

АЛГОРИТМ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ГІБРИДІВ
СОНЯШНИКА ЗА УМОВ КОМАХОЗАПИЛЕННЯ

М. М. ФЕДОРЯК, А. В. ЖУК, О. Д. ЗАРОЧЕНЦЕВА, Т. В. ФИЛИПЧУК,
І. О. СИТНІКОВА, У. В. ЛЕГЕТА, Г. Г. МОСКАЛИК, П. В. ГЕРАСИМЮК,
К. С. СОСНОВСЬКИЙ, Я. В. ШПАК

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича,
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів,
кафедра екології та біомоніторингу,
вул. Лесі Українки, 25, м. Чернівці, Україна, 58012

У статті узагальнено практичний досвід п'ятирічних досліджень насіннєвої продуктивності автофертильних гібридів соняшнику *Helianthus annuus* L. за наявності та відсутності комахозапилення. Досліджено продуктивність 21 гібриду соняшника шести виробників: «Pioneer», «Syngenta», «Euralis», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT». Експерименти проводили на полях агрохолдингу Контіненітал Фармерз Груп в агрокліматичних умовах Західної України.

Для виключення впливу комахозапилення кошики дослідних рослин накривали чохловими ізоляторами з поліпропіленового спанбонду розміром 50х40 см, щільністю 30 г/м² і можливістю регулювання міцності зав'язування протягом розвитку суцвіття. Кошики контрольних рослин залишали відкритими для вільного доступу комах-запилювачів. Після повного дозрівання насіння знімали ізолятори з дослідних рослин і підбирали кошики контрольних за принципом тотожності їх діаметрів. Відібраний матеріал висушували до повітряно-сухого стану і використовували для подальших досліджень у лабораторних умовах.

Насіннєву продуктивність визначали за показниками: виповненість сім'янок, частка кошиків з невивпненим насінням за різними зонами кошикового диску, лушпинність, маса 1000 насінин, натура, біологічна врожайність, олійність і вміст білку. Окремі показники продуктивності гібридів вивчали для кошикового диску в межах зовнішньої, проміжної і внутрішньої зони, кожна з яких займала третину його радіуса. Для визначення виповненості сім'янок та лушпинності з кожної зони кошикового диску рандомно відбирали по 20 сім'янок, які очищали від насіннєвих оболонок. Аналіз олійності та вмісту білку проводили неінвазійним методом NIR-спектроскопії.

Для визначення статистично достовірної відмінності між рослинами контрольних і дослідних груп за різних умов запилення використано парний критерій Вілкоксона.

У результаті проведених досліджень вдалося розробити алгоритм визначення кількісних і якісних показників продуктивності сучасних гібридів соняшнику за наявності та відсутності комахозапилення, який узагальнює, розширює і доповнює відомі методичні підходи.

Ключові слова: *Helianthus annuus* L., методика, запилення, компоненти врожайності, виповненість насіння, зони кошикового диску

Вступ. Соняшник однорічний (*Helianthus annuus* L.) посідає провідне місце у структурі агровиробничого сектору України і займає близько 90 % серед олійних культур. Виробництво соняшникової олії – найперспективніший напрям вітчизняної аграрно-продовольчої системи (Усова та ін., 2021). Україна – один із найбільших у світі виробників та експортерів соняшникової олії на світовому ринку: 32,1 % у світовому виробництві та 56,1 % у світовому експорті (Талавири та ін., 2022; Babych et al., 2021; Polevoy et al., 2013). Соняшникова олія корисна завдяки високому

вмісту ненасичених жирних кислот, вітаміну Е, відсутності холестерину та має приємний смак (Whitted, 2019; Mirzabe & Chegini, 2015; Hassan et al., 2011).

Зростання попиту на насіння та соняшникову олію на внутрішньому і світовому ринках потребує підвищення врожайності культури, яке попередніми роками здебільшого здійснювалося екстенсивно через розширення і перерозподіл посівних площ (Лопотан та ін., 2015). Проте, нині цей ресурс обмежений, тому збільшення виробництва насіння соняшнику відбувається завдяки впровадженню нових високо-

продуктивних гібридів та інноваційної агротехніки вирощування.

Запилення – важлива умова для зав’язування насіння, плодів та один із вирішальних факторів підвищення продуктивності агрокультур. Згідно (Klein et al., 2007), 75% видів світових культурних рослин значною мірою залежать від комах-запилювачів. Тому, комахозапилення – важливий агротехнологічний прийом вирощування ентомофільних сільськогосподарських культур.

Нині виведено чимало автофертильних гетерозисних гібридів *H. annuus*, але їх урожайність також залежить від запилення бджолою медоносною *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 та іншими видами комах (Chabert et al., 2022; Кулинич, Соловйова, 2021; Bartual et al., 2018; Silva et al., 2018; Андрієнко та ін., 2016; Aytekin & Çağatay, 2008; Degrandi-Hoffman & Chambers, 2006; Parker, 1981). При цьому роль комах-запилювачів у формуванні врожаю сучасних гібридів *H. annuus* залишається поза увагою українських науковців.

Нещодавні дослідження бджолозапилення соняшнику в Україні описано в роботах Кулинич І. М. і Соловйова Т. М. (2021), Лісогурська Д. В. зі співавторами (2021), Шамро М. О. зі співавторами (2017), Андрієнко О. О. зі співавторами (2016), Балдик Д. О. (2016), однак методологія вивчення продуктивності сучасних гібридів соняшнику за різних умов запилення й досі фрагментарна.

Тому, мета роботи – розробка та вдосконалення алгоритму дослідження

кількісних і якісних показників продуктивності сучасних гібридів соняшнику за умов само- та комахозапилення.

Матеріали та методи досліджень. При виборі конкретних методів планування експерименту, польових та лабораторних досліджень урахували досвід українських та закордонних науковців, а також результати власних п’ятирічних досліджень, проведених спільно з агрохолдингом Контінентал Фармерз Груп в агрокліматичних умовах Західної України. Проаналізовано продуктивність 21 гібриду *H. annuus* шести виробників: «Pioneer», «Syngenta», «Euralis», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT».

Дизайн експерименту. З метою компенсації різниці між мікрокліматичними й едафічними факторами різних ділянок експериментальне поле розділили на три рівні сектори, які по чергово містили однакові за довжиною та шириною ряди досліджуваних гібридів у різних комбінаціях. Оранку та інші прийоми обробки ґрунту виконували через усі сектори перпендикулярно до їх довгих сторін, щоби уникнути можливих впливів випадкових чинників на результати різних варіантів досліду. Культуру вирощували відповідно до загальноприйнятих агротехнічних прийомів з належним контролем шкідників і забур’янення.

На рисунку 1 наведено приклад схеми взаємного розташування шести гібридів для високошвидкісної 18-рядної сівалки по три проходи на сектор із роздільним міжряддям 70 см.

