МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет фізико-математичної та природничої освіти
Кафедра біології та хімії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь бакалавр

на тему: **БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ *HELIANTHUS ANNUUS* L. ЗА ВПЛИВУ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ТА ПОЗАКОРЕНЕВОГО ЖИВЛЕННЯ**

Виконав: студент ІІІ курсу, групи у-37
Сергієнко Владислав Олександрович
Освітня програма: Біологія
Спеціальності: 091 Біологія та біохімія
Науковий керівник: канд. екон. наук,
доц. Манзій О. П.
Рецензент: к.б.н., Небиков М.В.

Умань – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП 3

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОСТУ І РОЗВИТКУ *HELIANTHUS ANNUUS* L. 6

1.1. Біологічна характеристика виду *Helianthus annuus* L. 6

1.2. Фізіолого-біохімічні основи росту і розвитку соняшнику в умовах абіотичних стресів 10

1.3. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на ріст і розвиток соняшника 15

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ 20

2.1. Умови проведення дослідження 20

2.2. Об’єкти та схема досліду 21

2.3. Методи дослідження 23

РОЗДІЛ 3. ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ СОНЯШНИКА ЗА ВПЛИВУ ДОСЛІДЖУВАНИХ ЧИННИКІВ 26

3.1. Проростання насіння та початкові етапи розвитку рослин 26

3.2. Динаміка лінійного росту рослин соняшника 29

3.3. Формування листкової поверхні та фотосинтетична активність рослин соняшника 34

3.4. Особливості проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин 39

ВИСНОВКИ 44

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 46

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку природничих наук та аграрного виробництва особливої актуальності набуває дослідження фізіолого-біологічних механізмів росту і розвитку рослин. Це зумовлено необхідністю поглиблення наукових уявлень про адаптаційні можливості рослинних організмів, оптимізацію їх функціонування в умовах змін навколишнього середовища, а також пошуком екологічно безпечних шляхів регуляції їх життєдіяльності. Важливим напрямом таких досліджень є вивчення впливу біологічно активних чинників, зокрема передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення, на процеси росту і розвитку рослин [42; 40].

Соняшник (*Helianthus annuus* L.) є однією з провідних олійних культур, що має важливе значення не лише для аграрного сектору, але й як об’єкт біологічних досліджень. Рослини цього виду характеризуються високою пластичністю до умов середовища, проте водночас є чутливими до факторів, що впливають на початкові етапи онтогенезу та формування асиміляційного апарату [13; 42]. Саме тому дослідження закономірностей росту і розвитку соняшника під впливом різних екзогенних чинників має важливе теоретичне та практичне значення.

Сучасні дослідження свідчать, що передпосівна обробка насіння біологічними препаратами та застосування позакореневого живлення здатні суттєво впливати на фізіологічний стан рослин. Зокрема, біологічні препарати, що містять мікроорганізми або біологічно активні речовини, сприяють активізації метаболічних процесів, покращенню мінерального живлення, регуляції гормонального балансу та підвищенню стійкості рослин до абіотичних стресів [13; 41; 40]. Позакореневе живлення, у свою чергу, забезпечує швидке надходження поживних речовин до рослинного організму, що особливо важливо на критичних етапах розвитку.

Взаємодія рослин із мікроорганізмами ризосфери та симбіотичними грибами є важливим чинником регуляції ростових процесів.

Мікоризоутворюючі гриби та азотфіксувальні бактерії здатні підвищувати доступність елементів живлення, стимулювати розвиток кореневої системи та впливати на інтенсивність фізіологічних процесів [41; 13]. Крім того, біологічно активні речовини, що входять до складу стимуляторів росту, можуть змінювати інтенсивність фотосинтезу, дихання та інших ключових процесів, визначаючи загальну продуктивність рослинного організму [42; 39].

Незважаючи на значну кількість досліджень у цьому напрямі, питання комплексного впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на ріст і розвиток соняшника потребують подальшого вивчення. Особливо актуальним є з'ясування їх ролі у регуляції морфогенезу рослин, формуванні листкової поверхні та проходженні фенологічних фаз.

Актуальність теми полягає у необхідності поглиблення знань про біологічні особливості росту і розвитку *Helianthus annuus* L. за впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення, що дозволить обґрунтувати механізми регуляції фізіологічних процесів рослин та сприятиме оптимізації умов їх розвитку.

Мета дослідження – Мета дослідження – дослідити особливості росту, розвитку та формування морфофункціональних показників рослин *Helianthus annuus* L. за впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких **завдань**:

1. Проаналізувати теоретичні основи росту і розвитку соняшника та вплив передпосівної обробки насіння і позакореневого живлення на фізіолого-біохімічні процеси рослин.

2. Охарактеризувати умови та методику проведення досліджень, зокрема об'єкти, схему досліду та методи оцінювання росту і розвитку рослин.

Дослідити вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на особливості росту, проходження фенологічних фаз і формування листкового апарату рослин соняшника.

Об’єкт дослідження – процеси росту і розвитку рослин *Helianthus annuus* L.

Предмет дослідження –вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на ріст, розвиток і морфофізіологічні показники рослин соняшника.

Методи дослідження: аналіз і узагальнення наукової літератури; фенологічні спостереження; біометричні методи; порівняльний аналіз результатів.

Наукова новизна дослідження полягає у встановленні особливостей впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на ріст і розвиток рослин соняшника з позицій фізіолого-біологічних процесів.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання отриманих даних для оптимізації умов вирощування соняшника, а також у навчальному процесі під час викладання біологічних дисциплін.

Результати дослідження апробовано: основні положення, висновки та результати дослідження доповідалися та обговорювалися на засіданнях студентського наукового гуртка «Сучасні проблеми навчання біології» Уманського національного університету (2025–2026 рр.).

Публікації. Основні результати дослідження відображено в 1 науковій статті: Гаспарян А. А., Небикова Т. А., Омельченко В. С. Ключові компетентності в сучасній освіті та їх формування на уроках біології та екології. Наукові записки екологічної лабораторії УДПУ. 2025. Вип. 28. С. 330–336. [10].

Обсяг та структура кваліфікаційної роботи. Роботу викладено на 69 сторінках машинописного тексту, включаючи 4 таблиці та 4 рисунки. Вона складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаних джерел, що нараховує 69 найменувань, додатків.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОСТУ І РОЗВИТКУ *HELIANTHUS ANNUUS* L.

1.1. Біологічна характеристика виду *Helianthus annuus* L.

Соняшник культурний (*Helianthus annuus* L.) належить до родини Айстрові (Asteraceae) і є однією з найважливіших олійних культур у світі. Його значення визначається не лише високим вмістом олії в насінні, але й широкими можливостями використання у різних галузях. Разом з тим, соняшник виступає важливим об'єктом біологічних досліджень, оскільки характеризується чітко вираженими особливостями росту і розвитку, які добре простежуються в онтогенезі [7; 18].

