світовим лідером за обсягами його виробництва (Maslak, 2013). За даними Міністерства сільського господарства США, у період 2017–2022 рр. Україна забезпечувала майже третину світового виробництва насіння соняшнику, що становило 47,41 млн т (Sydiakina et al., 2024). Значні обсяги виробництва також зосереджені в Європейському Союзі (20,4 %), Аргентині (7,5 %), Китаї (6,6 %), Туреччині (3,3 %) та Індії (0,5 %), тоді як на інші країни світу припадає близько 33,0 % загального обсягу (López Pereira, et al., 1999).

Згідно з прогнозами Kaça et al. (2012), найближчими роками очікується помірне зростання виробництва

соняшнику як за рахунок розширення посівних площ, так і підвищення врожайності. Культура активно впроваджується в нові регіони, зокрема в країни Азії та Африки (Josić et al., 2015). Так, у Гані під вирощування соняшнику було відведено 230 га, а у 2024 році зібрано перші значні партії насіння, що підтверджує ефективність аграрної політики з диверсифікації олійних культур (Duku et al., 2011). Зростання світового виробництва соняшнику значною мірою зумовлене високими якісними показниками соняшникової олії, яка за харчовою цінністю та технологічними властивостями перевищує продукцію багатьох інших олійних культур (Semenov 2003; USDA, 2024).

За наявними прогнозами, до 2050 року світовий попит на продовольство зросте приблизно на 60 %, що зумовлює необхідність інтенсифікації та оптимізації сучасного сільськогосподарського виробництва (O'Neill et al., 2004). За таких умов олійні культури набувають стратегічного значення, оскільки відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки. Нарощування обсягів виробництва олійної сировини та отримання з неї рослинних олій сприяє не лише задоволенню харчових потреб населення, а й формуванню стабільної сировинної бази для хімічної, фармацевтичної та інших галузей промисловості.

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до трьох найважливіших олійних культур світу поряд із соєю та ріпаком і водночас до двох основних олійних культур Європи разом із ріпаком.

Аналітична агенція Oil World (Німеччина) фіксує світове виробництво насіння соняшнику в сезоні 2023/24 на рівні 56,7 млн т., що на 3 % більше, ніж у 2022/23 МР (UNA, 2023). Лідери з виробництва: Україна – 14,0 млн т, Аргентина – 4,1 млн т, Китай – 2,9 млн т, Туреччина – 2,6 млн т, Болгарія – 2,1 млн т, Румунія – 2,1 млн т, Франція – 1,8 млн т, Казахстан – 1,3 млн т.

На жаль, військова агресія росії за останні три роки та вилучення вагової частини придатних орних земель зумовили зменшення обсягів вирощування соняшнику в нашій країні до 12,0–13,0 млн т.

Згідно з прогнозами аналітиків USDA, виробництво соняшнику в Україні у 2025/26 маркетинговому році очікується на рівні 14,4 млн т, що на 11 % перевищує показник попереднього року та майже відповідає середньому значенню за останні п'ять років (USDA, 2023). Відповідно до травневого звіту середня врожайність культури прогнозується на рівні 2,4 т/га, що на 11 % вище, ніж торік, і на 7 % перевищує середній п'ятирічний показник. Площа збирання, за оцінками, становитиме 6,0 млн га, що відповідає рівню попереднього року, однак на 7 % менша за середній показник за останні п'ять років.

У глобальному вимірі очікується, що світове виробництво соняшнику в 2025–2026 рр. зросте на 8 % порівняно з попереднім сезоном і досягне 56,2 млн т. Збільшення обсягів виробництва прогнозується насамперед у країнах Європейського Союзу, Україні, Туреччині та США. В Україні, за оцінками експертів, відбудеться помірне відновлення виробництва соняшнику через переорієнтацію частини посівних площ із зернових на олійні куль-

тури, хоча рівень урожайності залишатиметься істотно нижчим за довоєнні показники.

Також прогнозується, що світові обсяги перероблення соняшнику зростуть на 4,1 млн т і сягнуть 51,8 млн т. Виробництво соняшникової олії у 2025–2026 роках, за оцінками, збільшиться на 1,8 млн т – до 21,9 млн т, що буде зумовлено нарощуванням переробних потужностей у ЄС, Китаї, Туреччині та США. Водночас скорочення перероблення соняшнику в Аргентині та Казахстані, пов'язане зі зменшенням виробництва насіння, частково стримуватиме загальні темпи зростання.

Очікується, що світовий експорт соняшникової олії зросте приблизно на 1,0 млн т і досягне 13,7 млн т переважно за рахунок збільшення поставок із України та Туреччини. Імпорт соняшникової олії до Китаю та Індії прогнозується на рівні 1,2 млн т і 3,2 млн т відповідно. Водночас світове споживання соняшникової олії у 2025–2026 роках, за прогнозами, зросте на 7 % – до 20,4 млн т, що зумовлено розширенням пропозиції та збереженням конкурентоспроможних цін. Найбільше зростання споживання очікується в Індії, Китаї та країнах Європейського Союзу.

За даними Міністерства сільського господарства США, станом на 1 березня запаси насіння соняшнику всіх типів становили 564 тис. т, що на 52 % менше, ніж у відповідний період попереднього року. Поєднання низького рівня запасів і прогнозованих обсягів виробництва може призвести до мінімальних кінцевих запасів наприкінці поточного маркетингового року з огляду на стабільно високий попит. Це формує позитивні передумови для цінової динаміки у 2025–2026 МР.

Водночас зазначені прогнози можуть істотно коригуватися впродовж найближчих місяців залежно від погодних умов літньо-осіннього періоду. Очікуване зниження врожаю соняшнику в США в 2025 році може підтримувати ціни на продукцію попереднього врожаю, а також зумовити ймовірне запровадження цінових надбавок для стимулювання десикації та більш раннього збирання культури. Загальна динаміка цін на соняшник нового врожаю визначатиметься передусім рівнем кінцевого врожаю та змінами у світовому попиті.

Соняшникова олія посідала четверте місце серед основних рослинних олій світу, забезпечуючи 10 % їх загального виробництва. За обсягами виробництва вона поступалася лише пальмовій (36,1 %), соєвій (29,2 %) та ріпаковій олії (13,5 %) (Dorrell, Vick, 1997, FAOSTAT, 2023).

На відміну від інших рослинних олій близько 90 % усього виробленого соняшнику призначено для споживання людиною, тоді як лише 10 % використовується для виробництва біодизелю та інших промислових цілей (Fick, Miller, 1997; Lofgren, 1997). Соняшкову олію широко застосовують для смаження продуктів харчування, а також у косметичній промисловості як пом'якшувальний компонент (Hurt, 1976; Hugger, 1989).

На думку Бламері та співавторів (1997), основними факторами, що зумовлюють широке глобальне поширення соняшнику, є економічна цінність його насіння

та висока декоративна привабливість рослини (Blamey, 1997 Velázquez et al., 2012).

Потенціал урожайності цієї культури може бути істотно підвищений завдяки впровадженню сучасних сортів та гібридів. З огляду на генетичну мінливість соняшнику можливо створювати гібриди з потенційною врожайністю насіння понад 6 т/га та вмістом олії понад 55 % (Hu et al., 2010; Fernández-Martínez, et al., 2009). Однак, незважаючи на такий значний потенціал, фактори навколишнього середовища обмежують реальні врожаї соняшнику до рівня 1,5–3,0 т/га (Ivanov & Stoyanova, 1978; Kirichenko, 2005).

Важливим резервом для реалізації біологічного потенціалу рослин є оптимізація архітекtonіки та системи живлення посіву, адже це безпосередньо впливає на основний процес накопичення органічної речовини – фотосинтез, що визначає продуктивність агроценозу (Ullah et al., 2022).

Зважаючи на тенденції глобальних змін клімату та поширення стресових факторів, які останнім часом спостерігаються також і в Україні, актуальним стає дослідження ефективності використання позакореневого живлення й регуляторів росту для адаптації рослин соняшнику, стабілізації їх росту та розвитку, а також для поліпшення якості насіння (Villalobos & Ritchie, 1992; Levitt, 1980). Набувають широкого використання сучасні сіялки (комплекси), що можуть досить диференційовано, з урахуванням багатьох індикаторів створювати різні площі живлення, наближені до оптимальних у кожних конкретних умовах.