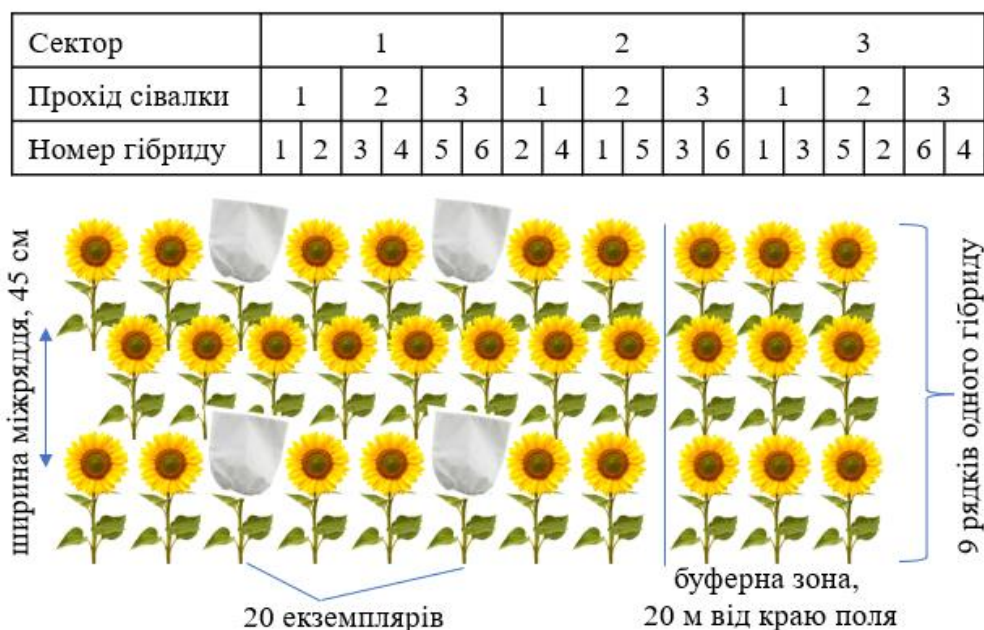


Рис. 1. Дизайн експерименту на прикладі шестигібридної схеми висівання соняшнику (авторська розробка)

Fig. 1. Experiment design in case of six-hybrid sunflower sowing scheme (author's development)

На один прохід сівалки припадало два гібриди по 9 рядків кожного. Зміна порядку попарного сусідства у різних секторах дозволяє мінімізувати ризики впливу перезаплення на результати, отримані у контрольних групах досліду. Ширина міжрядь у межах одного проходу сівалки склала 45 см. Встановлена стандартна норма висіву для всіх гібридів склала 50 тис. рослин/га.

Задля попередження механічного пошкодження дослідних екземплярів рослин сільськогосподарською технікою під час агротехнічних заходів догляду та для уникнення екотонного ефекту відступали від краю поля вглиб на 20 м і від кожного роздільного міжряддя на два ряди.

Польові дослідження. Згідно наведеної схеми на стадії R3 онтогенезу *H. annuus* (рис. 2А) до розкриття трубчастих квіток (орієнтовно в першій декаді липня) уздовж ряду кожного із секторів ізолювали кожну третю рослину. Тут і далі стадії розвитку соняшника подано за Schneider A. A., Miller J. F (1981).

Для виключення впливу комахозапилення кошики рослин дослідної групи накривали чохловими ізоляторами розміром 50х40 см, які виготовляли з поліпропіленового спанбонду (нетканого агроволокна) зі щільністю 30 г/м², а кошики рослин контрольних груп залишали відкритими для вільного доступу комах-запилювачів (рис. 2В). Для зручної і надійної фіксації чохла на рослині затягували поліпропіленовим шпагатом.

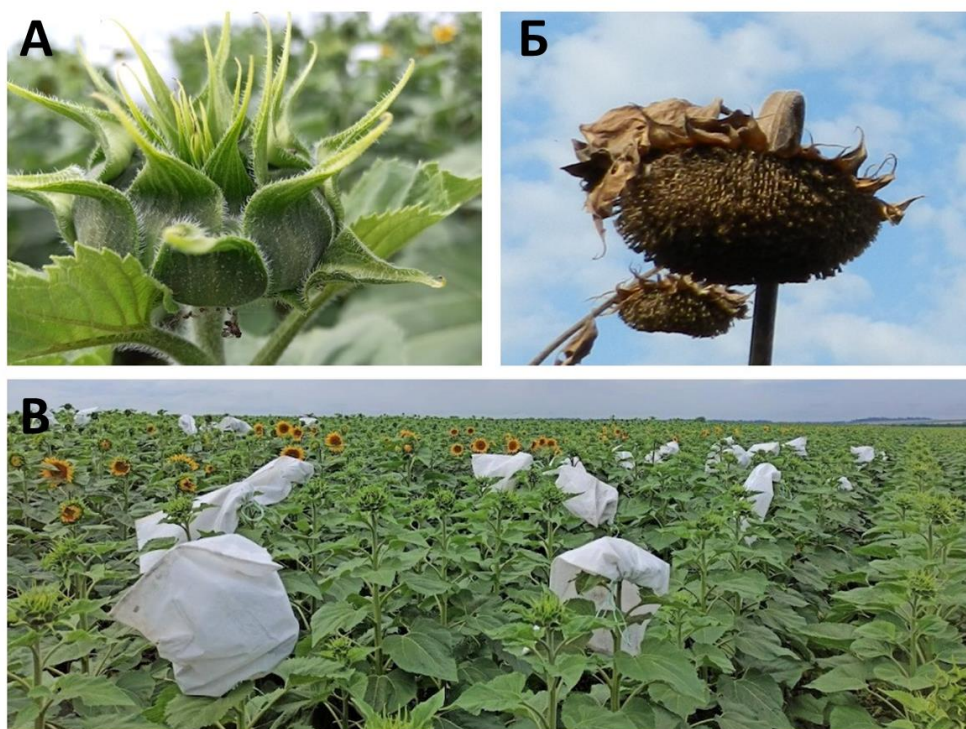


Рис. 2. Польовий етап експерименту:

А – стадія онтогенезу *H. annuus* R3 на момент ізоляції;

Б – стадія онтогенезу *H. annuus* R9 на момент збору матеріалу;

В – ізольовані екземпляри на дослідному полі

Fig. 2. The field stage of the experiment:

A - the R3 ontogenesis stage of *H. annuus* at the time of isolation;

B - the R9 ontogenesis stage of *H. annuus* at the time of material collection;

C - isolated specimens on the experimental field

На стадії онтогенезу R9 (рис. 2Б) після повного дозрівання насіння (орієнтовно друга половина вересня) з дослідних варіантів рослин знімали ізолятори, за допомогою мірної стрічки вимірювали діаметр диску кошика (з урахуванням випуклості) та відповідно до цього критерію підбирали рослини контрольного варіанту цього ж ряду (рис. 3). Тобто відбір кошиків контрольних рослин здійснювали за принципом тотожності розміру кошиків ізольованих рослин. Відібрані кошики

контрольного і дослідного варіантів досліджуваних гібридів *H. annuus* упаковували в окремі пакети з білками із зазначенням назви гібриду, варіанту, порядкового номеру та розміру кошика, місця та дати збору і транспортували для подальших досліджень у лабораторні умови. У той же день кошики розкладали для висушування до повітряно-сухого стану в теплому провітрюваному приміщенні.

Лабораторні дослідження здійснювали у два етапи. Всі подальші визначення проводили окремо для кожного кошика контрольного та дослідного варіантів.

Для кожного кошикового диску досліджуваних гібридів вимірювали й визначали межі зовнішньої (А), проміжної (Б) і внутрішньої (В) зони, які займали по третині його радіусу згідно рис. 4.



Рис. 3. Вимірювання розміру кошикового диску

Fig. 3. Measuring the size of the head disk.