У систематичному відношенні соняшник культурний належить до царства Рослини (Plantae), відділу Покритонасінні (Magnoliophyta), класу Дводольні (Magnoliopsida), порядку Айстроцвіті (Asterales), родини Айстрові (Asteraceae), роду Соняшник (Helianthus L.). Вид Helianthus annuus L. є найбільш поширеним представником роду та має важливе господарське і біологічне значення [17; 19].

Батьківщиною соняшника вважається Північна Америка, де він був окультурений ще в давні часи. У процесі тривалої селекції сформувалися сучасні гібриди, які значно відрізняються від диких форм за морфологічними та фізіологічними показниками. Зокрема, сучасні форми мають більші розміри кошика, підвищену продуктивність і більш стабільні показники розвитку. Генетичний прогрес дозволив створити гібриди інтенсивного типу, здатні ефективно використовувати сонячну енергію та формувати значну біомасу [18].

Еволюційно *H. annuus* сформувався як вид із високою екологічною пластичністю. Це означає, що рослина здатна адаптуватися до різних умов середовища, хоча при цьому не всі фактори однаково добре переносить. Наприклад, соняшник відносно добре витримує посушливі умови завдяки

особливостям своєї фізіології, але водночас залишається чутливим до умов проростання насіння, що безпосередньо впливає на рівномірність сходів і густоту стояння рослин [25; 2].

Коренева система соняшника є стрижневою і добре розвиненою. Вона здатна проникати на глибину до 2–3 метрів, що дає можливість використовувати вологу з глибших шарів ґрунту. Однак на початкових етапах розвитку коренева система ще недостатньо сформована і розвивається повільніше за надземну частину, що робить проростки більш вразливими до дефіциту живлення та температурних коливань. Тому саме перші фази росту є дуже важливими для подальшого розвитку рослин [28].

Надземна частина рослини представлена стеблом, яке зазвичай прямостояче, не гілкується у більшості культурних форм і може досягати значної висоти. Висота рослин є змінною ознакою, що залежить як від генетичних особливостей гібрида, так і від умов вирощування – зокрема забезпечення вологою та поживними речовинами. Іноді при кращих умовах рослини формують більшу вегетативну масу, але це не завжди прямо означає підвищення продуктивності [2].

Листки соняшника великі, серцеподібні, розміщені почергово. Вони виконують основну функцію – забезпечують фотосинтез, тобто утворення органічних речовин. Формування листкової поверхні має критичне значення, оскільки від її площі та тривалості функціонування залежить інтенсивність накопичення сухої речовини. Навіть незначні зміни умов середовища або технологічні впливи можуть суттєво змінювати розвиток листкового апарату [21].

Формування асиміляційного апарату соняшника безпосередньо пов’язане з інтенсивністю фотосинтетичних процесів. Відомо, що саме площа листкової поверхні визначає здатність рослин накопичувати органічну речовину та забезпечувати генеративні органи продуктами фотосинтезу [42; 16]. У зв’язку з цим будь-які чинники, що впливають на швидкість формування

листкового апарату або тривалість його функціонування, можуть суттєво змінювати темпи росту і розвитку рослин.

Суцвіття соняшника – кошик, що є складною біологічною структурою. Він складається з крайових язичкових квіток, які виконують функцію залучення запилювачів, та внутрішніх трубчастих, що є репродуктивними і формують насіння. Така будова забезпечує ефективне запилення і формування великої кількості насінин. При цьому потенційна кількість сім'янок у кошику та рівень їх виповненості (відсутність пустозернистості) значною мірою залежать від метаболічного статусу та умов живлення рослин у критичні фази розвитку, зокрема під час бутонізації та цвітіння [36].

Онтогенез соняшника проходить через ряд послідовних і взаємопов’язаних фаз: проростання насіння, поява сходів, формування листкового апарату, бутонізація, цвітіння, формування, налив та дозрівання сім'янок. На кожному етапі відбуваються складні фізіолого-біохімічні перебудови. Наприклад, у період проростання активізуються гідролітичні ферментативні системи, що забезпечують мобілізацію та трансформацію запасних ліпідів насіння у доступні вуглеводні сполуки. Несприятливі умови на цих стартових етапах блокують ензимну активність, що негативно позначається на вітальності сходів і може редукувати кінцеву продуктивність [17, 32].

Особливістю онтогенезу соняшника є гетерохронна (нерівномірна) чутливість рослинного організму до факторів середовища на різних етапах органогенезу. Найбільш критичними вважаються фази проростання, появи сходів, бутонізації та початку цвітіння, оскільки саме в ці часові інтервали відбуваються найбільш інтенсивні морфофізіологічні та гормональні перебудови [13, 19]. Будь-які порушення фізіологічного току речовин у критичні періоди призводять до незворотного зниження адаптаційного потенціалу культури та можуть негативно позначатися на подальшому формуванні продуктивності рослин.

У фазі активного вегетативного росту відбувається інтенсивне формування біомаси та листкової поверхні. Рослина формує фотосинтетичний апарат, який у подальшому визначає рівень продуктивності. Водночас цей процес значною мірою залежить від зовнішніх умов, і навіть короткочасні стреси, такі як посуха чи дефіцит поживних речовин, можуть уповільнювати ріст.

Фізіологічні процеси, включаючи фотосинтез, транспірацію та дихання, регулюються складною системою фітогормонів. Сучасні дослідження свідчать, що навіть незначні зміни гормонального балансу можуть суттєво впливати на темпи росту, формування органів і загальний розвиток рослин [3]. Важливу роль у регуляції ростових процесів відіграє взаємодія фітогормонів між собою. Ауксини стимулюють ріст клітин розтягненням, цитокініни активізують поділ клітин, а гібереліни впливають на ріст стебла та розвиток генеративних органів [3; 42]. Водночас абсцизова кислота бере участь у формуванні адаптаційних реакцій рослин на дію стресових факторів середовища. Саме тому зміни гормонального балансу можуть суттєво впливати на проходження фенологічних фаз і загальний фізіологічний стан рослин.

Важливою біологічною особливістю соняшника є його здатність до адаптації. Рослина може частково компенсувати вплив несприятливих факторів за рахунок зміни інтенсивності фізіологічних процесів або темпів розвитку. Проте ця здатність не є безмежною, і за сильного або тривалого стресу спостерігається зниження ефективності ростових процесів.

У цілому ріст і розвиток *H. annuus* є результатом складної взаємодії внутрішніх (генетичних, фізіологічних) та зовнішніх (екологічних) факторів. Саме ця взаємодія визначає особливості формування рослинного організму та його функціонування. Особливістю соняшника є також його здатність активно реагувати на оптимізацію умов живлення. Поліпшення забезпечення рослин елементами мінерального живлення сприяє інтенсифікації фотосинтезу, підвищенню активності ферментативних систем і формуванню більш

потужної кореневої системи [13; 40]. У зв'язку з цим застосування біологічно активних препаратів та позакореневого живлення може виступати важливим фактором регуляції росту і розвитку рослин соняшника.