Отже, соняшник як основна олійна культура в Україні має стратегічне значення для продовольчої безпеки, експортного потенціалу та формування сталих агросистем. Україна традиційно входить до переліку найбільших виробників і експортерів соняшникової олії (Zambelli et al., 2015; FAO, 2022; OECD-FAO, 2023). Підвищення продуктивності соняшнику за умов кліматичних змін, нестабільного зволоження, деградації ґрунтів та подорожчання ресурсів вимагає вдосконалення технологічних підходів до формування оптимальної архітекtonіки посіву та системи живлення.

Архітекtonіка посіву соняшнику. Архітекtonіку посіву розглядають як просторово-структурну організацію рослинного угруповання, що охоплює густоту стояння, міжряддя, вертикальну структуру листового апарату, параметри стебла та кореневої системи (Hall & Richards, 2013; Vega & Vyn, 2021). Оптимальна архітекtonіка забезпечує ефективний фотосинтез, раціональний розподіл світла в посіві, економне використання вологи та поживних речовин. З іншого боку, система живлення соняшнику має бути адаптивною, збалансованою та спрямованою на підтримання розвитку генеративних органів, підвищення олійності зерна, поліпшення стійкості рослин до стресових факторів та забезпечення повної реалізації генетичного потенціалу культури (Rondanini et al., 2006; Suzer, 2010; Marin et al., 2023).

На сьогодні елементи технології, що ґрунтуються на точних нормах висіву (Precision Planting), диференційованому внесенні добрив, локальному живленні, застосу-

ванні мікроелементів (насамперед бору та сірки) і впровадженні біостимуляторів та мікробних препаратів (Ullah et al., 2022), зарекомендували себе як найбільш ефективні. З огляду на це актуальними є дослідження, спрямовані на системний аналіз архітекtonіки та живлення як взаємозв'язаних факторів формування продуктивності соняшнику.

Архітекtonіка посіву та продуктивність соняшнику. Архітекtonіка посіву соняшнику визначає просторову організацію рослин у агроценозі, включаючи розміщення в рядах і міжряддях, густоту стояння, вертикальну та горизонтальну структуру фотосинтетичного апарату, параметри кореневої системи та співвідношення між асиміляційними й генеративними органами. Раціональна архітекtonіка забезпечує максимальне використання сонячної радіації, ґрунтової вологи та поживних речовин і визначає інтенсивність формування врожаю (Reddy et al., 2003; Ion et al., 2015).

Ключові елементи за вивчення архітекtonіки посіву: ширина міжряддя, густота стояння, форма та висота стебла, кількість та орієнтація листків, площа листової поверхні. Висока інтенсивність фотосинтезу за умов раціональної архітекtonіки сприяє формуванню більшої кількості насіння у кошику та збільшує масу 1 000 насіння (Bedov, 1985; Barros et al., 2004; Cox & Cherney, 2011). Структура листового апарату та параметри кореневої системи визначають конкурентну здатність соняшнику за світлові та ґрунтові ресурси (Dardanelli et al., 1997).

Доведено, що сучасні гібриди характеризуються компактною архітекtonікою, вертикально орієнтованими листками, високою густотійкістю та здатністю ефективно фотосинтезувати навіть у загущених посівах (Kaya et al., 2015; López Pereira & Hall, 2019). Це переважно рослини висотою 140–180 см; вертикальна листовая орієнтація мінімізує затінення.

Густота стояння рослин є одним із основних агротехнічних факторів, що визначають рівень урожайності та якість насіння соняшнику. Високі показники продуктивності можна забезпечити як шляхом підвищення індивідуальної врожайності рослин, так і завдяки досягненню максимально допустимої щільності стеблостою для конкретної зони вирощування (Li et al., 2025).

Важливим фактором формування якісного врожаю є правильне визначення норми висіву, що дозволяє отримати оптимальну густоту стояння. Порушення цього балансу призводить до змін у морфологічних показниках рослин: надмірне загущення спричинює утворення дрібніших кошиків, тоді як за недостатньої густоти формуються більші кошики.

Проблема встановлення оптимальної густоти стояння, що забезпечує максимальну реалізацію біологічного потенціалу соняшнику, є предметом багатьох наукових досліджень. Науковцями було сформовано дві закономірності:

- 1) сорти та гібриди з тривалішим вегетаційним періодом потребують більшої площі живлення та забезпечують вищу врожайність;
- 2) рослини з коротшим вегетаційним періодом потребують вищої густоти стояння на одиниці площі.

Оптимальним вважають значення площі живлення близько 2 000 см² на одну рослину, що відповідає густоті приблизно 50 тис. рослин на гектар (Melnuk, 2011).

За даними більшості науковців, продуктивність окремих рослин визначається інтенсивністю конкуренції за обмежені ресурси середовища, яка зростає зі збільшенням густоти стояння. Найбільш відчутною вона є щодо ресурсу, який міститься в мінімальній кількості та найбільше обмежує розвиток рослин (Radić, et al., 2009).

Нерівномірне розміщення рослин у посівах спричиняє явище «гніздового вилягання» соняшнику, що призводить до нерівномірного дозрівання кошиків, ускладнює механізоване збирання та підвищує енерговитрати. Отже, доведено, що за зниження густоти стояння збільшуються діаметр кошиків і маса насіння, однак великі кошики дозрівають повільніше, а велике насіння легше вивільняється з обгортки під час обмолоту (Aguirrezábal & Tardieu, 1996; Alberio et al., 2015).

Оптимальна густота посіву визначається з урахуванням конкретних умов вирощування: за достатнього вологозабезпечення вона може бути підвищеною, а в посушливих умовах – зниженою. Надмірне загущення призводить до підвищеного споживання вологи та поживних речовин під час формування вегетативної маси, що за умов дефіциту ресурсів зумовлює зниження врожайності насіння. Водночас надмірне розрідження посівів знижує ефективність використання вологи та елементів живлення, обмежує формування врожаю та сприяє поширенню бур'янів (Adiredjo et al., 2014).

Результати досліджень свідчать, що врожайність сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику, значною мірою залежить від густоти стояння рослин, яка в різних ґрунтово-кліматичних умовах може коливатися в широких межах. Оптимальною є така густота, за якої кожна рослина має належні умови для повноцінного розвитку, а врожайність з одиниці площі досягає максимального рівня (Kaya et al., 2008; Škorić et al., 2007).

Реакція соняшнику на загущення посівів змінюється залежно від стадії онтогенезу. На початкових етапах розвитку, коли коренева система та листовая поверхня ще недостатньо розвинені, вплив густоти є незначним. Проте з подальшим ростом рослин конкуренція за ресурси (вологу, поживні речовини, світло) посилюється, що призводить до зниження їх життєздатності та продуктивності (Kheubari et al., 2013).

Густота стояння безпосередньо впливає на ефективність використання родючості ґрунту, теплового та водного режимів, сонячної енергії та інших екологічних факторів. Водночас залишається дискусійним питання, що є визначальним у встановленні оптимальної густоти – кліматичні умови чи генетичні особливості сорту або гібрида (Hladni et al., 2011).

За результатами досліджень Полтавської державної аграрної академії на гібриді соняшнику Ясон, густота стояння не мала істотного впливу на тривалість проходження фенологічних фаз. Збільшення густоти до 70–80 тис. рослин/га супроводжувалося лише незначним подовженням вегетаційного періоду (на 1–5 діб), зменшенням площі листової поверхні окремої рослини

та одночасним зростанням загальної площі листового покриву на одиниці площі. Водночас маса 1 000 насінин знижувалася на 9 %. Найвищу врожайність (33,5 ц/га) отримано за густоти 60 тис. рослин/га; за загущення до 80 тис. урожайність зменшувалася до 29,4 ц/га, а за розрідження до 30 тис. – до 26,3 ц/га (Kalambet, 2025).

Досліди Миколаївського інституту агропромислового виробництва (2003–2005 рр.) на чорноземах південних показали, що спосіб сівби та густина стояння впливають на морфометричні показники соняшнику, зокрема діаметр кошика, кількість насінин, масу 1 000 насінин та лушпинність. За збільшення густоти діаметр кошика та його продуктивність зменшувалися, тоді як лушпинність зростала. Висота рослин істотної залежності від густоти не мала, однак за суцільно-рядкової сівби з міжряддями 15 см відзначалося певне зниження висоти (Натаішнова, 2011).

За даними В. А. Іщенко, у Південному Степу найвищу врожайність (2,14 т/га) забезпечував варіант із міжряддями 45 см незалежно від густоти стояння. Суцільно-рядковий спосіб із шириною міжрядь 15 см не поступався за врожайністю традиційній ширині міжрядь 70 см (19,3–19,6 ц/га). Для сорту Прометей рекомендовано широкорядний пунктирний спосіб сівби з міжряддями 45 см та формування густоти перед збиранням на рівні 50–55 тис. рослин/га.