Етап І. Рандомно відбирали по 20 сім'янок з кожної зони, зважували їх, очищали ядра від насіннєвих оболонок та визначали їх виповненість. Окремо зважували масу ядра.

Ступінь заповнення відібраних сім'янок оцінювали візуально за щільністю прилягання насіннєвого ядра до насіннєвої оболонки (рис. 5).

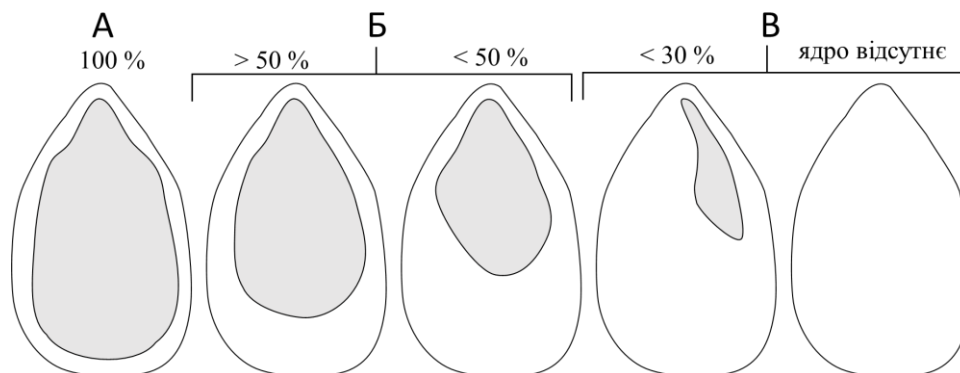


Рис. 5. Ступінь виповненості сім'янок: виповнена (А), частково виповнені (Б) і невивповнені (В) (авторська розробка)

Виповненість обчислювали як частку виповнених сім'янок від 20 насінин кожної зони. При цьому всі сім'янки із заповненням ядра менше 100 % вважали невивповненими.

З кожної зони кошикового диску відбирали насіння в окремі підписані паперові пакети, підраховували їхню кількість та зважували з точністю до другого знаку. Загальну кількість і масу насінин кошика розраховували математично як суму відповідних показників трьох зон.



Рис. 4. Схема зонування кошикового диску соняшника: А – зовнішня; Б – проміжна; В – внутрішня.

Fig. 4. Scheme of zoning the sunflower disk head: А - outer; Б - intermediate; В - inner.

За умови щільного прилягання ядра до оболонки (лушпиння) сім'янку називають "виповненою", коли ядро недорозвинене, деформоване і лише частково заповнює сім'янку, то її називають "напіввивповненою", а сім'янки без повноцінної диференційованого ядра "невиповненими".

Fig. 5. The sunflower seed filling degree: full (А), partially filled (Б) and unfilled (С) (author's development)

Частку кошиків з невивповненим насінням визначали у відсотках за відношенням кількості кошиків, що містили невивповнене насіння, до загальної кількості кошиків відповідного

варіанту. Показник розраховували окремо для кожної зони кошикового диску (зовнішньої, проміжної та внутрішньої).

Лушпинність насіння соняшника визначали як частку маси лушпиння 60 сім'янок (по 20 раніше відібраних з трьох зон кошикового диска) від загальної маси цих насінин згідно ДСТУ 8836:2019 «Насіння олійних культур. Методи визначення вмісту лушпиння» (ДСТУ 8836:2019).

Етап II. Для подальших визначень показників якості насіння всі сім'янки окремого кошика з усіх досліджених зон зсипали в одну посудину і рівномірно перемішували.

Масу 1000 насінин визначали згідно ДСТУ 4138:2002 «Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості» (ДСТУ 4138:2002). Для цього рандомно з посудини з перемішаним насінням кошика відбирали й зважували в грамах 1000 сім'янок (якщо кількість < 1000, показник обчислювали за пропорцією).

Натуру (об'ємну вагу) визначали як масу насіння в одному літрі (г/дм³) за допомогою літрової пурки відповідно до ДСТУ 4694:2006 «Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови» (ДСТУ 4694:2006).

Густоту стояння визначали шляхом підрахунку кількості рослин на ділянках стандартного розміру площею 10 м² через рівні інтервали по діагоналі поля. Усереднене значення множили на 1000 для визначення кількості рослин на 1 га (Вирошування насіння..., 2014).

Біологічну врожайність (Y) обчислювали згідно (Вирошування насіння ..., 2014) за формулою:

$$Yb = \frac{Px D}{100000}, \text{ де:}$$

Yb – біологічна врожайність, ц/га;

P – середня маса насіння з кошика, г;

D – густина стояння, екз./га;

100000 – коефіцієнт для перерахунку в ц/га.

Олійність та вміст білку визначали експрес-методом інфрачервоної спектроскопії в ближньому діапазоні (NIR) на аналізаторі ІНФРАСКАН-1050. Метод має низку переваг над традиційними арбітражними лабораторними дослідженнями: зручність, швидкість, висока точність, мінімізація можливих помилок персоналу.

Статистичну обробку результатів дослідження проводили з використанням аналітичного програмного забезпечення Statistica 12 від «StatSoft». Для визначення статистичної відмінності досліджуваних показників між

ізолюваними кошиками та кошиками з вільним доступом комах-запилювачів застосовували парний критерій Вілкоксона. Цей критерій непараметричний аналог парного t-критерію Стюдента. Через високу ефективність його рекомендовано застосовувати для порівняння двох залежних (пов'язаних) вибірок, тобто вибірок, отриманих при парних порівняннях (Zimmerman & Zumbo, 1993; Руденко, 2012). Результати візуалізовано з використанням інструментальних засобів мови статистичних обрахунків R-statistic (Silvert, 2020; R Core Team, 2022) та за допомогою пакету MS Excel 2019.

Результати та їх обговорення. Загальноприйнятий підхід дослідження впливу ефекту комахозапилення на продуктивність соняшника полягає в порівнянні елементів структури врожаю у варіантах досліду (1) з ізоляцією суцвіття і (2) вільним доступом комах-запилювачів. Зазвичай обмеження доступу до суцвіття на період цвітіння досягають шляхом використання індивідуальних чи групових ізоляторів. Групові ізолятори перешкоджають проведенню агротехнічних заходів догляду із застосуванням сільськогосподарської техніки, тому перевага надається індивідуальним чохловим ізоляторам. Наразі немає одностайної позиції стосовно вибору матеріалів для виготовлення ізоляційних чохлів. Індонезійські науковці в якості ізолятора використовували поліетиленові пакети (Ardiarini et al., 2021), що невдало з нашого погляду через формування несприятливих мікрокліматичних умов навколо суцвіття. Perrot T. з співавторами (2019) ізолювали кошики сіткою розміром 3 мм. Такий матеріал перешкоджає доступу великих комах-запилювачів, проте не зупиняє проникнення дрібних шкідників. Наприклад, розмір імаго *Brachycaudus heliychrisi* Kalt., 1843, яка живиться квітками соняшника, рідко перевищує 2 мм.

Silva C. A. S. з співавторами (2018) застосовували нейлонову сітку з меншими розмірами чарунки – 1 мм. Нейлоновими чохлами скористалися й Degrandi-Hoffman G., Chambers M. (2006), Astiz V. з співавторами (2011) вказують на використання сітки з дрібними чарунками без уточнення матеріалу.