Таким чином, біологічна характеристика соняшника свідчить про складність і взаємопов'язаність процесів його росту і розвитку. Розуміння цих особливостей є необхідною передумовою для подальшого дослідження впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на життєдіяльність рослин. Отже, без урахування цих особливостей складно об'єктивно оцінити вплив досліджуваних чинників на розвиток рослин.

1.2. Фізіолого-біохімічні основи росту і розвитку соняшнику в умовах абіотичних стресів

Ріст і розвиток рослин є складними процесами, що визначаються взаємодією генетичних факторів та умов зовнішнього середовища. У випадку соняшника (H. annuus) ці процеси мають свої особливості, пов'язані з інтенсивним формуванням вегетативної маси, розвитком асиміляційного апарату та переходом до генеративної фази. При цьому ріст і розвиток не завжди відбуваються рівномірно, і на різних етапах можуть по-різному реагувати на зовнішні впливи [24; 19].

Одним із ключових фізіологічних процесів, що забезпечує ріст рослин, є фотосинтез. У процесі фотосинтезу відбувається синтез органічних речовин із неорганічних за участю світлової енергії. Для соняшника характерна досить висока інтенсивність фотосинтезу, що пов'язано з великою площею листкової поверхні. Але цей процес дуже залежить від умов середовища – освітлення, температури, забезпечення вологою [20; 6]. При цьому важливим є не лише сам факт інтенсивного фотосинтезу, а й здатність рослини підтримувати його на стабільному рівні протягом тривалого часу.

Важливим показником є не лише інтенсивність фотосинтезу, а й тривалість функціонування листкового апарату. Чим довше листки

залишаються активними, тим більше органічної речовини накопичується в рослині. Проте іноді спостерігається ситуація, коли листкова поверхня може бути достатньою за площею, але її ефективність знижується через старіння або стресові умови. Це може призводити до певного дисбалансу між ростом і накопиченням органічної речовини. За умов глобальних кліматичних змін стабільність фотосинтетичних процесів набуває особливого значення. Підвищення температури повітря та нерівномірність зволоження можуть спричиняти порушення функціонування фотосинтетичного апарату, що впливає на інтенсивність накопичення органічної речовини [1; 34]. У зв'язку з цим здатність рослин підтримувати ефективність фотосинтезу в умовах стресу є важливою адаптивною ознакою.

Не менш важливим процесом є дихання, яке забезпечує рослину енергією. У процесі дихання відбувається розщеплення органічних речовин з виділенням енергії, яка використовується для росту та розвитку. Висока інтенсивність дихання характерна для молодих тканин, які активно ростуть. Але при несприятливих умовах, наприклад, високих температурах, дихання може посилюватися настільки, що призводить до втрати органічної речовини, що в певній мірі знижує ефективність росту.

Водний режим рослин також відіграє ключову роль у їх розвитку. Соняшник має досить потужну кореневу систему, що дозволяє використовувати вологу з глибших шарів ґрунту. Проте на початкових етапах розвитку ця система ще недостатньо сформована, тому рослини більш чутливі до нестачі вологи. В умовах посухи спостерігається зниження тургору клітин, уповільнення ростових процесів і зменшення площі листкової поверхні [11; 37]. Іноді навіть короткочасний дефіцит вологи може впливати на подальший розвиток рослин.

Транспірація є ще одним важливим процесом, який пов'язаний із водним режимом. Через випаровування води рослина регулює температуру та забезпечує рух води і розчинених у ній речовин. Але при надмірній транспірації в умовах високих температур рослини можуть втрачати значну

кількість води, що негативно впливає на їх стан [5]. У таких умовах рослини змушені частково закривати продихи, що, у свою чергу, знижує інтенсивність фотосинтезу.

Для соняшника характерна відносно висока посухостійкість, однак за тривалого дефіциту вологи та високих температур ефективність водообміну знижується. У таких умовах рослини переходять у стан фізіологічного пригнічення, що супроводжується уповільненням росту та порушенням процесів формування генеративних органів [37; 6].

Ріст рослин також регулюється фітогормонами – біологічно активними речовинами, які контролюють поділ і розтяг клітин. До основних груп фітогормонів належать ауксини, гібереліни, цитокініни, абсцизова кислота та етилен. Кожна з цих речовин виконує свою функцію, і їх співвідношення визначає характер ростових процесів. Наприклад, ауксини стимулюють подовження клітин, гібереліни впливають на ріст стебла, а абсцизова кислота може гальмувати ріст у стресових умовах [18].

У сучасних гібридів соняшника регуляція росту є досить складною і залежить від багатьох факторів. Встановлено, що навіть незначні зміни у гормональному балансі можуть призводити до зміни темпів росту, формування органів і навіть тривалості вегетаційного періоду. Це особливо помітно в умовах нестабільного клімату. В умовах абіотичних стресів регуляторні системи рослин зазнають суттєвих змін. Зокрема, за високих температур і нестачі вологи змінюється співвідношення між стимулюючими та інгібуючими фітогормонами, що впливає на інтенсивність ростових процесів і проходження фенологічних фаз [19; 24].

Біохімічні процеси, що відбуваються в рослинах, включають синтез білків, вуглеводів, ліпідів та інших сполук. У процесі росту соняшника особливо важливим є накопичення органічної речовини, яка потім використовується для формування генеративних органів. При цьому ефективність цих процесів залежить від умов середовища та забезпеченості рослин елементами живлення.

Важливу роль у метаболізмі відіграють ферменти, які каталізують основні біохімічні реакції. Активність ферментативних систем може змінюватися під впливом температури, вологості та інших факторів. Наприклад, за несприятливих умов активність деяких ферментів знижується, що призводить до уповільнення ростових процесів.

Окремо варто звернути увагу на антиоксидантну систему рослин. У процесі життєдіяльності, особливо під дією стресових факторів, у клітинах утворюються активні форми кисню, які можуть пошкоджувати клітинні структури. Для їх нейтралізації рослини використовують антиоксидантні ферменти та інші захисні сполуки. У соняшника ця система досить добре розвинена, що частково пояснює його відносну стійкість до стресів.

Адаптаційні реакції рослин проявляються у зміні інтенсивності фізіологічних процесів. У відповідь на дію стресових факторів (висока температура, посуха, нестача поживних речовин) рослини можуть знижувати швидкість фотосинтезу, змінювати водний режим, активізувати синтез захисних речовин [24]. Але такі реакції часто супроводжуються зниженням загальної продуктивності.

Дослідження показують, що стійкість соняшника до несприятливих умов значною мірою визначається його генетичними особливостями. Деякі гібриди мають підвищену здатність витримувати стреси за рахунок більш ефективної роботи фізіологічних систем [18]. Це важливо враховувати при аналізі результатів досліджень.