Дослідження Білоцерківського національного аграрного університету (2008–2009 рр.) на гібриді Ригасол ОР показали обернений зв'язок між висотою рослин та кількістю насіння в кошику: загущення сприяло збільшенню висоти, але зменшувало кількість квіток і насінин. Оптимальною для отримання максимальної врожайності (2,75 т/га) була густина 50 тис. рослин/га. Розрідження до 40 тис. рослин/га не мало істотного впливу на урожайність, тоді як загущення понад 60 тис./га знижувало її на 0,04–0,34 т/га. Найвищий вихід олії (1,38 т/га) також відзначено за густоти 50 тис./га, хоча за 60–80 тис./га цей показник залишався високим (1,25–1,32 т/га). У Центральному Лісостепу для гібрида Ригасол ОР оптимальною визнано густоту 50 тис. рослин/га (Melnyk, 2007).

За даними Бець Т. Ю. (2011–2013 рр., Дніпропетровський державний аграрний університет), середній діаметр кошика за різних густот становив 16,56 см (варіювання 12,20–22,80 см; коефіцієнт варіації – 16,14 %). Густина стояння мала високий рівень варіації (34,81 %) й негативно корелювала з діаметром кошика ($r = -0,40$). Найвищу врожайність отримано за густоти 36 тис. рослин/га, що свідчить про вагомий вплив ґрунтово-кліматичних умов та густоти стояння на формування продуктивності соняшнику. І. Д. Ткалич та О. О. Коваленко (2003) визначили, що для гібрида Дарій оптимальна густина стояння для отримання найвищої врожайності становить 50 тис. рослин/га.

Інститут олійних культур НААН (м. Запоріжжя) рекомендує коригувати густоту стояння відповідно до регіональних природно-кліматичних та економічних умов. Узагальнені результати вітчизняних досліджень підтверджують, що оптимальна густина змінюється залежно від

сприятливості умов вирощування: чим кращі умови, тим вищою може бути щільність посівів.

У посушливих регіонах ключовим обмежувальним фактором є конкуренція між кореневими системами, що безпосередньо впливає на врожайність. За результатами М. Н. Кондратьєва та П. К. Бехера, за оптимальної густоти до фази утворення кошиків істотної конкуренції між коренями не виникає. У таких посівах забезпечується повне та своєчасне поглинання азоту, що підвищує його ефективність під час формування квіток і насіння, сприяючи синтезу запасних жирів та білків цитоплазми. У посушливих умовах густоту необхідно диференціювати залежно від весняних запасів вологи в ґрунті, що змінюються щорічно (Černý & Veverková, 2012).

Доведено, що збільшення густоти стояння посилює витрати продуктивної вологи з корененаселеного шару (0–150 см). Залежно від інтенсивності використання вологи, погодних умов і врожайності насіння змінюється коефіцієнт водоспоживання, який за загущення зростає, особливо в посушливі роки. Дослідження також показують, що навіть за деякого зниження продуктивності коефіцієнт водоспоживання підвищується внаслідок збільшення частки незернової біомаси. За зниження густоти витрати вологи зменшуються незначно, оскільки водночас зростає забур'яненість посівів, що призводить до додаткового випаровування вологи з поверхні ґрунту.

Виявлено, що зріджені посіви втрачають менше вологи та елементів живлення, але мають на 20–30 % меншу площу листової поверхні, що сприяє інтенсивнішому розвитку бур'янів та збільшенню їх кількості у 1,3–1,4 раза.

Сучасні польові експерименти в умовах України показали, що зменшення густоти до 40–45 тис. рослин/га підвищує індивідуальну продуктивність рослини, проте загальна врожайність у таких варіантах знижується через меншу кількість продуктивних рослин на площі. Найвища продуктивність формується у проміжному діапазоні 50–60 тис. рослин/га, що узгоджується з висновками Kalambet (2025). За результатами багаторічних досліджень, зміна густоти має менш істотний вплив на вміст олії, ніж генотип і забезпеченість вологою в період наливу насіння. Аналогічні результати наведено в роботах (Dozet & Jovanović, 1997), де автори зазначають, що оптимізація густоти здебільшого впливає на масу 1 000 насінин та структуру врожаю, а не на відсоток олії.

Дослідження свідчать, що підвищення густоти посіву до певної межі сприяє збільшенню врожаю з одиниці площі, проте надмірне загущення обмежує потенціал культури через надмірну міжрослинну конкуренцію (López Pereira & Hall, 2019; Vega & Vyn, 2021). У дослідженнях Barros et al. (2004) та Ion et al. (2015) визначено, що оптимальні густоти забезпечують найвищу фотосинтетичну продуктивність кронавої структури й зменшують втрати від затінення нижніх листків.

Регіональні особливості густоти посіву соняшнику. Досвід інших країн підтверджує регіональну специфіку оптимальної густоти. У Молдові для скоростиглих гібридів оптимальною є густина 55–60 тис./га, для середньота пізньостиглих – 45–55 тис./га. Перевищення 60 тис./

га знижує врожайність на 15–20 % залежно від погоди. В Угорщині та Австрії рекомендують 61–70 тис./га (Kiss, 1987; Kasther, 1987). У Франції збільшення густоти до 85 тис./га підвищує врожайність гібридів, стійких до вилягання та стресових погодних умов, тоді як за 40 тис./га кошики дозрівають повільніше, а вологість насіння під час збирання на 4 % вища (Hurt, 1976; Cetiom, 1987). В Італії оптимальна густота становить 60–70 тис./га (Vannozzi, 1998).

В Україні встановлено, що оптимальна густота зменшується в напрямку з північного заходу на південний схід. За результатами узагальнення багаторічних даних (1980–2020 рр.) (Курчченко, 2005) рекомендовані параметри становлять: Південний Степ – 30–35 тис., Центральний Степ – 40–45 тис., Північний Степ – 46–50 тис., Лісостеп – 51–55 тис./га.

Сучасні дослідження в умовах України щодо густоти стояння варіюють у межах 50–70 тис. рослин/га для Лісостепу та 45–55 тис. рослин/га для Степу (Kalambet, 2025). Проте у зв'язку зі зміною кліматичних умов, появою нових високопродуктивних гібридів та впровадженням інтенсивних технологій вирощування це питання залишається актуальним та потребує подальшого уточнення.

Дослідження Мельника А. В. показують, що зменшення ширини міжрядь до 45 см підвищує врожайність порівняно зі стандартними 70 см завдяки кращому розподілу площі живлення та зниженню конкуренції за ресурси (Melnyk, 2007). Для виробництва кондитерської сировини рекомендовано нижчу густоту – 30–50 тис./га, оскільки надмірне загущення негативно впливає на якість продукції (Melnyk, 2011).

Попри значний обсяг досліджень, єдиного підходу до визначення оптимальної густоти немає: одні вчені пропонують орієнтуватися на весняні запаси вологи, інші – на біологічні властивості сортів і гібридів. Узагальнено можна стверджувати, що як надмірне загущення, так і надмірне розрідження істотно знижують врожайність і погіршують якість насіння. Оптимальна густота має враховувати мікроеlementальні умови вирощування та особливості культури, забезпечуючи найефективніше використання ресурсів і формування максимального врожаю високої якості.

Отже, для кожного регіону необхідно індивідуально визначати густоту стояння рослин, яка забезпечує оптимальне використання вологи, поживних елементів і сонячної енергії, що в кінцевому підсумку сприятиме формуванню найбільших урожаїв насіння високої якості. Для досягнення максимальної продуктивності (збору олії з одиниці площі) потрібно диференційовано підходити до вибору густоти стояння рослин, орієнтуючись на специфіку кліматичних, ґрунтових та агротехнічних умов кожного регіону.

Системи живлення соняшнику. Соняшник чутливий до рівня забезпечення макро- і мікроелементами, особливо в періоди бутонізації та цвітіння. Найбільше значення мають азот, фосфор, калій і бор (Abbadi et al. 2008; Al-Amery et al., 2011). Нормоване внесення азоту (60–90 кг/га д. р.) у поєднанні з достатнім забезпеченням

калієм і сіркою дозволяє підвищити продуктивність без зменшення олійності зерна (Ullah et al., 2022).

Визначальним елементом є бор, який впливає на розвиток генеративних органів, запліднення, озерненість кошика та вміст олії (Kalambet, 2025). Застосування боровмісних препаратів у фазах 3–5 листків і бутонізації істотно підвищує урожайність і якість продукції (Asad et al., 2003; Brighenti & Castro, 2008; Bilen et al., 2011).