Ми зупинили свій вибір на нетканому поліпропіленовому спанбонді (агроволокні) через великий позитивний досвід його застосування у виробництві сільськогосподарської продукції, достатню щільність у поєднанні зі світлопроникністю і вентиляцією. За щільності спандбонду 50 г/м² спостерігали накопичення вологи всередині чохла, що призвело до псування кошиків. Чохли з агроволокна зі щільністю 30 г/м² показали

кращий результат, не вплинувши на якісні характеристики матеріалу дослідження, що й зумовило їхній вибір для подальших досліджень.

Незважаючи на жвавий інтерес наукової спільноти до проблем ефективності запилення олійних гібридів соняшника, наразі відсутній уніфікований методичний підхід до вибору інформативних показників. Для відображення впливу ефективності комахозапилення соняшнику науковці використовують виповненість насіння, масу насіння та олійність (Nderitu et al., 2008; Chamer et al., 2015); виповненість і кількість насіння у кошику, масу 100 насінин, масу насіння у кошику (Oz et al., 2009); діаметр кошика, кількість і масу виповнених і невиповнених насінин у кошику, загальну кількість і масу насіння кошика, масу 100 насінин, морфометричні параметри (довжина, ширина, товщина) обрешеного та необрешеного насіння (Sawatthum, 2020). Часто в аналогічних дослідженнях аналізують розміри або вагу кошикового диску (du Toit, 1990; Altayeb, Nagi, 2015; Ardiarini et al., 2021). Ми підбирали співрозмірні до ізольованих кошики контрольних рослин, тому показник неінформативний.

Українські науковці, крім вищезазначених показників, зазвичай використовують показники: маса 1000 насінин, натура, лушпинність, які визначаються Держстандартом і насіннева урожайність (ц/га), вміст білка (Шамро та ін., 2017; Кулинич, Соловйова, 2021).

Протягом п'ятирічних досліджень вивчення впливу комахозапилення на продуктивність соняшника нами апробовані ряд показників: кількість і маса насіння у кошику та за зонами кошикового диску, виповненість насіння за зонами кошикового диску, лушпинність, маса 1000 насінин, натура та біологічна врожайність, олійність і вміст білка та методичні підходи до визначення окремих з них.

В експерименті *першого року* показники продуктивності соняшнику визначали для всього кошика, не виокремлюючи зони кошикового диску. Зокрема, якість насіння оцінювали за показниками: врожайність, маса та кількість насіння кошика, маса 1000 насінин, лушпинність та олійність ядра.

Оскільки відомо, що виповненість насінин зменшується від периферії до центру кошика (Santalla et al., 2002), її досліджували враховуючи зональність кошикового диску.

Аналогічні дослідження комахозапилення соняшнику з урахуванням секторів кошикового диску проводили сербські науковці (Chamer et al., 2015). Вони ділили кошиковий диск на три концентричних сектори однакового радіусу. В

одній восьмій частині кожного сектора дослідники визначали виповненість насіння (%), масу 50 рандомно відібраних насінин, олійність насіння (%) і перераховували на кошик.

Олійність визначали в ядрах, відокремлених від насінневої оболонки, для кожного кошика. Такого підходу, зокрема, дотримуються в Інституті рослинництва ім. Юр'єва В. Я. НААН (Колешкова та ін., 2016; Леонова та ін., 2016). Визначення жирнокислотного складу очищеного ядра соняшнику методом ближньої інфрачервоної спектроскопії, який ми при цьому застосували, описане колективом японських науковців (Sato et al., 1995). Однак, підготовка матеріалу до аналізу потребувала значних зусиль і часових затрат. Тому надалі визначали олійність необрешеного насіння, враховуючи, що метод NIR-спектроскопії дозволяє визначати олійність сім'янок неінвазивним способом.

Під час експерименту *другого року*, за пропозицією співробітників агрохолдингу Контінентал Фармерз Груп, до обраних показників додали натуру, яку разом із масою 1000 насінин відносять до ознак насінневої продуктивності, а саме якості насіння. Маса 1000 насінин характеризує запас поживних речовин у насінні, а саме вміст жиру і білка, і за Держстандартом вважається показником крупності, яка визначається розмірами (довжиною, шириною, товщиною) сім'янки (Адаменко, 2005; Ковтун та ін., 2018). Натура характеризує масу насіння в одному літрі (об'ємна маса), його дрібність і тісно пов'язана з виходом олії (Михайлов та ін., 2019). Цей показник залежить від форми, величини та щільності насінин, стану їх поверхні, вирівняності та ступеня наливу, вологості, вмісту і характеру домішок. Обидва показники детерміновані генетичними особливостями гібридів, проте можуть змінюватися залежно від ґрунтово-кліматичних факторів, метеорологічних погодних умов у період дозрівання й агротехнічних заходів, зокрема від наявності/відсутності бджолозапилення (Єременко, Покопцева, 2017; Гамаюнова, Кудріна, 2020).

Також у цьому експерименті виповненість і кількість насіння визначали окремо для кожної зони кошикового диску. Через недостатню кількість насіння в досліджуваних зонах для визначення окремих показників вимірювання проводили у змішаній пробі насіння зони гібриду. Так, насіння однієї зони (наприклад, зовнішньої) всіх кошиків гібриду змішували в одній ємності й, відбираючи рандомно в чотирьох повторях, визначали масу 1000 насінин, натуру та олійність. Аналогічні вимірювання

здійснювали для проміжної і внутрішньої зон кошикового диску. Проте такий підхід виявився витратним у часі й неефективним через те, що не забезпечував достатню статистичну вибірку цих показників.

Зазначені проблеми врахували під час проведення лабораторних досліджень *третього року*. Так, насіння відбирали окремо з трьох зон кошикового диску і визначали їх кількість, масу та виповненість. Масу 1000 насінин, натуру, олійність і вміст білку визначали у змішаній пробі насінин із трьох зон одного кошика. Це забезпечило необхідну статистичну вибірку для показників і економило час опрацювання одного кошику. До того ж, через наявність гібридів з малими розмірами кошикового диску натуру визначали для однакового об'єму (0,05 л) і перераховували на 1 л.

Розроблений алгоритм методичного підходу до визначення показників насіннєвої продуктивності соняшнику за різних умов запилення апробовано в роботах (Зароченцева та ін., 2022 а, б), які показали його науково-практичну ефективність.

Висновки. Виявлено, що використання нетканого поліпропіленового спанбонду зі

щільністю 30 г/м² забезпечує ефективну ізоляцію кошиків від комахозапилення. Виокремлені найінформативніші показники дослідження ефективності запилення гібридів соняшника: кількість і маса насіння у кошику та за зонами кошикового диску, виповненість насіння за зонами кошикового диску, лущинність, маса 1000 насінин, натура та біологічна врожайність, олійність і вміст білка. До визначення окремих з них розроблені методичні підходи. Показана доцільність визначення кількості, маси та виповненості насіння окремо з трьох зон кошикового диску, а маси 1000 насінин, натуре, олійності та вмісту білка - у змішаній пробі з одного кошика. Такий підхід забезпечує необхідну статистичну вибірку для показників і економить час опрацювання одного кошика. Доведено ефективність визначення олійності з необрушеного насіння, що не потребує додаткової підготовки матеріалу до аналізу і часових затрат.

Наведений алгоритм дослідження узагальнює, розширює і доповнює наявні методичні підходи до аналізу впливу комахозапилення на елементи структури врожаю та продуктивність *H. annuus*.