Разом з тим, варто зазначити, що ріст і розвиток рослин – це не просто сума окремих процесів, а складна система, де всі елементи взаємопов’язані. Наприклад, зміни у водному режимі можуть впливати на фотосинтез, а зміни у фотосинтезі – на ріст і розвиток у цілому.

У сучасних умовах глобальних кліматичних трансформацій фізіолого-біохімічна стійкість олійних культур зазнає значних випробувань. Підвищення середньорічних температур та зміщення агрокліматичних зон в Україні зумовлюють необхідність удосконалення технологій вирощування соняшника.

Останніми роками спостерігається тенденція до поширення посівів цієї культури у північніші та західніші регіони України, що раніше вважалися менш сприятливими для її вирощування через недостатнє теплозабезпечення [1]. Водночас у нових зонах вирощування рослини часто зазнають негативного впливу нерівномірного розподілу атмосферних опадів та періодів тривалої спеки.

Для соняшника культурного одним із найбільш важливих лімітуючих чинників у зоні Лісостепу є забезпечення рослин продуктивною вологою на ранніх етапах онтогенезу. Дефіцит вологи під час проростання насіння та формування перших справжніх листків негативно впливає на інтенсивність поділу клітин, уповільнює ріст проростків та може знижувати польову схожість рослин [11]. За тривалого дефіциту опадів та підвищення температури повітря у рослин спостерігається уповільнення лінійного росту, зменшення площі листкової поверхні та погіршення загального фізіологічного стану.

Одним із найбільш чутливих до дії абіотичних стресів процесів є фотосинтез. Високі температури та нестача вологи призводять до порушення водного режиму рослин, посилення транспірації та зниження ефективності фотосинтетичного апарату [6]. У таких умовах рослини частково закривають продихи для зменшення втрат води, що обмежує надходження вуглекислого газу до клітин та негативно впливає на інтенсивність синтезу органічних речовин.

Тривалий вплив температурного стресу може спричиняти передчасне старіння листкового апарату та руйнування пігментних комплексів хлоропластів. За умов надмірної інсоляції та дефіциту вологи в клітинах накопичуються активні форми кисню, які пошкоджують ліпідний бішар тилакоїдних мембран хлоропластів і порушують перебіг фотосинтетичних реакцій. У результаті знижується вміст хлорофілу, погіршується ефективність фотосинтезу та зменшується накопичення органічної речовини [20].

Важливу роль у підтриманні стійкості рослин до дії стресових чинників відіграє функціонування антиоксидантної системи та регуляція фізіолого-біохімічних процесів. За несприятливих умов рослини змінюють інтенсивність водообміну, фотосинтезу та ростових процесів, що дозволяє частково адаптуватися до дії високих температур і нестачі вологи [24].

У зв’язку з цим важливого значення набуває застосування адаптивних технологій вирощування соняшника, спрямованих на підвищення стійкості рослин до абіотичних стресів. Одним із перспективних напрямів є використання біологічних препаратів та стимуляторів росту, які сприяють активізації фізіолого-біохімічних процесів, покращенню мінерального живлення та підтриманню функціональної активності рослинного організму [4; 13].

Відповідно, фізіолого-біохімічні процеси визначають інтенсивність росту рослин соняшника та їх здатність адаптуватися до умов середовища. Розуміння цих процесів є необхідним для подальшого аналізу впливу різних чинників, зокрема передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення, на розвиток рослин. Це також дозволяє більш обґрунтовано пояснювати отримані експериментальні результати та встановлювати причинно-наслідкові зв’язки між впливом факторів і реакцією рослинного організму

1.3. Вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на ріст і розвиток соняшника

У сучасному рослинництві все більшого значення набуває використання біологічних чинників, які дозволяють регулювати ріст і розвиток рослин без значного хімічного навантаження на агроекосистему. Особливо це актуально для соняшника, який досить чутливо реагує на умови вирощування, насамперед на початкових етапах онтогенезу. У зв’язку з цим передпосівна

обробка насіння та позакореневе живлення розглядаються як важливі елементи сучасних технологій [4; 33].

Передпосівна обробка насіння спрямована на покращення його посівних якостей і стимулювання процесів проростання. Застосування мікробних препаратів дозволяє активізувати біохімічні процеси в насінні, зокрема підвищити активність ферментів, що беруть участь у мобілізації запасних речовин. Це сприяє більш швидкому та дружному проростанню і формуванню вирівняних сходів [23].

Фундаментальне значення у забезпеченні стартового росту має використання препаратів, що містять азотфіксуючі та фосформобілізуючі бактерії. Вони покращують мінеральне живлення рослин, переводячи важкодоступні сполуки у доступні форми. У результаті формується більш розвинена коренева система, що позитивно впливає на подальший ріст рослин і їх адаптаційні можливості [29].

Крім покращення мінерального живлення, дія мікробних препаратів пов’язана з активізацією ризосферних процесів. У зоні кореневої системи формується специфічне мікробне середовище, яке сприяє мобілізації поживних речовин і підвищує їх доступність для рослин. Це, у свою чергу, створює більш сприятливі умови для росту коренів і формування вегетативної маси. Іноді ці процеси відбуваються поступово і не завжди одразу помітні, але їх вплив проявляється на наступних етапах розвитку рослин.

Крім того, мікроорганізми здатні синтезувати біологічно активні речовини, подібні до фітогормонів. Це впливає на процеси поділу і розтягнення клітин, що відображається на темпах росту рослин. У більшості випадків відмічається позитивна тенденція, хоча ефект може змінюватися залежно від умов середовища [35].

При цьому важливо, що синтез таких речовин не є стабільним процесом і залежить від умов середовища, зокрема температури та вологості. Тому ефективність біопрепаратів може змінюватися, що іноді ускладнює їх

практичне застосування. Незважаючи на це, більшість досліджень підтверджує їх позитивний вплив на розвиток рослин.

Окрему увагу приділяють поєднанню різних груп мікроорганізмів. Встановлено, що сумісне використання бактеріальних і мікоризоутворюючих препаратів має синергічний ефект і підвищує адаптивність рослин до стресових чинників. Це підтверджується наявністю прямого зв'язку між рівнем розвитку ґрунтової біоти та продуктивністю посівів соняшнику [21]. Мікоризоутворюючі гриби здатні значно збільшувати поглинальну поверхню кореневої системи за рахунок розвитку гіфальної мережі. Це покращує забезпечення рослин водою та елементами мінерального живлення, особливо фосфором, що є важливим у періоди дефіциту вологи або зниження доступності поживних речовин у ґрунті [35; 22].

Важливим аспектом є також застосування гумінових препаратів. Вони підвищують адаптивний потенціал рослин, активізують метаболічні процеси, покращують проникність клітинних мембран і сприяють більш ефективному використанню поживних речовин. Особливо їх дія проявляється в умовах стресу [14]. За дії несприятливих факторів середовища гумінові препарати можуть сприяти стабілізації фізіологічного стану рослин, підтриманню активності фотосинтетичного апарату та зменшенню негативного впливу оксидативного стресу [14].