Сучасні технології передбачають використання локального внесення добрив, мікоризних препаратів і біостимуляторів, що підвищує ефективність мінерального живлення на 15–25 % (Alexander & Schroeder, 1987; Fageria et al., 2009; López Pereira & Hall, 2019; Vega & Vyn, 2021).

Отже, розглянемо більш детально роль кожного елемента.

Макроеlementи. Азот (N). Азот критично впливає на нарощування листової поверхні (LAI), тривалість активного фотосинтезу та формування врожаю (Ghulam et al., 2014; Andrianasolo, 2016). Однак надлишкові норми азоту спричиняють перерозвиток вегетативної маси, затримання дозрівання й зниження відсотка олії, особливо за дефіциту вологи (Melnyk & Stepanenko, 2000; Haseeb & Maqbool, 2015). Узагальнення польових робіт свідчать про доцільність розділеного внесення з основним підживленням у фазі 4–6 листків (ВВСН 14–16) (ВВСН, 1997). Окремі сучасні узагальнення для умов України також показують: надлишок азоту знижує олійність та, як наслідок, рентабельність, тоді як збалансоване поєднання з фосфором і сіркою покращує віддачу добрив (Kalambet, 2025).

Фосфор (P). Фосфор забезпечує ранній розвиток кореневої системи, енергетичні процеси та закладку репродуктивних органів; дефіцит на холодних ґрунтах особливо шкодочинний через низьку мобільність фосфору. Стартове локальне (стрічкове) внесення під час сівби стабільно підвищує ефективність використання фосфору й ранній ріст рослин (Amanullah & Khan, 2010; Li, S., et al., 2025).

Калій (K). Калій визначає осморегуляцію, транспорт асимілятів і посухостійкість; його дефіцит на тлі підвищених норм азоту посилює «водний стрес» і ризик вилягання. У багатофакторних польових дослідженнях внесення калію підвищувало врожай насіння, біологічну масу, індекс урожаю та олійність; найкращі результати отримували за поєднання ґрунтового калію із фоліарними позакореновими підживленнями (Trápani & Hall, 1996).

Сірка (S). Сірка є ко-фактором засвоєння азоту й синтезу олії. У різних ґрунтово-кліматичних умовах додавання сірки до удобрювальної схеми суттєво підвищувало врожайність і (часто) відсоток олії, причому ефект був виразнішим у поєднанні з оптимальними нормами азоту. Низка дослідів на гібридах демонструє статистично значущі прирости за основними елементами структури врожаю та олійністю за підвищення рівня сірки (Saleem et al., 2019; Asif et al., 2023).

Мікроelementи. Бор (B) – стратегічний елемент для соняшнику. Бор контролює розвиток пилку, запліднення, переміщення цукрів, озерненість кошика та олійність

(Tahir et. al., 2013). Найчутливіші фази – 3–6 листків і бутонізація / перед цвітінням. Дослідження показують підвищення врожайності, маси 1 000 насінин і частки олії за фоліарного або комбінованого (ґрунт + листок) внесення В; водночас надлишкові дози можуть бути фітотоксичними, тому потрібна корекція норм і строків (Shaker & Mohammed, 2011; Mekki, 2015).

Цинк (Zn). Цинк впливає на гормональний баланс, антистресовий потенціал і розвиток кореневої системи (Gitte, et al., 2005). Ефективним є поєднання стартового локального фосфору з мікрогранульованим цинком (завдання – зменшити антагонізм P–Zn у ґрунті) та фоліарні підживлення в ранні фази росту. Сучасні роботи з оптимізації живлення гібридів підкреслюють вищу потребу соняшнику саме у S і Zn, що позначається на врожайності та олійності (Kannan, 2010; Hussain, S., et al., 2025).

За дослідженнями низки науковців, соняшник належить до культур із високими вимогами до забезпечення елементами мінерального живлення.

Для формування 1 т насіння соняшник споживає в середньому 60 кг/га д. р. азоту, 27 кг/га д. р. фосфору, 150 кг/га д. р. калію, 100 кг/га д. р. кальцію, 17 кг/га д. р. магнію, 30 кг/га д. р. сірки, а також значну кількість мікроелементів: 360 г/га д. р. заліза, 100 г/га д. р. марганцю, 150 г/га д. р. цинку, 40 г/га д. р. міді, 65 г/га д. р. бору та 2 г/га д. р. молібдену (Schneider & Miller, 1981; Vyakaranahal et al., 2001).

У період від сходів до цвітіння культура поглинає близько 60 % загальної потреби в азоті, 80 % – у фосфорі та 90 % – у калії. На ранніх етапах вегетації особливого значення набуває фосфорне живлення, що зумовлює необхідність внесення суперфосфату під час сівби (Mathers, 2010). Високопродуктивні посіви соняшнику особливо потребують калію. Саме тому стабільно високих урожаїв неможливо досягти без систематичного застосування мінеральних добрив (Narem, 1982).

Споживання елементів живлення соняшником відбувається нерівномірно протягом вегетації (Zlobin, 2004). Умовно виокремлюють три основні періоди:

- *перший* – від сходів до формування кошика: помірне засвоєння азоту та калію за інтенсивного поглинання фосфору;

- *другий* – від початку формування кошика до цвітіння: активне поглинання всіх елементів живлення;

- *третій* – від цвітіння до наливання насіння й досягання: помірне засвоєння азоту й фосфору та підвищене споживання калію.

На початкових етапах росту рослини потребують відносно невелику кількість елементів живлення, проте темпи їх засвоєння перевищують наростання сухої речовини. Протягом першого місяця вегетації соняшник використовує близько 15 % загальної потреби в азоті, 10 % – у фосфорі та 10 % – у калії, водночас накопичення органічної маси не перевищує 5 % від максимальної величини (Kheubari et al., 2013).

Незважаючи на повільні темпи росту соняшнику на початковій стадії розвитку (2–3 листки), саме в цей період відбувається закладання кошика. Протягом наступних

півтора місяця, що охоплює фази формування кошика до завершення цвітіння, спостерігається інтенсивне споживання елементів живлення: засвоюється близько 80 % азоту, 70 % фосфору та лише 50 % калію. Решта (приблизно 40 %) калію надходить до рослин у фазі наливання насіння до початку його досягання. У цей період азот сприяє утворенню тканин, здатних акумулювати олію, а достатній рівень фосфорного живлення забезпечує підвищене накопичення олії в насінні. Після завершення формування кошиків інтенсивність поглинання елементів живлення знижується (Connog & Hall, 1997).

Азот, що надходить у фазі наливання насіння, стимулює синтез білків на користь зменшення частки жирів, тоді як фосфор активізує синтез нуклеїнових кислот і фосфоліпідів, підвищує вміст лінолевої кислоти та водорозчинної фракції білків у олії. Калій інтенсифікує обмінні процеси в рослинах, сприяючи більш активному накопиченню олії в насінні (Narem, 1982).

Засвоєння азоту соняшником відбувається відносно рівномірно протягом усього вегетаційного періоду, однак від фази 3–4 пар листків до початку цвітіння використовується 70–80 % його загальної кількості. Дефіцит азоту в період формування кошика істотно знижує продуктивність, тоді як його надлишок призводить до зменшення вмісту олії, посиленого вегетативного росту, зниження стійкості до вилягання, підвищення ризику ураження хворобами та затримання досягання врожаю.

Високий рівень азотного живлення помітно впливає на ріст і розвиток культури: надмірні дози подовжують вегетаційний період і відтермінують генеративну фазу. Це призводить до формування високорослих і загущених посівів, підвищення втрат вологи, схильності до вилягання та ураження грибовими хворобами. Натомість нестача азоту зумовлює затримання росту, втрату інтенсивного зеленого забарвлення листків, появу симптомів азотного голодування, формування малопродуктивних генеративних органів і, як наслідок, зниження врожайності та якості насіння (Andrianasolo, 2016).

У технології вирощування кондитерських сортів головним завданням є формування великого й виповненого насіння (Hofland & Kadrmaz, 1989; Hladni et al., 2011). Вважають, що для отримання насіння з великою масою 1 000 насінин та підвищеним умістом білка доцільно зменшувати норми висіву олійних сортів та застосовувати підвищені дози азотних добрив. Азотне живлення активізує ріст рослин, сприяє формуванню більшої листової поверхні та підвищує їх репродуктивний потенціал (Mathers, 2010). Для кондитерських сортів позитивний вплив на вміст білка в насінні відмічено за внесення азотних добрив дозою N_{90} , тоді як перевищення N_{120} призводить до подовження вегетаційного періоду та збільшення габітусу рослин (Melnyk, 2011).