Список літератури:

1. Адаменко Т. Перспективи виробництва соняшнику в Україні в умовах зміни клімату. Агроном. 2005; 1: 12-14.
2. Андрієнко О. О., Жука О. О., Андрієнко А. Л. Причини невиводності насіння та кошика соняшнику. Пропозиція. 2016; 3: 60-68. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5177>
3. Балдик Д. О. (2016) Вплив бджолозапилення соняшнику на фінансову безпеку сільськогосподарських виробників / Стан та проблеми функціонування підприємницьких структур в умовах перманентної економіки. Монографія / Під ред. д.е.н., проф. Ю.О. Нестерчук. Умань: Видавець «Сочінський» (с. 179 – 185). 263 с.
4. Вирощування насіння гібридів соняшнику (Методичні рекомендації) /В. В. Кириченко та ін.; за редакцією В. В. Кириченка. Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. 2014: 28. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/knigi/viroshhuvanny-a-nasinnya-gibridiv-sonyashniku-na-dilyankah-gibridizacii.pdf>
5. Гамаюнова В. В., Кудріна В. С. Формування надземної маси і врожайності соняшнику під впливом окремих елементів технології вирощування. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020; 1: 50 – 57. [http://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1\(105\)-7](http://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7)
6. ДСТУ 4138:2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2002-28-12]. Видання офіційне. Київ: Держспоживстандарт України. 2003: 170. URL: https://www.agrodialog.com.ua/wp-content/uploads/2018/04/dstu-4138_2002.pdf
7. ДСТУ 4694:2006. Соняшник. Олійна сировина. Технічні умови. З поправками. [Чинний від 2007-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України. 2007: 24. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=75707
8. ДСТУ 8836:2019 Насіння олійних культур. Методи визначення вмісту лущинності [Чинний від 26.11.2019]. Нац. стандарт України. Київ: Держспоживстандарт України. 2019: 7. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=82148
9. Єременко О. А., Покопцева Л. А. Застосування методу багатокритеріальної оптимізації для вибору оптимального гібриду соняшнику за умов вирощування у зоні Степу України. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія. 2017; 9: 121 – 125. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2017_9_27
10. Зароченцева О. Д., Жук А. В., Федоряк М. М., Черлінка Л. В., Твердохліб М. В., Герасимюк П. В., Черлінка В. Р. Вплив комахозапилення на вихід та олійність насіння гібридів *Helianthus annuus* L. Біологічні системи. 2022; 14(1): 62–71. <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.062>
11. Зароченцева О. Д., Черлінка Л. В., Жук А. В., Черлінка В. Р., Герасимюк П. В., Федоряк М. М. Вплив комахозапилення на насіннєві характеристики та врожайність гібридів

- соняшника. Бджільництво України. 2022; 1(9):46-56.
<https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.06>
12. Лопотан Л. В., Казанджі А. В. Порівняльна оцінка виробництва насіння соняшнику в Україні та Одеській області як складової сировинної бази олійно-жирового підкомплексу АПК. Агросвіт. 2015; 10: 36-40. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/10_2015/7.pdf
 13. Ковтун Т. В., Гарбар Л. А., Кнап Н. В. Формування продуктивності гібридів соняшника за різних умов живлення. Наукові горизонти. 2018; 7-8: 125-130. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2018_7-8_20
 14. Колешкова Т. М., Рябчун В. К., Леонова Н. М., Леонов О. Ю., Кузьмишина Н. В., Супрун О. Г., Ільченко Н. К., Шелякіна Т. А. Формування робочої ознакової колекції сортів соняшнику за вмістом білка та олії в насінні. Генетичні ресурси рослин. 2016; 19: 102-117. URL: <http://genres.com.ua/assets/files/19/11.pdf>
 15. Кулинич І. М., Соловійова Т. М. Вплив бджолозапилення на насінневу продуктивність соняшнику. Бджільництво України. 2021; 1(6): 44-48.
<https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.07>
 16. Леонова Н. М., Кириченко В. В., Леонов О. Ю., Ільченко Н. К., Шелякіна Т. А. Мінливість ознак вмісту білка і олії у гібридів f1 соняшнику та закономірності їх успадкування. Селекція і насінництво. 2016; 109: 93-101.
<https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.74198>
 17. Лісогурська Д. В., Лісогурська О. В., Фурман С. В., Адамчук Л. О. Забезпеченість бджолозапилення основних сільськогосподарських ентомофільних культур в Україні. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Тваринництво». 2021; 4(47): 92-98.
<https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.16>
 18. Руденко В. М. Математична статистика. Навч. посіб. К.: Центр учбової літератури. 2012:304.
 19. Талавіря М., Полюхович В., Берча О. Експорт соняшникової олії в Україні та світі. Геополітика України: історія і сучасність. Зб. наук. пр. 2022; 1(28): 142 – 149. URL: <http://geopolitics-of-ukraine.uzhnu.edu.ua/article/view/263446>
 20. Михайлов Є.В., Кюрчев С.В., Колодій О.С., Задосна Н.О., Верховланцева В.О., Чернишова Л.М., Паляничка Н.О. Технічні засоби післязбиральної обробки насіння соняшнику: Монографія. Мелітополь: Форвардпрес. 2019: 203.
 21. Усова Н.М., Цапик Т.Ф., Школова С.В. Вплив мінерального живлення на урожайність та якість пшениці озимої за вирощування по попереднику соняшник. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021; 31: 109-116. URL: <http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=411&lang=en>
 22. Шамро М. О., Кошова Л. М., Кулинич І. М. Продуктивні якості гібрида соняшника Атланта при вирощуванні його на фоні поживних залишків фацелії пижмолистої. Бджільництво України. 2017; 1(2): 171 – 177. URL: https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/102
 23. Babych V. O., Borovska I. Y., Sharypina Y. Y., Parii Y. F., Symonenko Y. V. Adaptability of F1 sunflower hybrids, created according to an integrated system of line selection for economically valuable traits in various agroclimatic zones. Plant Varieties Studying and Protection. 2021; 17(4): 290-304.
<https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249004>
 24. Altayeb O. A. E., Nagi S. K. A. Efficacy of honeybees (*Apis mellifera*) on the production of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds in the Sudan. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 2015; 3(2): 191-195. URL: [https://www.semanticscholar.org/paper/Efficacy-of-honeybees-\(Apis-mellifera\)-on-the-of-in-Altayeb-Nagi/8426bfc701de7f2a0d5da944739d732aafc0e623](https://www.semanticscholar.org/paper/Efficacy-of-honeybees-(Apis-mellifera)-on-the-of-in-Altayeb-Nagi/8426bfc701de7f2a0d5da944739d732aafc0e623)
 25. Aytekin A. M., Çağatay N. Observations on the pollination of Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Mellifera. 2008; 8(15): 2-7.
 26. Ardiarini N. R., Saptadi D., Adiredjo A. L., Anessa and Umar N. T., Formation of sunflower seeds via pollination methodology comparison revealed by self incompatibility. Asian Journal of Plant Sciences. 2021; 20: 631-636. URL: <https://scialert.net/fulltext/?doi=ajps.2021.631.636>
 27. Astiz V., Iriarte L. A., Flemmer A., Hernández L. F. Self-compatibility in modern hybrids of sunflower (*Helianthus annuus* L.). fruit set in open and self-pollinated (bag isolated) plants grown in two different locations. Helia. 2011; 34(54): 129-138.
<https://doi.org/10.2298/hel1154129a>
 28. Bartual A. M., Bocci G., Marini S., Moonen A. C. Local and landscape factors affect sunflower pollination in a Mediterranean agroecosystem. PloS One. 2018; 13(9): e0203990.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203990>
 29. Chabert S., Mallinger R. E., Sénéchal C., Fougereux A., Geist O., Guillemard V., Leylavergne S., Malard C., Pousse J., Vaissière B. E. Importance of maternal resources in pollen limitation studies with pollinator gradients: A case study with sunflower. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2022; 330: 107887.
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107887>
 30. Chamer A.M., Medan D., Mantese A.I., Bartoloni N.J. Impact of pollination on sunflower yield: Is pollen amount or pollen quality what matters? Field Crops Research. 2015; 176:61-70.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.001>
 31. Degrandi-Hoffman G., Chambers M. Effects of honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging on seed set in self-fertile sunflowers (*Helianthus annuus* L.). Environmental entomology. 2006; 35(4): 1103 – 1108. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.4.1103>
 32. du Toit A. P. The importance of certain insects as pollinators of sunflower (*Helianthus annuus* L.), South African Journal of Plant and Soil. 1990; 7(3): 159-162.