Гумінові речовини можуть впливати на активність ферментативних систем, що беруть участь у метаболічних процесах. Це сприяє більш ефективному засвоєнню елементів живлення та підвищує загальну стійкість рослин до несприятливих факторів. У деяких випадках відмічається також позитивний вплив на розвиток кореневої системи.

Ефективність передпосівної обробки насіння залежить від багатьох факторів: типу препарату, ґрунтових умов, температурного режиму. Тому в різних роках результати можуть відрізнятися, що іноді ускладнює їх однозначну оцінку.

Не менш важливим елементом сучасних технологій є позакореневе живлення, яке дозволяє безпосередньо впливати на фізіологічний стан рослин. Його застосування є особливо ефективним у періоди інтенсивного росту або за умов, коли коренева система не забезпечує достатнього надходження поживних речовин. Слід зазначити, що позакореневе живлення не може повністю замінити кореневе живлення, проте здатне ефективно доповнювати його у критичні періоди розвитку рослин. Воно дозволяє швидко реагувати на зміни умов середовища та підтримувати фізіологічний стан рослин у критичні періоди розвитку. Проте ефективність такого підходу залежить від правильності вибору строків внесення та концентрації розчинів.

Позакореневе підживлення сприяє покращенню фотосинтетичної діяльності рослин. За його застосування спостерігається збільшення площі листкової поверхні та підвищення фотосинтетичного потенціалу, що позитивно впливає на накопичення органічної речовини [16; 31].

Покращення фотосинтетичної діяльності пов’язане не лише зі збільшенням площі листків, а й із підвищенням ефективності використання світлової енергії. Це проявляється у зростанні інтенсивності синтезу органічних речовин, що в подальшому визначає темпи росту і розвитку рослин.

Важливо також, що позакореневе живлення дозволяє оперативно коригувати живлення рослин. Зокрема, внесення мікродобрив у хелатній формі дає можливість швидко усунути дефіцит окремих елементів. Однак ефективність такого способу значною мірою залежить від погодних умов, зокрема температури і вологості повітря [6].

Окрім живлення, важливу роль відіграють стимулятори росту та мікродобрива, які можуть впливати на активність ферментів, інтенсивність фотосинтезу та загальний фізіологічний стан рослин. У результаті спостерігається більш активний ріст і розвиток, хоча іноді цей ефект проявляється не однаково в різних умовах [38].

Поряд із мікробіологічною модифікацією ризосфери важливим елементом сучасних технологій вирощування соняшника є застосування рослинних біостимуляторів та органо-мінеральних комплексів упродовж вегетації. Біостимулятори здатні активізувати ферментативні системи рослин та регулювати інтенсивність фізіолого-біохімічних процесів [40]. Особливе місце серед таких препаратів займають сполуки на основі гумінових та фульвокислот.

Позакореневе внесення гуматів сприяє підвищенню антиоксидантного статусу клітин та зменшує рівень пошкодження хлоропластів під дією активних форм кисню у періоди абіотичних стресів [14]. За таких умов рослини краще підтримують стабільність фотосинтетичного апарату та ефективніше зберігають функціональну активність листкового апарату.

Практичний досвід застосування листкових підживлень комплексними добривами свідчить про швидкий фізіологічний відгук рослин соняшника на надходження біологічно активних речовин через листкову поверхню [5]. Це дозволяє оперативно компенсувати дефіцит мікроелементів у критичні фази росту та розвитку рослин. Органо-мінеральні комплекси, що містять гумінові речовини, фульвокислоти та амінокислоти, сприяють активізації транспортних процесів у клітинах, покращують переміщення асимілянтів та стимулюють формування листкового апарату рослин. У результаті посилюється лінійний ріст рослин і підвищується ефективність формування асиміляційної поверхні посівів.

Такий підхід дозволяє впливати на рослину на різних етапах її розвитку – від проростання до формування листкового апарату. Водночас ефективність цього поєднання залежить від конкретних умов вирощування. У сприятливі роки різниця між варіантами може бути менш помітною, тоді як у стресових умовах (посуха, високі температури) ефект проявляється більш чітко.

Таким чином, передпосівна обробка насіння та позакореневе живлення мають комплексний вплив на ріст і розвиток соняшника. Їх дія реалізується через регуляцію фізіолого-біохімічних процесів, зокрема фотосинтетичної

діяльності, мінерального живлення, ферментативної активності та гормонального балансу. Комплексне застосування біологічних препаратів і позакореневого живлення сприяє підвищенню адаптивних можливостей рослин та більш повній реалізації їх біологічного потенціалу в умовах дії абіотичних стресів.

РОЗДІЛ 2
УМОВИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Умови проведення дослідження

Польові дослідження проводилися у 2025 році на базі фермерського господарства «АГРО-ВАС» Гайсинського району Вінницької області.

Територія господарства належить до зони Лісостепу України, яка характеризується помірно континентальним кліматом із достатньо теплим літом та нестійким зволоженням. Для регіону характерні періодичні коливання температурного режиму, нерівномірний розподіл атмосферних опадів та посушливі явища, що можуть суттєво впливати на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, зокрема соняшника [26; 15].

В останні роки у зоні Лісостепу спостерігається тенденція до підвищення середньорічних температур та збільшення частоти абіотичних стресів, пов’язаних із дефіцитом вологи та високими температурами повітря. Такі умови можуть негативно впливати на процеси проростання насіння, формування листкового апарату та проходження фенологічних фаз розвитку соняшника. Для соняшника особливо важливими є умови тепло- та вологозабезпечення у початкові фази росту і розвитку. Недостатня кількість вологи у період проростання насіння та формування сходів може негативно впливати на польову схожість і подальший розвиток рослин. Водночас підвищені температури у поєднанні з дефіцитом опадів здатні викликати стресові реакції, що відображаються на інтенсивності ростових процесів та формуванні листкового апарату.

Для об’єктивної оцінки умов вирощування культури у період проведення досліджень використовували дані Гайсинської метеорологічної станції. Гідротермічні умови вегетаційного періоду 2025 року певною мірою відрізнялися від середньобагаторічних показників, що дало можливість оцінити реакцію рослин соняшника на досліджувані чинники в умовах конкретного вегетаційного періоду.

Ґрунтовий покрив дослідної ділянки представлений чорноземами типовими малогумусними середньосуглинковими. Орний шар ґрунту характеризувався достатнім рівнем родючості та сприятливими агрофізичними властивостями для вирощування соняшника. Вміст гумусу становив 3,8–4,1 %, реакція ґрунтового розчину була близькою до нейтральної (pH 6,2–6,5), що є сприятливим для росту і розвитку культури. Чорноземні ґрунти Лісостепу характеризуються достатнім потенціалом родючості, однак ефективність використання поживних речовин рослинами значною мірою залежить від гідротермічних умов вегетаційного періоду. За умов нестачі вологи доступність окремих елементів мінерального живлення може знижуватися, що позначається на фізіологічному стані рослин.