Застосування фосфорних добрив сприяє інтенсифікації синтезу сахарози, крохмалю та жирів, меншою мірою – білків. Для забезпечення високої якості врожаю важливим є не лише абсолютний вміст фосфору, а й його співвідношення з іншими елементами живлення, насамперед із азотом. Регулюючи співвідношення N:P, можливо цілеспрямовано впливати на інтенсивність

і напрямок обмінних процесів, стимулюючи накопичення в рослинах білків або вуглеводів (Zlobin, 2004).

Поглинання фосфору соняшником триває від фази сходів до початку цвітіння, після чого його запаси переміщуються зі стебла та листків у кошики, а далі – у сім'янки. Основна частка (60–70 %) загальної потреби в фосфорі засвоюється у період від формування кошика до завершення цвітіння. Дефіцит цього елемента негативно позначається на формуванні та наливанні сім'янок, знижуючи продуктивність культури, тоді як оптимальне забезпечення ним підвищує посухостійкість рослин і олійність насіння.

Потреба соняшнику в калії є значною. На початкових етапах він акумулюється у стеблах, а після цвітіння – також у кошиках. Переміщення калію безпосередньо в насіння є незначним, тому на відміну від азоту й фосфору значна його частка повертається в ґрунт із рослинними рештками. Калій відіграє ключову роль у регуляції водного балансу рослин, зменшує втрати вологи шляхом випаровування та підвищує їх посухостійкість. Найінтенсивніше поглинання калію відбувається в фазі від утворення кошика до досягання. Дефіцит цього елемента проявляється у вигляді хлорозу на краях листків, які згодом скручуються дотори.

У більшості зон товарного виробництва насіння соняшнику максимальні прирости врожайності забезпечує внесення азотно-фосфорних добрив дозами N_{40-60} , P_{80-90} , тоді як калійні добрива є доцільними переважно на полях із низьким вмістом калію. За даними О. О. Капліна та І. М. Мринського, застосування мінеральних добрив нормою $N_{30}P_{45-60}$ сприяє істотному підвищенню врожайності, а подальше збільшення доз не дає відчутного ефекту. У Степовій зоні України ефективність фосфорних добрив значно зростає за умови їх поєднання з азотними або азотно-калійними.

На чорноземах вилугованих, карбонатних звичайних і південних, де зосереджені основні площі посівів, найкращі результати забезпечує внесення азотно-фосфорних добрив у співвідношенні N:P = 1:1,5 або 1:1, із оптимальною нормою $N_{40-60}P_{60}$. Використання калійних добрив виправдане лише на ґрунтах із низьким вмістом калію (Zhatov et al., 2004). Оптимальним є внесення мінеральних добрив восени під зяблевий обробіток із використанням розкидачів 1РМГ–4, РУМ–8 тощо; за відсутності такої можливості їх вносять навесні під час передпосівної культивування.

Дослідження Інституту сільського господарства Північного Сходу НААН України (м. Суми) свідчать, що найефективнішою системою удобрення соняшнику є вне-

сення повного мінерального добрива дозою $N_{30}P_{30}K_{30}$ (з приростом 0,31–0,97 т/га) та підживлення у фазі 4–5 листків у нормі $N_{10}P_{10}K_{10}$ (додатково 0,23–0,52 т/га). Результати експериментів Сумського НАУ показали, що максимальний урожай досягався за внесення повного мінерального добрива дозою $N_{60-90}P_{90-90}K_{45-60}$ (Melnyk, 2013).

Потреба соняшнику в мікроелементах ефективно забезпечується позакореновими підживленнями, які підвищують вміст хлорофілу в листках, посилюють фотосинтез та асиміляційну активність рослин. Мікроелементи є складовими активних центрів багатьох ферментів і вітамінів, а їх внесення сприяє збалансованості мінерального живлення.

Особливо чутливий соняшник до дефіциту бору, що найбільше проявляється за нестачі вологи та на карбонатних ґрунтах (Renukadevi & Savithri, 2003). Бор покращує стан рослин, підвищує врожайність і якість насіння. Його нестача спричиняє деформацію молодого листя, відставання рослин у рості, викривлення кошиків, нерівномірне виповнення насіння або його відсутність у частині суцвіть. Критичним вважають вміст бору в ґрунті 0,5–0,3 мг/кг (Mekki, 2015). Тому застосування борних добрив у складі тукоsumішей під осіннє внесення є важливою умовою отримання високих урожаїв із підвищеним вмістом олії.

Потреба культури в магнії є нижчою, однак його дефіцит призводить до зниження маси тисячі насінин. У фазі цвітіння нестача цього елемента проявляється просвітленням листової пластинки між жилками, подальшим відмиранням тканин і загортанням країв листків донизу. Недостатнє надходження магнію може бути зумовлене надлишковим внесенням калію через антагонізм між цими елементами.

Потреба в сірці в соняшнику в три рази вища, ніж у зернових, і становить близько 50 % потреби ріпаку. На бідних сірих ґрунтах рекомендовано застосування сульфату калію (Hugger, 1989).

Висновки. Таким чином важливим резервом для реалізації біологічного потенціалу соняшнику є оптимізація архітекtonіки та системи живлення посіву, що впливає на накопичення органічної речовини та визначає продуктивність агроценозу. Соняшник споживає значні кількості макро- і мікроелементів, потреба в яких зростає зі збільшенням урожайності. Кожен елемент виконує специфічні функції й не може бути замінений іншим. Отримання стабільно високих урожаїв можливе лише за умови створення оптимальних параметрів посіву, зокрема архітекtonіки та системи живлення.

Бібліографічні посилання:

1. Abbadi, J., Gerendás, J., & Sattelmacher, B. (2008). Effects of Potassium Supply on Growth and Yield of Safflower as Compared to Sunflower. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 171, 272–280.
2. Adiredjo, A. L., Navaud, O., Muñoz, S., Langlade, N. B., Lamaze, T., & Grieu, P. (2014). Genetic Control of Water Use Efficiency and Leaf Carbon Isotope Discrimination in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Subjected to Two Drought Scenarios. *PLoS ONE* 9(7): e101218.
3. Aguirrezábal, L. A. N., & Tardieu, F. (1996). An Architectural Analysis of the Elongation of Field-grown Sunflower Root Systems. Elements for Modelling the Effects of Temperature and Intercepted Radiation. *J. Exp. Bot.*, 47, 411–420.