- <https://doi.org/10.1080/02571862.1990.10634559>
33. Hassan F. U., Kaleem S., Ahmad M. Oil and fatty acid distribution in different circles of sunflower head. Food Chemistry. 2011; 128:590-595. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.002>
 34. Klein A. M., Vaissière B. E., Cane J. H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S. A., Kremen C. & Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of the royal society B: biological sciences. 2007; 274(1608): 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
 35. Mirzabe A. H., Chegini G. R. Measuring picking force of sunflower seeds and prediction of reasonable range of air-jet parameters to remove sunflower seeds from the head. Agricultural Engineering International: The CIGR e-journal. 2015; 17(3): 415 – 429. <https://www.researchgate.net/publication/283436513>
 36. Nderitu J., Nyamasyo G., Kasina M., Oronje M. L. Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya. Spanish Journal of Agricultural Research. 2008; 6(2): 271–278. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008062-318>
 37. Oz M., Karasu A., Cakmak I., Goksoy A. T., Turan Z.M. Effects of honeybee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). African Journal of Biotechnology. 2009; 8(6): 1037–1043. URL: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/60012>
 38. Parker F. D. Sunflower Pollination: Abundance, Diversity and Seasonality of Bees and Their Effect on Seed Yields. Journal of Apicultural Research. 1981; 20 (1): 49-61. <https://doi.org/10.1080/00218839.1981.11100473>
 39. Perrot T., Gaba S., Roncoroni M., Gautier J. L., Saintilan A., Bretagnolle V. Experimental quantification of insect pollination on sunflower yield, reconciling plant and field scale estimates. Basic and Applied Ecology. 2019; 34: 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.09.005>
 40. Polevoy V., Lukashchuk L., Peskovski G. Sunflower Cultivation in Ukraine: Role of Fertilizers in Sunflower Seed Production. Electronic International Fertilizer Correspondent. 2013; 36: 3-7. URL: <https://www.ipipotash.org/publications/eifc-310>
 41. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. URL: <https://www.R-project.org/>
 42. Santalla E. M., Dosio G. A. A., Nolasco S. M., Aguirrezábal L. A. N. The effects of intercepted solar radiation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed composition from different head positions. J. Am. Oil Chem. Soc. 2002; 79: 69-74. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0437-2>
 43. Sato T., Takahata Y., Noda T., Yanagisawa T., Morishita T., Sakai Sh. Nondestructive determination of fatty acid composition of husked sunflower (*Helianthus annua* L.) seeds by near-infrared spectroscopy. Journal of the American Oil Chemists' Society. 1995; 72: 1177-1183. <https://doi.org/10.1007/BF02540985>
 44. Sawatthum A. Role of Stingless Bee, *Tetragonula pegdeni* and European Honey Bee, *Apis mellifera* in the Pollination of Confectionery Sunflower. Thai Journal of Science and Technology. 2020; 9(3):368-377. <https://doi.org/10.14456/tjst.2020.26>
 45. Schneider A. A., Miller J. F. Description of Sunflower Growth Stages. Crop Science. 1981; 21(6):901-903. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060024x>
 46. Silva C. A. S., Godoy W. A. C., Jacob C. R. O., Thomas G., Câmara G. M. S., Alves D. A. Bee pollination highly improves oil quality in sunflower. Sociobiology. 2018; 65(4): 583-590. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3367>
 47. Sievert C. Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny. New York: Chapman and Hall/CRC. 2020: 470. <https://doi.org/10.1201/9780429447273>
 48. Whitted E. Evaluating the relationship of pollinator attractiveness to floret length in inbred sunflower (*Helianthus annuus*, *Asteraceae*) lines. Ames: Iowa State University. 2019: 47. <https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/076d8fee-46ab-44ca-8fb0-4e1cb0a1f4fb/content>
 49. Zimmerman D. W., Zumbo B. D. Relative Power of the Wilcoxon Test, the Friedman Test, and Repeated-Measures ANOVA on Ranks. The Journal of Experimental Education. 1993; 62(1): 75 – 86. URL: <https://www.jstor.org/stable/20152399>

References:

1. Adamenko T. Perspektyvy vyrobnytstva sonyashnyku v Ukrayini v umovakh zminy klimatu. *Ahronom*. 2005; 1: 12–14. (In Ukrainian)
2. Altayeb O. A. E., Nagi S. K. A. Efficacy of honeybees (*Apis mellifera*) on the production of sunflower (*Helianthus annus* L.) seeds in the Sudan. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences. 2015; 3(2): 191–195. URL: [https://www.semanticscholar.org/paper/Efficacy-of-honeybees-\(Apis-mellifera\)-on-the-of-in-Altayeb-Nagi/8426bfc701de7f2a0d5da944739d732aafc0e623](https://www.semanticscholar.org/paper/Efficacy-of-honeybees-(Apis-mellifera)-on-the-of-in-Altayeb-Nagi/8426bfc701de7f2a0d5da944739d732aafc0e623)
3. Andriyenko O. O., Zhuzha O. O., Andriyenko A. L. Prychyny nevyrovnenosti nasinnya ta koshyka sonyashnyku. *Propozytsiya*. 2016; 3: 60–68. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/5177> (In Ukrainian)
4. Ardiarini N. R., Saptadi D., Adiredjo A. L., Anessa and Umar N. T., Formation of sunflower seeds via pollination methodology comparison revealed by self incompatibility. *Asian Journal of Plant Sciences*. 2021; 20: 631–636. URL: <https://scialert.net/fulltext/?doi=ajps.2021.631.636>
5. Astiz V., Iriarte L. A., Flemmer A., Hernández L. F. Self-compatibility in modern hybrids of sunflower (*Helianthus annuus* L.). fruit set in open and self-pollinated (bag isolated) plants grown in two different locations. *Helia*. 2011; 34(54): 129–138. <https://doi.org/10.2298/hel1154129a>
6. Aytekin A. M., Çağatay N. Observations on the pollination of Sunflower (*Helianthus annuus* L.).