Попередником соняшника у досліді була пшениця озима. Технологія вирощування культури, за винятком досліджуваних факторів (передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення), була загальноприйнятою для умов Лісостепу України і включала осінню оранку, ранньовесняне боронування та передпосівну культивацію.

У процесі проведення досліджень враховували загальноприйняті вимоги до організації польових дослідів та проведення агрономічних спостережень [12; 10].

Поєднання кліматичних особливостей регіону та періодичної дії абіотичних стресів створює умови для дослідження впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого живлення на ріст і розвиток рослин соняшника. Це дозволяє оцінити реакцію рослин на досліджувані чинники в умовах, наближених до реального агровиробництва.

2.2. Об’єкти та схема досліду

Об’єктом дослідження були процеси росту і розвитку рослин соняшника культурного (*H. annuus*) за впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення в умовах Лісостепу України.

Предметом дослідження були біометричні показники рослин соняшника, особливості проходження фенологічних фаз та формування листкового апарату за впливу досліджуваних чинників.

Матеріалом дослідження слугували рослини соняшника гібриду Аврора АМ середньоранньої групи стиглості.

У дослідженні використовували бактеріальний мікоризоутворюючий препарат Мікофренд та стимулятор росту ALHUM PLUS.

Використання препарату Мікофренд зумовлене його здатністю покращувати мінеральне живлення рослин, активізувати ризосферні процеси та стимулювати формування кореневої системи. Наявність у складі препарату мікоризоутворюючих грибів та агрономічно цінних бактерій сприяє підвищенню адаптивних можливостей рослин соняшника. Стимулятор росту ALHUM PLUS застосовували з метою активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, покращення фотосинтетичної діяльності та підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів середовища.

Схема досліду включала три варіанти:

1. Контроль – без застосування препаратів.
2. Передпосівна обробка насіння препаратом Мікофренд.
3. Передпосівна обробка насіння препаратом Мікофренд та позакореневе підживлення препаратом ALHUM PLUS.

Обрана схема досліду дозволяла оцінити як окремий вплив передпосівної обробки насіння, так і комплексний вплив поєднання передпосівної обробки та позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин соняшника.

Передпосівну обробку насіння проводили напівсухим способом безпосередньо перед сівбою за допомогою ручного обприскувача. Оброблене насіння ретельно перемішували для рівномірного нанесення робочого розчину препарату.

Сівбу соняшника проводили у оптимальні для зони строки – у першій-другій декаді травня – за прогрівання ґрунту на глибині загортання насіння до

10–12 °С. Спосіб сівби – широкорядний із шириною міжрядь 70 см. Норма висіву забезпечувала оптимальну густоту стояння рослин.

Позакореневе підживлення рослин проводили у ранкові години шляхом дрібнокрапельного обприскування рослин робочим розчином препарату у фазу 2–3 пар справжніх листків. Проведення підживлення саме у фазу 2–3 пар справжніх листків пов’язане з активним формуванням листкового апарату та інтенсивним ростом рослин у цей період. На даному етапі розвитку рослини особливо чутливі до забезпечення елементами живлення та дії біологічно активних речовин.

Польовий дослід закладали відповідно до загальноприйнятих методик проведення агрономічних досліджень [9; 10]. Повторність досліду – триразова. Розміщення варіантів у досліді – систематичне.

Площа однієї дослідної ділянки становила 2 м², загальна площа досліду – 18 м². Невеликі розміри дослідних ділянок були зумовлені особливостями польового експерименту та спрямованістю дослідження на оцінку фізіолого-біологічних показників рослин, а не продуктивності посівів.

Упродовж вегетаційного періоду проводили фенологічні спостереження, визначали висоту рослин, особливості формування листкової поверхні та оцінювали загальний фізіологічний стан рослин соняшника.

2.3. Методи дослідження

У процесі виконання науково-дослідної роботи застосовували комплекс загальноприйнятих у агрономії та фізіології рослин методів: польовий, фенологічний, біометричний, порівняльно-аналітичний та статистичний.

Польовий метод використовували для вивчення впливу передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення на ріст і розвиток рослин соняшника в умовах природного гідротермічного режиму Лісостепу України.

Фенологічні спостереження здійснювали упродовж вегетаційного періоду відповідно до загальноприйнятих методик [9; 17]. Під час спостережень фіксували строки настання основних фаз росту і розвитку

рослин: появу сходів, формування справжніх листків, активний вегетативний ріст, бутонізацію та цвітіння. Спостереження проводили на постійно закріплених рослинах у кожному варіанті досліду.

Для оцінки ростових процесів проводили біометричні вимірювання рослин соняшника. Висоту рослин визначали за допомогою мірної шкали від поверхні ґрунту до верхівки рослини у характерні фази розвитку культури. Отримані результати використовували для оцінки інтенсивності росту рослин за впливу досліджуваних чинників.

Формування листкового апарату оцінювали за показниками розвитку листкової поверхні та загального стану рослин. Площу листків визначали параметричним методом шляхом вимірювання довжини та ширини листкової пластинки із використанням перерахункового коефіцієнта [8]. Отримані показники площі листкової поверхні однієї рослини використовували для розрахунку площі листкового апарату посіву з перерахунком на 1 гектар відповідно до густоти стояння рослин.

Для характеристики фізіологічного стану рослин враховували інтенсивність росту, рівномірність розвитку рослин та реакцію рослин на застосування біологічних препаратів. Оцінювання проводили шляхом візуальних спостережень і порівняння показників контрольного та дослідних варіантів.

Порівняльно-аналітичний метод застосовували для аналізу змін біометричних та фізіолого-біологічних показників рослин соняшника за впливу досліджуваних препаратів. Порівняння контрольного та дослідних варіантів дозволило оцінити особливості ростових процесів і реакцію рослин на дію біологічних чинників.

Польові дослідження проводили з дотриманням загальноприйнятих вимог до закладання польових дослідів, забезпечення однакових умов вирощування рослин у всіх варіантах та повторності експерименту [12; 17].

Статистичну обробку отриманих результатів здійснювали методом порівняльного аналізу та елементів варіаційної статистики з метою оцінки

достовірності отриманих результатів. Розрахунки виконували з використанням програмного забезпечення Microsoft Excel.

Під час проведення досліджень дотримувалися принципів об’єктивності, систематичності та повторюваності експериментальних спостережень.

РОЗДІЛ 3
ОСОБЛИВОСТІ РОСТУ І РОЗВИТКУ СОНЯШНИКА ЗА ВПЛИВУ ДОСЛІДЖУВАНИХ ЧИННИКІВ

3.1. Проростання насіння та початкові етапи розвитку рослин

Початкові етапи онтогенезу соняшника культурного (*H. annuus*) мають детермінуюче значення для подальшої реалізації біологічного потенціалу культури. Саме в ювенільний період – під час проростання насіння та формування сходів – закладаються архітектоніка майбутньої кореневої системи, вегетативних органів та активізуються ключові фізіолого-біохімічні процеси. У цей період проростки соняшника виявляють високу чутливість до ендогенних та екзогенних факторів, зокрема гідротермічного режиму ґрунту та доступності легкозасвоюваних форм мінерального живлення.