4. Al-Amery, M., Hamza, J. H., & Fuller, M. P. (2011). Effect of Boron Foliar Application on Reproductive Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Agronomy. № 1, 1–5. doi:10.1155/2011/230712.
5. Alba, A., & Greco, I. (1981). Problems in Simultaneous Breeding for Oil and Protein Content in Sunflower. Bunting, E. S., eds. Production and Utilization of Protein in Oilseed Crops. Springer Series in World Crops: Production, Utilization and Description; 5. Springer, Netherlands, 43–49.
6. Alberio, C., Izquierdo, N. G., & Aguirrezábal, L. A. N. (2015). Sunflower Crop Physiology and Agronomy. In: Martinez-Force, E., Dunford, N. T., Salas, J. J. (Eds.), Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization. AOCS Press, Urbana, IL 61802, 1–26.
7. Alexander, A., & Schroeder, M. (1987). Modern trends in foliar fertilization. Journal of Plant Nutrition, 10(9), 1391–1399.
8. Amanullah, & Khan, M. W. (2010). Interactive Effects of Potassium and Phosphorus on Phenology and Grain Yield of Sunflower in Northwest Pakistan. Pedosphere 20, 674–680.
9. Andrade, F. H., Calviño, P., Cirilo, A., & Barbieri, P. (2002). Yield Responses to Narrow Rows Depend on Increased Radiation Interception. Agron. J. 94, 975–980.
10. Andrianasolo, F. N., Champolivier L., Debaeke P., & Maury P. (2016) Source and sink indicators for determining nitrogen, plant density and genotype effects on oil and protein contents in sunflower achenes. Field Crops Research, 192, 33–41.
11. APK Sunflower Market Report. <http://www.apk.inform.com/en/markets/oilseeds>, 2013 (accessed August 23, 2023).
12. Asad, A., Blamey, F. P. C., & Edwards, D. G. (2003). Effects of Boron Foliar Applications on Vegetative and Reproductive Growth of Sunflower. Ann. Bot. 92 (4), 565–570.
13. Asif, M., SAFDAR, M., AKHTAR, N., GUL, S., JAVED, M., RAZA N., HAQ, I., SALEEM, U., ASLAM, M. (2023). Sulfur application improves the yield and oil content of sunflower hybrids. SABRAO Journal of Breeding and Genetics, 55(3), 907–916.
14. Bange, M. P., Hammer, G. L., & Rickert, K. G. (1998). Temperature and Sowing Date Affect the Linear Increase of Harvest Index. Agron. J. 90, 324–328.
15. Bedov, S. A. (1985) Study of Combining Ability for Oil and Protein Contents in Seed of Different Sunflower Inbreds. In: Proceedings of 11th International Sunflower Conference, Mar del Plata, Argentina, March 6–10, Argentine Sunflower Association (ASAGIR), 675–682.
16. Bidney, D. L., Lu, G., & Hu, X. (2007). Transgenic Crops VI – Sunflower. In: Pua E. C., Davey, M. R. (Eds.), Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 61. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 39–59.
17. Bilen, S., Bilen, M. & Bardhan, S. (2011). The Effect of Boron Management on Soil Microbial Population and Enzyme Activities. African Journal of Biotechnology, 10, 5311–5319.
18. Blamey, F. P. C., Zollinger, R. K., & Schneiter, A. A. (1997). Sunflower Production and Culture. In: Schneiter A. A., ed. Sunflower Technology and Production. Madison, WI: ASA, CSSA and SSSA, 595–670.
19. Brighenti, A. M., & Castro, C. (2008). Boron Foliar Application on Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Associated with Herbicides. Helia, 31(48), 127–36.
20. Černý, I., & Veverková, A. (2012). Production parameters of sunflower (*Helianthus annuus* L.) influenced by weather conditions and foliar application of Pentakeep – v and Atonik. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 1 (1), 887–896.
21. Chimenti, C. A., Pearson, J., & Hall, A. J. (2002). Osmotic Adjustment and Yield Maintenance under Drought in Sunflower. Field Crops Res. 75, 235–246.
22. Christensen, J. H., Carter, T. R., Rummukainen, M., & Amanatidis, G. (2007). Evaluating the Performance and Utility of Regional Climate Models: The PRUDENCE Project. Climatic Change 81, 1–6.
23. Connor, D. J., & Hall, A. J. (1997). Sunflower Physiology. In: Schneiter A. A., ed. Sunflower Technology and Production. Madison, WI: ASA, CSSA and SSSA, 113–182.
24. Crites, G. D. (1993). Domesticated sunflower in fifth millennium B. P. temporal context: New evidence from middle Tennessee. Am Antiq., 58, 146–148.
25. Dardanelli, J. L., Bachmeier, O. A., Sereno, R., & Gil, R. (1997). Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in a silty loam haplustoll. Field Crops Res., 54, 29–38.
26. Debaeke, P., van Oosterom, E. J., Justes, E., Champolivier, L., Merrien, A., Aguirrezábal, L. A. N., González-Dugo, V., Massignan, A. M., & Montemurro, F. (2012). A Species-specific Critical Nitrogen Dilution Curve for Sunflower. Field Crops Res. 136, 76–84.
27. Demirer, T., Ozer, I., Koçturk, O.M., & Er, A.Y. (2004). Effects of Different Leaf Fertilizers on Yield and Quality in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 7, 384–388. doi: 10.3923/pjbs.2004.384.388.
28. Dorrell, D. G., & Vick, B. A. (1997). Properties and processing of oilseed sunflower. In: Schneiter A. A. (Ed), Sunflower technology and production. American Society of Agronomy / Crop Science Society of America / Soil Science Society of America, Wisconsin, 709–746.
29. Dozet, B., & Jovanović, D. Combination Ability and Mode of Inheritance of Seed Size in F1 Generation of Confectionary Sunflower [*Helianthus annuus* var. *macrocarpus* Dc (Ckl)]. Selekcija i Semenarstvo. 1997, 3–4, 20–25.
30. Duku, M. H., Gu, S., & Hagan, E. B., (2011). A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15 (1), 404–415. doi: 10.1016/j.rser.2010.09.033.
31. El-Aal, F. S. A., Shaheen, A. M., Ahmed, A. A., & Mahmoud, A. R. (2010). Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6, 583–588.
32. Ernst, D., Kovár, M., & Černý, I. (2016). Effect of two different plant growth regulators on production traits of sunflower. Journal of Central European Agriculture, 17(4), 998–1012. doi: 10.5513/JCEA01/17.4.1804.

33. Fageria, N. K., Filho, M. P. B., Moreira, A., & Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32(6), 1044–1064.
34. FAOSTAT (2023). Production/Crops. Access mode: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E> (accessed November 1, 2023).
35. Fernández, V., & Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28, 36–68.
36. Fernández-Martínez, J. M., Pérez-Vich, B., & Velasco, L. (2009). Mutation Breeding for Oil Quality Improvement in Sunflower. In: Shu Y.Q., ed. *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Rome, Italy: FAO, 177–181.
37. Fick, G. N., & Miller, J. F. (1997). Sunflower Breeding. Schneiter A. A., ed. *Sunflower Technology and Production; Agronomy Monograph 35*. Madison, WI: American Society of Agronomy, 395–439.
38. Ghulam, M. L., Imran, A. C., Aijaz, A. S., Fateh, C. O., & Allahwado, G. (2014). Effect of foliar N application concentrations and times on sunflower (*Helianthus annuus* L.) yield. *European Academic Research*, 2 (8), 10815–10832.
39. Gitte, A. N., Patil, S. R. & Tike, M. A. (2005). Influence of Zinc and Boron on Biochemical and Yield Characteristics of Sunflower. *Indian Journal of Plant Physiology*, 10, 400–403.
40. González-Peréz, S. Sunflower Proteins. In: Martínez-Force, E., Dunford, N. T., Salas, J. J. (Eds.), *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. AOCS Press, Urbana, IL 61802, 2015, 351–414.
41. Granier, C., & Tardieu, F. (1998). Is Thermal Time Adequate for Expressing the Effects of Temperature on Sunflower Leaf Development. *Plant Cell Environ.*, 21, 695–703.
42. Haseeb, M., & Maqbool, N. (2015). Influence of Foliar Applied Nitrogen on Reproductive Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Water Stress. *Agricultural Sciences*, 6, 1413–1420. <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.612137>.
43. Hassanlouee, M., & Baghbani, F. (2013). Effects of stages and amount of nitrogen foliar application on yield and yield components in hybrid alestar sunflower. *ARPJ J. of Agric. and Biol. Sci.*, 8(3), 224–226.
44. Hladni, N., Miklič, V., Jocić, S., Sakač, Z., Radić, V., & Radeka, I. (2011) New NS Confectionery Sunflower Hybrids. *Ratsr. Povrt*, 48, 49–56.
45. Hofland, C., & Kadmas, N. (1989). *Confectionary Sunflower Handbook*, 2nd ed. Bismarck, ND: National Sunflower Association, 1989. Access mode: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx> (accessed March 28, 2017).
46. Hu, J., Seiler, G., & Kole, C. Genetics (2010). *Genomics and Breeding of Sunflower*. Enfield, NH, Science Publishers.
47. Hugger, H. (1989) *Sonnenblumen. Züchtung, Anbau, Verarbeitung*. [Sunflowers. Breeding, cultivation, processing]. Ulmer, Stuttgart. 95. [in German]
48. Hurt, E. F. (1976) *Sunflower for food, fodder and fertility*. London, 23–24.
49. Ion, V., Dicu, G., Basa, A.G., Dumbrava, M., Temocico, G., Epure, L., State, D. (2015). Sunflower yield and yield components under different row spacing and plant population. *Agricultural and Agricultural Science Procedia*, 6, 279–288.
50. Ivanov, P., & Stoyanova, Y. (1978). Results from Sunflower Breeding Directed to Obtaining Gene Materials of High Protein Content in the Kernel. *Proceedings of the 8th International Sunflower Conference*, Minneapolis, Minnesota, July 23–27, Australian Sunflower Association: Toowoomba, 23–27.
51. Jocić, S., Miladinović, D., & Kaya, Y. (2015). Breeding and Genetics of sunflower. In: Martínez-Force, E., Dunford, N. T., Salas, J. J. (Eds.), *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. AOCS Press, Urbana, IL 61802, 1–26.
52. Joshi, M. (2015). *Textbook of field Crops – Sunflower (Helianthus annuus L.)*. PHI Learning Private Limited, Delhi, 351–359.
53. Jovanović, D., Škorić, D., & Dozet, B. (1998). Confectionery Sunflower Breeding. In: *Proceedings of 2nd Balkan Symposium on Field Crops*, Novi Sad, Serbia: Institute of Field and Vegetable Crops, 349–352.
54. Kalambet, V. (2025). Formuvannya produktyvnosti soniashnyku zalezno vid ahrotekhnichnykh pryimiv [Formation of sunflower productivity depending on agrotechnical methods]. *Visnyk PDAA*, 1, 81–86 (in Ukrainian).
55. Kannan, S. (2010). Foliar fertilization for sustainable Crop production, *Sustainable Agriculture reviews*, 1, Genetic Engineering, Biofertilization, Soil quality and Organic Farming, 4, 371–402.
56. Kastner, R. & Gruber, F. (1987). *Sonnenblumen in Österreich* [Sunflowers in Austria] *Praktische Landtechnik*, 3, 87–88 (in German).
57. Kaya, Y., Jocić, S., & Miladinović, D. (2012). Sunflower. In: Gupta S. K. (Ed.), *Technological innovations in major oil crops, Breeding*, Vol. 1. Springer Science and Business Media, New York, 85–129.
58. Kaya, Y., Kaya, V., Evci, G., Şahin, İ., & Üstün Kaya, M. (2008). The Situation and Future Directions of Sunflower Production in Black Sea Region. In: *Proceedings of 17th International Sunflower Conference*, Cordoba, Spain: International Sunflower Association; June 8–12, 785–790.
59. Kaya, Y., Kaya, V., Şahin, İ., Üstün Kaya, M., Evci, G., & Çitak, N. (2008). Oil Type Sunflower Production in Turkey. In: *Proceedings of 17th International Sunflower Conference*, Cordoba, Spain: International Sunflower Association; June 8–12, 791–796.
60. Kaya, Y., (2015). Sunflower. In: Gupta, S. K. (Ed.), *Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production: Opportunities and Constraints*. Academic Press/Elsevier, San Diego, CA, 55–88.
61. Khan, I., Anjum, S. A., Qadri, R. W. K., Ali, M., Chattha, M. U. and Asif, M. (2015). Boosting Achene Yield and Yield Related Traits of Sunflower Hybrids through Boron Application Strategies. *American Journal of Plant Sciences*, 6, 1752–1759. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.611175>.
62. Kheybari, M., Daneshian, J., Rahmani, H. A., Seyfzadeh, S., & Khiavi, M. (2013). Response of sunflower head characteristics to PGPR and amino acid application under water stress conditions. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(8), 1760–1765.