- Mellifera. 2008; 8(15): 2–7.
7. Babych V. O., Borovska I. Y., Sharypina Y. Y., Parii Y. F., Symonenko Y. V. Adaptability of F1 sunflower hybrids, created according to an integrated system of line selection for economically valuable traits in various agroclimatic zones. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2021; 17(4): 290–304. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.17.4.2021.249004>
 8. Baldyk D. O. (2016) Vplyv bdzholozapylennya sonyashnyku na finansovu bezpeku sil'skohospodars'kykh vyrobnykiv / Stan ta problemy funktsionuvannya pidpryyemnyts'kykh struktur v umovakh permanentnoyi ekonomiky. *Monohrafiya / Pid red. d.e.n., prof. YU.O. Nesterchuk. Uman': Vydavets' «Sochins'ky»* (p. 179 – 185). 263 p. (In Ukrainian)
 9. Bartual A. M., Bocci G., Marini S., Moonen A. C. Local and landscape factors affect sunflower pollination in a Mediterranean agroecosystem. *PLoS One*. 2018; 13(9): e0203990. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203990>
 10. Chabert S., Mallinger R. E., Sénéchal C., Fougeroux A., Geist O., Guillemard V., Leylaverne S., Malard C., Pousse J., Vaissière B. E. Importance of maternal resources in pollen limitation studies with pollinator gradients: A case study with sunflower. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2022; 330: 107887. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107887>
 11. Chamer A. M., Medan D., Mantese A. I., Bartoloni N. J. Impact of pollination on sunflower yield: Is pollen amount or pollen quality what matters? *Field Crops Research*. 2015; 176: 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.02.001>
 12. Degrandi-Hoffman G., Chambers M. Effects of honey bee (Hymenoptera: Apidae) foraging on seed set in self-fertile sunflowers (*Helianthus annuus* L.). *Environmental entomology*. 2006; 35(4): 1103–1108. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.4.1103>
 13. DSTU 4138:2002. Nasinnya sil'skohospodars'kykh kul'tur. Metody vyznachennya yakosti. [Chynnyy vid 2002-28-12]. Vydannya ofitsiynе. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. 2003: 170. (In Ukrainian). URL: https://www.agrodialog.com.ua/wp-content/uploads/2018/04/dstu-4138_2002.pdf
 14. DSTU 4694:2006. Soniashnyk. Oliina syrovyna. Tekhnichni umovy. Z popravkamy. [Chynnyi vid 2007-10-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. 2007: 24. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=75707 (In Ukrainian)
 15. DSTU 8836:2019 Nasinnya oliynykh kul'tur. Metody vyznachennya vmistu lushpynnyia [Chynnyy vid 2019-26-11]. Nats. standart Ukrayiny. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny. 2019: 7. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page?id_doc=82148 (In Ukrainian)
 16. du Toit A. P. The importance of certain insects as pollinators of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *South African Journal of Plant and Soil*. 1990; 7(3): 159–162. <https://doi.org/10.1080/02571862.1990.10634559>
 17. Gamayunova V. V., Kudrina V. S. Formation of aboveground mass and sunflower yield under the influence of certain elements of cultivation technology. *Ukrainian Black Sea region agrarian science*. 2020; 1: 50–57. [http://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1\(105\)-7](http://doi.org/10.31521/2313-092X/2020-1(105)-7)
 18. Hassan F. U., Kaleem S., Ahmad M. Oil and fatty acid distribution in different circles of sunflower head. *Food Chemistry*. 2011; 128: 590–595. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.02.002>
 19. Klein A. M., Vaissière B. E., Cane J. H., Steffan-Dewenter I., Cunningham S. A., Kremen C. & Tscharntke T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*. 2007; 274(1608): 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
 20. Koleshkova T. N., Riabchun V. K., Leonova N. M., Leonov O. Yu., Kuzmishina N. V., Suprun O. H., Ilchenko N. K., Sheliakina T. A. Formation of a working collection of sunflower variets by protein and oil contents in seeds. *Genetični resursi roslin (Plant Genetic Resources)*. 2016; 19: 102–117. URL: <http://genres.com.ua/assets/files/19/11.pdf> (In Ukrainian)
 21. Kovtun T. V., Garbar L. A., Knap N. V. Productivity formation of sunflower hybrids by different nutrition conditions. *Scientific horizons*. 2018; 7–8: 125–130. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vzhnau_2018_7-8_20
 22. Kulinich I. M., Solovyova T. M. Influence of diagnostic influence on seed productivity of sunflower. *Beekeeping of Ukraine*. 2021; 1(6): 44–48. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2021.6.07> (In Ukrainian)
 23. Leonova N. N., Kyrychenko V. V., Leonov O. Yu., Ilchenko N. K., Sheliakina T. A. Variability of protein and oil contents in f1 sunflower hybrids and inheritance patterns. *Plant Breeding and Seed Production*. 2016; 109: 93–101. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2016.74198> (In Ukrainian)
 24. Lisohurska D. V., Lisohurska O. V., Furman S. V., Adamchuk L. O. Provision of bee pollination of the main agricultural entomophilic crops in ukraine. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Livestock*. 2021; 4(47): 92–98. <https://doi.org/10.32845/bsnau.lvst.2021.4.16> (In Ukrainian)
 25. Lopotan L. V., Kazandzhi A. V. Comparative evaluation of sunflower seed production in Ukraine and Odessa region as part of the resource base of oil-fat sub AIC. *Agrosvit*. 2015; 10: 36–40. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/10_2015/7.pdf
 26. Mirzabe A. H., Chegini G. R. Measuring picking force of sunflower seeds and prediction of reasonable range of air-jet parameters to remove sunflower seeds from the head. *Agricultural Engineering International: The CIGR e-journal*. 2015; 17(3): 415–429. <https://www.researchgate.net/publication/283436513>
 27. Mykhaylov YE. V., Kyurchev S. V., Kolodiy O. S., Zadosna N. O., Verkholtantseva V. O., Chernyshova L. M., Palyanychka N. O. Tekhnichni zasoby pislyazbyral'noyi obrobky nasinnya sonyashnyku: Monohrafiya. Melitopol': Forvardpress. 2019: 203. (In Ukrainian)
 28. Nderitu J., Nyamasyo G., Kasina M., Oronje M. L.