За результатами проведених досліджень встановлено, що біологізація елементів технології вирощування на початкових етапах суттєво оптимізувала ростові процеси соняшника. Застосування передпосівної обробки насіннєвого матеріалу мікробним препаратом «Мікофренд» забезпечило одержання більш дружних та синхронних сходів порівняно з контрольним варіантом (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Польова схожість насіння та густота стояння рослин соняшника на початкових етапах онтогенезу

Варіант досліду	**Польова схожість, %**	**Кількість рослин на 1 м², шт.**
Контроль (без обробок)	84,6 ± 0,4	5,1 ± 0,1
Передпосівна обробка насіння препаратом «Мікофренд»	87,1 ± 0,5	5,3 ± 0,1
Передпосівна обробка насіння «Мікофренд» + позакореневе підживлення «ALHUM PLUS»*	88,0 ± 0,3	5,4 ± 0,1

**Примітка. На етапі фіксації польової схожості на варіанті 3 діяло лише передпосівне оброблення насіння, позакореневе підживлення проводилося у пізніші фази розвитку.*

Аналіз експериментальних даних свідчить, що передпосівна інокуляція насіння біопрепаратом «Мікофренд» забезпечила стабільне підвищення польової схожості соняшника на 2,5–3,4 % щодо контрольних ділянок, де цей показник становив 84,6 %. Важливо відзначити, що на варіантах із біологізацією сформувався вирівняний за архітектонікою та висотою стеблостій із тенденцією до збільшення щільності посіву на одиницю площі – до 5,3–5,4 шт./м² проти 5,1 шт./м² на контролі. Суттєвої різниці між другим і третім варіантами на початкових етапах розвитку не спостерігалося, що можна пояснити відсутністю дії позакореневого підживлення у період проростання насіння та формування сходів. На даному етапі основний вплив на рослини мала саме передпосівна обробка насіння.

Аналіз фізіолого-біохімічних закономірностей початкового періоду онтогенезу соняшника дозволяє детально обґрунтувати отримані експериментальні дані. Фізіологічна роль передпосівного біомодифікування насіння мікробним консорціумом «Мікофренд» полягає в оптимізації та пролонгованій активації ферментативного статусу зародка вже в період імбібіції (набухання) насінини. Ендофітні штами бактерій та мікоризоутворюючі гриби роду *Glomus*, колонізуючи насіннєву оболонку та ризосферу зародкового корінця, виступають потужними продуцентами біологічно активних речовин. Вони починають виділяти екзогенні гідролітичні ферменти – переважно ліпази, амілази та протеази – ще до моменту повного візуального наклювання насінини.

Оскільки насіння соняшника культурного (*H. annuus*) за своєю біологічною природою належить до олійних культур і містить значну кількість запасних ліпідів (тригліцеридів) у сім'ядолях, ключовим етапом його проростання є переведення цих високоенергетичних, але немобільних сполук у доступну для зародка форму. Екзогенна та ендогенна ферментація під дією

компонентів препарату «Мікофренд» суттєво інтенсифікує внутрішньоклітинний гліоксилатний цикл у клітинах зародка. Цей метаболічний шлях є унікальним для проростаючого олійного насіння, оскільки він забезпечує пряму конверсію (перетворення) жирних кислот, що вивільняються під дією ліпаз, у мобільні, транспортні форми вуглеводів – насамперед у сахарозу та глюкозу. Подібні закономірності щодо позитивного впливу мікробних консорціумів на енергію проростання олійних культур відзначають й інші дослідники [15].

Прискорений синтез та активний транслокаційний рух сахарози з поживних тканин сім'ядолей безпосередньо до зон ділення та розтягування клітин (апікальних меристем) зародкового корінця і гіпокотиля кардинально змінює осмотичний статус тканин. Внаслідок масового накопичення розчинних цукрів у вакуолях клітин, осмотичний і тургорний тиск у клітинах зародкового корінця стрімко зростає. Згідно з законами клітинної фізіології, це забезпечує високу гідравлічну силу розтягування клітин, що фізіологічно дозволяє молодому корінцю значно швидше подолати механічний опір ґрунтового шару, оптимізувати архітектоніку підземної частини та сформувати первинну всисну зону із прискореним закладанням бічних коренів.

Паралельно з цим, бактеріальний компонент консорціуму «Мікофренд» (зокрема ризосферні бактерії) активізує синтез фітогормонів ауксинового ряду (індоліл-3-оцтової кислоти). Екзогенні ауксини викликають явище «кислого росту» клітинних стінок зародка, роблячи їх більш еластичними та здатними до інтенсивного видовження під дією внутрішнього тургору. Крім того, ранній синергічний ефект мікроорганізмів та грибного міцелію стимулює первинний хемотаксис та виділення кореневих ексудатів. Це прискорює перехід проростка соняшника від гетеротрофного типу живлення (за рахунок запасів насінини) до автотрофного фіксованого живлення через сформовану кореневу систему та сім'ядольні листки.

Візуальні та біометричні спостереження у фазу сім’ядолей та появи першої пари справжніх листків показали, що рослини в дослідних варіантах

відрізнялися вищою інтенсивністю накопичення стартової біомаси. Вони мали інтенсивне зелене забарвлення, ширшу площу сім'ядольних листків та кращий загальний тургорний стан, що підтверджує ефективність початкового заселення ризосфери корисною мікрофлорою.

Гідротермічні умови в періоди сівби та появи сходів у рік проведення досліджень (2025 р.) загалом відповідали біологічним вимогам соняшника, проте періодичний дефіцит продуктивної вологи в орному шарі ґрунту створював помірний абіотичний стрес. За цих умов передпосівна обробка насіння препаратом «Мікофренд» виконувала адаптогенну функцію, нівелюючи негативний вплив нерівномірного зволоження на швидкість появи проростків.

Таким чином, біомодифікування насіннєвого матеріалу препаратом «Мікофренд» виступає в ролі пускового метаболічного тригера. Оно оптимізує енергетичний баланс проростка, забезпечує стабільне підвищення польової схожості *H. annuus*, покращує синхронність появи сходів та інтенсифікує початкові ростові процеси. Це нівелює затримки між фазами набухання і проростання в умовах нестабільного зволоження Лісостепу України, створюючи надійний біологічний базис для формування подальшої продуктивності агрофітоценозу соняшника.