63. Kyrychenko, V. V., Petrenkova V. P., Kryvosheieva O. V., Ryabchun, V. K.; Markova, T. Yu. (2007). Identyfikatsiia morfolohichnykh oznak soniashnyku (*Helianthus L.*) [Identification of morphological characteristics of sunflower (*Helianthus L.*)]. IR im. V. Ya. Yurieva UAAN, Kharkiv, 78 (in Ukrainian).
64. Laferriere, J. (1986). Interspecific Hybridization in Sunflowers: An Illustration of the Importance of Wild Genetic Resources in Plant Breeding. *Outlook Agric.*; 15:104–109.
65. Levitt, J. (1980). Responses of plants to environmental stresses. Water, radiation, salt, and other stresses, 2nd ed. Academic Press, New York.
66. Li, S., Zongqing, L. (2025). Optimising sunflower yields: Insights from meta-analysis on fertilisation impact and planting strategies. *Plant, Soil and Environment*, 71(1), 48–57.
67. Lofgren, J. R. (1997). Sunflower for confectionery food, bird food, and pet food. In: Schneiter A. A. (Ed), *Sunflower technology and production*. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, Wisconsin, 747–764.
68. López Pereira, M., & Hall, A. J. (2019). Sunflower oil yield responses to plant population and row spacing: Plasticity analysis. *Field Crops Research*, 230, 17–30.
69. López Pereira, M., Sadras, V., & Trápani, N. (1999) Genetic Improvement of Sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and Its Components. *Field Crop. Res.*, 62, 157–166.
70. Marc, J., & Palmer, J. H. (1981). Photoperiodic Sensitivity of Inflorescence Initiation and Development in Sunflower. *Field Crops Res.*, 4, 155–164.
71. Maslak, O. (2013). Osnovni tendentsii rynku oliinoho nasinnia. [Basic trends in the oilseed market] *Spetsvypusk zhurnalu Propozyttsiia*, 2, 4–7. [in Ukrainian]
72. Maslak, O. (2013). Stan ta perspektyvy rynku nasinnia. [The state and prospects of the seed market]. *Ahrobiznes sohodni*, 1–2 (248–249), 14–15. [in Ukrainian]
73. Mathers, A. C. (2010). Sunflower nutrient uptake, growth and yield as affected by nitrogen or manure, and plant population. *Agronomy Journal*, 74, 911–915.
74. Mátyás, M., Černý, I., & Kovár, M. (2014). Sunflower (*Helianthus annuus L.*) yield-forming elements influenced by year weather conditions and application of biological preparations Terra-Sorb and Unicum. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 3, 131–133.
75. Mekki, B. E. D. (2015). Effect of Boron Foliar Application on Yield and Quality of Some Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 5, 309–316. doi: 10.17265/2161-6264/2015.05.002.
76. Melnyk, A. V., & Stepanenko, D. M. (2000). Vplyv azotnoho zhyvlennia na kondyterski vlastyvyosti soniashnyku [Influence of nitrogen nutrition on the confectionery properties of sunflower]. *Visnyk Sumskoho derzhavnoho aharnoho universytetu*, Iss. 4, 116–121 (in Ukrainian).
77. Melnyk, A. V., & Melnyk, T. I. (2002). Dekorativnyi napriamok v selektsii soniashnyku [Decorative direction in sunflower breeding]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu*, 6, 26–28 (in Ukrainian).
78. Melnyk, A. V. (2007). Ahrobiolohichni osoblyvosti vyroshchuvannia soniashnyku ta ripaku yarocho v umovakh Pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy: monohrafiia [Agrobiological features of growing sunflower and spring rapeseed in the conditions of the North-Eastern Forest-Steppe of Ukraine: monograph]. *Universytetska knyha*, Sumy, 229 (in Ukrainian).
79. Melnyk, A. V. (2011). Soniashnyk dlia «kondyterky» [Sunflower for "confectionery"]. *Farmer*, 1, 34–36 (in Ukrainian).
80. Melnyk, A. V., Trotsenko, V. I., & Hovorun, S. O. (2013). Vplyv poperednykiv ta mineralnykh dobryv na yakist nasednnia soniashnyku v umovakh pivnichno-skhidnoho lisostepu Ukrainy [Influence of predecessors and mineral fertilizers on the quality of sunflower seeds in the conditions of the north-eastern forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho aharnoho universytetu*, 11 (26), 124–127 (in Ukrainian).
81. Melnyk A., Akuaku J., Melnyk T., Makarchuk A. (2020) Influence of photosynthetic apparatus on the productivity of high-oleic sunflower depending on climatic conditions in the left-bank forest-steppe of Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science (BJAS) Number 4. – 2020.* 800–808 <https://www.agrojournal.org/26/04-14.pdf>.
82. Nareem, R. A. (1982). Nitrogen fertility requirements, dry matter production and nutrient uptake of the sunflower. MS thesis, South Dakota State University, 10–15.
83. O'Neill, M. A., Ishii, T., Albersheim, P. & Darvill, A. G. (2004). Rhamnogalacturonan II: Structure and Function of a Borate Cross-Linked Cell Wall Pectic Polysaccharide. *Annual Review of Plant Biology*, 55, 109–139. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.arplant.55.031903.141750>.
84. Oosterhuis, D., & Robertson, W. C. (2000). The use of plant growth regulators and other additives in cotton production. *AAES Special Report 198, Proceedings of the 2000 Cotton Research Meeting*, 22–32.
85. Paniego, N., Heinz, R., Fernandez, P., Talia, P., Nishinakamasu, V., & Hopp, H. E. (2007). Sunflower. In: Kole C. (Ed), *Genome mapping and molecular breeding in plants Oilseeds*, Vol. 2. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany, 153–178.
86. Park, C. S., Marx G. D., Moon, Y. S., Wiesenborn, D., Chang K. C. S., & Hofman V. L. (1997). Alternative uses of sunflower. In: Schneiter A. A. (Ed), *Sunflower technology and production*. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, Wisconsin, 765–808.
87. Putt, E. D. (1997). Early history of Sunflower. Schneiter A. A. (Ed), *Sunflower technology and production*. American Society of Agronomy/Crop Science Society of America/Soil Science Society of America, Wisconsin, 1–20.
88. Radić V., Vujaković, M., Marjanović-Jeromela, A., Mrđa, J., Mikić, V., Dušanić, N., Balalić, I. (2009). Interdependence of Sunflower Seed Quality Parameters. *Helia*, 32, 157–163.
89. Reddy, N. Y. A., Shaanker, R. U., Prasad, T. G. & Kumar, M. U. (2003). Physiological Approaches to Improve Harvest Index and Productivity in Sunflower. *Helia*, 26, 81–90. <http://dx.doi.org/10.2298/HEL0338081R>.