- Diversity of sunflower pollinators and their effect on seed yield in Makueni District, Eastern Kenya. Spanish Journal of Agricultural Research. 2008; 6(2): 271–278. <https://doi.org/10.5424/sjar/2008062-318>
29. Oz M., Karasu A., Cakmak I., Goksoy A. T., Turan Z. M. (2009). Effects of honeybee (*Apis mellifera*) pollination on seed set in hybrid sunflower (*Helianthus annuus* L.). African Journal of Biotechnology. 2009; 8(6): 1037–1043. URL: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/60012>
 30. Parker F. D. Sunflower Pollination: Abundance, Diversity and Seasonality of Bees and Their Effect on Seed Yields. Journal of Apicultural Research. 1981; 20 (1): 49–61. <https://doi.org/10.1080/00218839.1981.11100473>
 31. Perrot T., Gaba S., Roncoroni M., Gautier J. L., Saintilan A., Bretagnolle V. Experimental quantification of insect pollination on sunflower yield, reconciling plant and field scale estimates. Basic and Applied Ecology. 2019; 34: 75–84. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.09.005>
 32. Polevoy V., Lukashchuk L., Peskovski G. Sunflower Cultivation in Ukraine: Role of Fertilizers in Sunflower Seed Production. Electronic International Fertilizer Correspondent. 2013; 36: 3–7. URL: <https://www.ipipotash.org/publications/eifc-310>
 33. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022. URL: <https://www.R-project.org/>
 34. Rudenko V. M. Matematychna statystyka: Navchal'nyy posibnyk. Kyiv: Tsentri uchbovoyi literatury. 2012: 304. (In Ukrainian)
 35. Santalla E. M., Dosio G. A. A., Nolasco S. M., Aguirrezabal L. A. N. The effects of intercepted solar radiation on sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed composition from different head positions. J. Am. Oil Chem. Soc. 2002; 79: 69–74. <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0437-2>
 36. Sato T., Takahata Y., Noda T., Yanagisawa T., Morishita T., Sakai Sh. Nondestructive determination of fatty acid composition of husked sunflower (*Helianthus annua* L.) seeds by near-infrared spectroscopy. Journal of the American Oil Chemists' Society. 1995; 72: 1177–1183. <https://doi.org/10.1007/BF02540985>
 37. Sawatthum A. Role of Stingless Bee, *Tetragonula pegdeni* and European Honey Bee, *Apis mellifera* in the Pollination of Confectionery Sunflower. Thai Journal of Science and Technology. 2020; 9(3): 368–377. <https://doi.org/10.14456/tjst.2020.26>
 38. Schneider A. A., Miller J. F. Description of Sunflower Growth Stages. Crop Science. 1981; 21(6): 901–903. <https://doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060024x>
 39. Shamro M. O., Koshova L. M., Kulynych Y. M. Productive qualities of hybrid sunflower Atlanta by its cultivation in the background of *Phacelia tanacetifolia* Benth remnants after mowing. Beekeeping of Ukraine. 2017; 1(2): 171–177. URL: https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/102 (In Ukrainian)
 40. Sievert C. Interactive Web-Based Data Visualization with R, plotly, and shiny. New York: Chapman and Hall/CRC. 2020: 470. <https://doi.org/10.1201/9780429447273>
 41. Silva C. A. S., Godoy W. A. C., Jacob C. R. O., Thomas G., Câmara G. M. S., Alves D. A. Bee pollination highly improves oil quality in sunflower. Sociobiology. 2018; 65(4): 583–590. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3367>
 42. Talavryra M., Polyukhovych V., Bercha O. Eksport sonyashnykovoyi oliyi v Ukrayini ta sviti. Heopolityka Ukrayiny: istoriya i suchasnist'. Zb. nauk. pr. 2022; 1(28): 142–149. URL: <http://geopolitics-of-ukraine.uzhnu.edu.ua/article/view/263446> (In Ukrainian)
 43. Usova N. M., Tsapik T. F., Shkolovaya S. V. Influence of mineral nutrition on yield and quality of winter wheat sunflower. Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS. 2021; 31: 109–116. URL: <http://bulletin.imk.zp.ua/index.php?menu=4&id=411&lang=en> (In Ukrainian)
 44. Vyroshchuvannya nasinnya hibrydiv sonyashnyku (Metodychni rekomendatsiyi) /V. V. Kyrychenko ta in.; za redaktsiyeyu V. V. Kyrychenka. Kharkiv: Instytut roslinnytstva im. V. Y. Yur'yeva NAAN. 2014: 28. URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/knigi/viroshchuvannya-a-nasinnya-gibridiv-sonyashniku-na-dilyankah-gibridizacii.pdf> (In Ukrainian)
 45. Whitted E. Evaluating the relationship of pollinator attractiveness to floret length in inbred sunflower (*Helianthus annuus*, *Asteraceae*) lines. Ames: Iowa State University. 2019: 47. <https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/076d8fee-46ab-44ca-8fb0-4e1cb0a1f4fb/content>
 46. Yeremenko O. A., Pokoptseva L. A. The use of the method of multicriteria optimization for the choice of the better hybrid of sunflower in the conditions cultivation in the zone of the steppe of Ukraine. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology. 2017; 9: 121–125. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2017_9_27 (In Ukrainian)
 47. Zarochentseva O. D., Zhuk A. V., Fedoriak M. M., Cherlinka L. V., Tverdokhlib M. V., Herasymiuk P. V., Cherlinka V. R. The influence of insect pollination on the yield and oiliness of *Helianthus annuus* L. hybrid seeds. Biological systems. 2022; 14(1): 62–71. <https://doi.org/10.31861/biosystems2022.01.062>
 48. Zarochentseva O. D., Cherlinka L. V., Zhuk A. V., Cherlinka V. R., Herasymiuk P. V., Fedoriak M. M. Impact of insect pollination on seed characteristics and yield of sunflower hybrids. Beekeeping of Ukraine. 2022; 1(9): 46–56. <https://doi.org/10.46913/beekeepingjournal.2022.9.06>
 49. Zimmerman D. W., Zumbo B. D. Relative Power of the Wilcoxon Test, the Friedman Test, and Repeated-Measures ANOVA on Ranks. The Journal of Experimental Education. 1993; 62(1): 75–86. URL: <https://www.jstor.org/stable/20152399>

AN ALGORITHM FOR RESEARCH OF SUNFLOWER HYBRIDS PRODUCTIVITY UNDER CONDITIONS OF INSECT POLLINATION

**M. M. Fedoriak, A. V. Zhuk, O. D. Zarochentseva, T. V. Fylypchuk, I. O. Sytnikova,
U. V. Leheta, H. G. Moskalyk, P. V. Herasymuk, K. S. Sosnovskyi, Y. V. Shpak**

*The article summarizes the practical experience of five-year research on seed productivity of autofertile hybrids of sunflower *Helianthus annuus* L. in the presence and absence of insect pollination. The productivity of 21 sunflower hybrids from six producers «Pioneer», «Syngenta», «Euralis», «Limagrain», «MAS Seeds», «RAGT» - was studied. Experiments were conducted in the fields of the Continental Farmers Group agro-holding in the agroclimatic conditions of Western Ukraine.*

To exclude the effect of insect pollination, the heads of experimental plants were covered with bag isolators made of 50x40 cm polypropylene spunbond with a density of 30 g/m² and the ability to adjust the strength of tying during inflorescence development. The heads of control plants were left open for free insect pollinators access. After full seed maturity, the isolators were removed from the experimental plants, and the heads of control plants were selected based on the identity of their diameters. The selected material was dried to an air-dry state and used for further research in laboratory conditions.

Seed productivity was determined by indicators such as incompleteness of heads and seeds in different zones of the head disk, huskiness, 1000-seed weight, purity, biological yield, oil content, and protein content. Individual indicators of hybrid productivity were studied for the head disk within the outer, intermediate, and inner zones, each of which occupied one-third of its radius. To determine the incompleteness of seeds and huskiness in each zone of the head disk, 20 seeds were randomly selected from each zone and cleaned of seed coats. Analysis of oil content and protein content was carried out by a non-invasive method of NIR spectroscopy.

The paired Wilcoxon criterion was used to determine statistically significant differences between control and experimental groups of plants under different pollination conditions.

As a result of the conducted research, it was possible to develop an algorithm for determining quantitative and qualitative indicators of productivity of modern sunflower hybrids in the presence and absence of insect pollination.

*Key words: *Helianthus annuus* L., methodology, pollination, yield components, seed filling, regions of the sunflower capitulum.*

Отримано редколегією 03.04.2023 р.