90. Renukadevi, A. & Savithri, P. (2003). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Oil Yield and Quality as Influenced by Boron Application. *Madras Agriculture Journal*, 91, 74–76.
91. Romano, A. B., & Vazquez, A. N. (2003). Origin of the Argentinian Sunflower Varieties. *Helia* 26, 127–136.
92. Rondanini, D., Mantese, A., Savin, R., & Hall, A. J. (2006). Responses of Sunflower Yield and Grain Quality to Alternating Day/Night High Temperature Regimes during Grain Filling: Effects of Timing, Duration and Intensity of Exposure to Stress. *Field Crops Res.* 96, 48–62.
93. Rondanini, D., Savin, R., & Hall, A., (2003). Dynamics of Fruit Growth and Oil Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Exposed to Brief Intervals of High Temperature during Grain Filling. *Field Crop Res.* 83, 79–90.
94. Saleem, M., Elahi, E., Gandahi, A., Bhatti, S., Hajra, I., Ali, A. (2019). Effect of sulphur application on growth, oil content and yield of sunflower. *Journal of Agricultural Research*, 57(4), 1–9.
95. Salunkhe, D. K., Chavan, J. K., Adsule, R. N., & Kadam, S. S. (1992). Sunflower. In: *World Oilseeds: Chemistry, Technology and Utilization*. New York: Van Nostrand Reinhold, 97–139.
96. Schneiter, A. A., & Miller, J. F. (1981). Description of Sunflower Growth Stages. *Crop Sci.* 21, 901–903.
97. Seiler, G. J. (2007). The Potential of Wild Sunflower Species for Industrial Uses. *Helia*, 30, 175–198.
98. Semenov, V. G. (2003). Optimization of the composition of binary alternative diesel fuel. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils* 39, 192–196.
99. Shaker, A. T., & Mohammed, S. A. (2011). Effect of Different Levels and Timing of Boron Foliar Application on Growth, Yield and Quality of Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus* L.). *Mesopotamia J. of Agric.* 39 (3), 16–26.
100. Škarpa, P., Kunzová, E., & Zúkalová, H. (2013). Foliar fertilization with molybdenum in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Soil Environ.* 59 (4), 156–161.
101. Škorić, D. (2012). Sunflower breeding. *Sunflower Genetics and Breeding*. Serbian Academy of Science and Arts: Branch in Novi Sad, Serbia, 165–354.
102. Škorić, D., Jocić, S., Lecic, N., & Sakac, Z. (2007). Development of sunflower hybrids with different oil quality. *Helia*, 30 (47), 205–212.
103. Sydiakina, O. V., Podriezov I. O. (2024). Sunflower: Current state, problems and development prospects in Ukraine. *Tavriiskyi Naukovyi Visnyk*, 136(2), 129–136.
104. Tahir, M., Ashraf, S., & Ibrahim, M. (2013). Effect of Foliar Application of Boron on Yield and Quality of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Crop and Environment* 4 (1), 23–27.
105. Tavaljanskiy, N. P., Chiryaev, P. V., Scherstyuk, S. V., Altinnikova, V. I., & Tikhomirov, V. T. (2004). Development of Original Material for Sunflower Breeding for Seed Characteristics, Oil and Protein Quality in the Conditions of Central-Chernozem Region. *Helia*, 27, 117–122.
106. Trápani, N., & Hall, A. J. (1996). Effects of Leaf Position and Nitrogen Supply on the Expansion of Leaves of Field Grown Sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Plant Soil*, 184, 331–340.
107. Ukraine News Agency (UNA). Future European Expansion of High Oleic Sunflower Oil Plantings Limited to Ukraine. Access mode <http://en.interfax.com.ua/news/interview/331978.html> (accessed August 23, 2023).
108. USDA (United States Department of Agriculture). (2023, November 8). Production, Supply, and Distribution (PSD) reports – Oilseeds. Access mode: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads> (Accessed December 7, 2018).
109. Vannozzi, G., Baldini, M., Giovanardi, R., Tahmasebi-Enferadi, S. (1998). Effect of water and nitrogen availability on oil accumulation and fatty acid composition of high oleic and standard sunflower. *Fourth European conference on sunflower biotechnology*, France, 49–50.
110. Velázquez, L., Alberdi, I., Aguirrezábal, L., & Pereyra-Irujo, G. (2012). Books of Abstracts, XVIII International Sunflower Conference, Mar del Plata and Balcarce, February 27–28–March 1, 129.
111. Villalobos, F. J., & Ritchie, J. T. (1992). The Effect of Temperature on Leaf Emergence Rates of Sunflower Genotypes. *Field Crops Res.*, 29, 37–46.
112. Vyakaranahal, B. S., Shekharagouda, M., Patil, S. A., Prabhakar, A. S., & Giriraj, K. (2001). Effects of Planting Date and Chemicals (TIBA and Boron) Spray on Seed Yield, Its Attributes and Quality of Single and Three-Way Cross Sunflower Hybrids during Different Seasons. *Seed Res.*, 29 (2), 127–135.
113. Wood, M. (2002). Sunflower Rubber. *Agricultural Research Magazine* 50:22.
114. Zambelli, A., León, A., & Garcés, R. (2015). Mutagenesis in Sunflower. In: Martinez-Force, E., Dunford, N. T., Salas, J. J. (Eds.), *Sunflower: Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. AOCS Press, Urbana, IL 61802, 47–72.
115. Zhatov, O. H., Trotsenko, V. I., & Zhatova, H. O. (2004). Efektyvnist mineralnykh dobryv na posivakh soniashnyku [Effectiveness of mineral fertilizers on sunflower crops]. *Visnyk Sumskoho NAU*, 1, 78–82 (in Ukrainian).
116. Zlobin, Yu. A. (2004). Kurs fiziologii i biokhimii roslin [Plant physiology course]. Pidruchnyk. Universytetska knyha, Sumy, 464 (in Ukrainian).

Reklenko V. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Shupik Ya. S., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Modern architectonics and sunflower crop feeding systems

According to current forecasts, by 2050, global demand for food will increase by approximately 60 %, which necessitates the intensification and optimization of modern agricultural production. Under these conditions, oilseeds are gaining strategic importance, as they play a key role in ensuring food security. Increasing the production of oilseeds and obtaining vegetable oils from them contributes not only to meeting the food needs of the population, but also to the formation of a stable raw material base for the chemical, pharmaceutical and other industries.

Sunflower (*Helianthus annuus* L.) is one of the three most important oilseeds in the world, along with soybeans and rapeseed, and at the same time belongs to the two leading oilseeds in Europe, along with rapeseed.

Globally, global sunflower production is expected to grow by 8 % in 2025–2026 compared to the previous season and reach 56.2 million tons. The increase in production is forecast primarily in the European Union, Ukraine, Turkey and the USA. In Ukraine, according to experts, there will be a moderate recovery in sunflower production due to the reorientation of part of the sown areas from cereals to oilseeds, although the yield level will remain significantly lower than pre-war indicators.

Sowing architecture is considered as the spatial and structural organization of a plant group, which includes the density of the stand, row spacing, vertical structure of the leaf apparatus, parameters of the stem and root system. Optimal architecture ensures effective photosynthesis, rational distribution of light in the crop, economical use of moisture and nutrients. On the other hand, the sunflower nutrition system should be adaptive, balanced and aimed at supporting the development of generative organs, increasing the oil content of the grain, improving plant resistance to stress factors and ensuring the full realization of the genetic potential of the crop.

Currently, the most effective are the elements of technology based on precise seeding rates (Precision Planting), differentiated fertilizer application, local nutrition, the use of microelements (primarily boron and sulfur) and the introduction of biostimulants and microbial preparations. This makes research aimed at a comprehensive analysis of architectonics and modern approaches in the nutrition system as interrelated factors in the formation of sunflower productivity relevant.

Key words: sunflower, state and prospects, crop architectonics, modern nutrition systems, productivity.

Дата першого надходження рукопису до видання: 03.11.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 25.12.2025

Дата публікації: 31.12.2025