3.2. Динаміка лінійного росту рослин соняшника

Лінійний ріст рослин соняшника культурного (*H. annuus*) є інтегральним морфофізіологічним показником, який відображає інтенсивність проходження метаболічних процесів, мітотичну активність меристем та загальний рівень адаптації рослинного організму до умов вирощування. Темпи наростання стебла у висоту детермінуються як генетичними особливостями гібриду, так і екзогенними чинниками – агрокліматичними умовами, архітектонікою посіву, оптимізацією мінерального живлення та застосуванням ендогенних і екзогенних регуляторів росту. Оскільки осьові органи вищих рослин мають полярність і чітко виражену вихідну зону росту, моніторинг їхніх лінійних

параметрів дозволяє оцінити загальну спрямованість донорно-акцепторних відносин у системі цілісного організму під час проходження ключових етапів органогенезу.

За результатами проведених досліджень встановлено, що інтеграція в технологію вирощування передпосівного біомодифікування насіння та позакореневого підживлення суттєво інтенсифікувала ростові процеси соняшника впродовж усього вегетаційного періоду (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Динаміка висоти рослин соняшника залежно від досліджуваних агротехнічних заходів, см

Варіант досліду	Фаза 2–3 пар листків	Бутонізація	Цвітіння
Контроль (без обробок)	18,4 ± 0,6	82,3 ± 1,8	148,6 ± 2,4
Передпосівна обробка насіння препаратом «Мікофренд»	20,1 ± 0,7	88,5 ± 1,9	156,8 ± 2,7
Передпосівна обробка насіння «Мікофренд» + позакореневе підживлення «ALHUM PLUS»	20,3 ± 0,6	92,4 ± 2,1	162,7 ± 2,9

Примітка. Наведено середні значення та їх похибки (M ± m) за трьома повтореннями досліду.

Аналіз динаміки висоти рослин на ранніх етапах вегетації (фаза 2–3 пар справжніх листків) показав, що біомодифіковані рослини (варіанти 2 і 3) достовірно перевищували контрольні екземпляри на 1,7–1,9 см. Водночас різниця між самими дослідними варіантами перебувала в межах математичної похибки (20,1 см та 20,3 см відповідно). Це є цілком закономірним, оскільки на даному етапі онтогенезу провідну роль відігравав виключно ефект інокуляції насіння мікробним препаратом «Мікофренд», який стимулював стартовий розвиток кореневої системи та первинне лінійне видовження проростків. У цей ювенільний період ріст рослини координується переважно верхівковою (апікальною) меристемою гіпокотиля, а посилений приплив поживних речовин з первинно сформованого мікоризного вогнища

забезпечував клітини необхідним енергетичним субстратом для інтенсифікації мітотичних поділів.

Максимальна диференціація за висотою рослин між варіантами експерименту зафіксована у фазу бутонізації. Цей період у біології соняшника характеризується переходом до інтенсижного вегетативного росту та посиленим споживанням елементів живлення. За умов контролю висота рослин становила 82,3 см, тоді як передпосівна обробка насіння забезпечила приріст цього показника на 6,2 см. Найвищі параметри лінійного росту (92,4 см) відзначено на варіанті комплексного застосування препаратів, де перевага над контролем досягла 10,1 см (рис. 3.1).

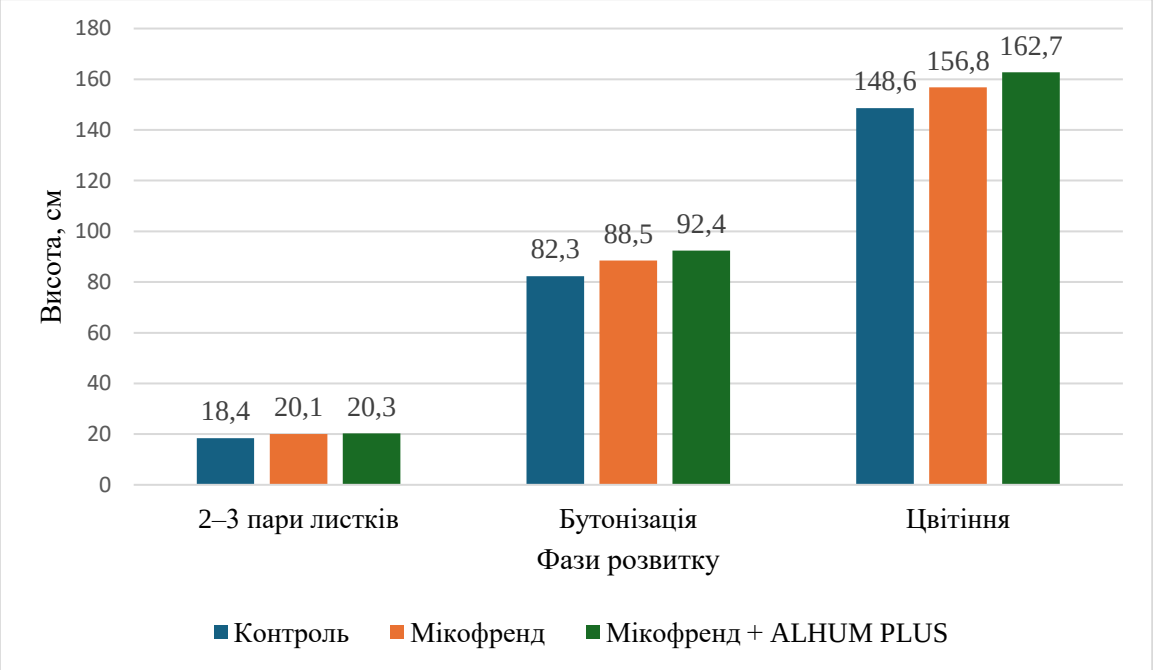


Рис. 3.1. Динаміка лінійного росту рослин соняшника залежно від передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення

З кінетичної точки зору, фізіологічний ефект такої варіативності чітко простежується за розрахунками швидкості лінійного наростання стебла в міжфазний період «сходи – бутонізація». Так, на контрольних ділянках середньодобовий приріст рослин у висоту становив близько 1,64 см/добу. Водночас на варіанті із поодиноким застосуванням «Мікофренду» цей

показник збільшився до 1,85 см/добу, а за комплексного використання з позакореневою стимуляцією досяг максимуму – 2,00 см/добу. Така значна інтенсифікація ростових процесів свідчить про глибокі внутрішньоклітинні зміни каталітичної активності тканин під дією екзогенних стимуляторів.

Така висока ефективність зумовлена синергічною дією ризосферної мікрофлори та позакореневого підживлення органо-мінеральним комплексом «ALHUM PLUS». Засвоєння біологічно активних речовин, гуматів та фульвокислот через листкову поверхню активізувало експресію ендогенних фітогормонів (гіберелінів та ауксинів), які відповідають за інтеркалярний (вставний) ріст та видовження клітин стебла. Гумінові матриці препарату «ALHUM PLUS» виступають у ролі фізіологічних тригерів, що активують протонні помпи (H^+-АТФази) плазмалеми меристематичних клітин міжвузлів. Це призводить до підкислення клітинної стінки (згідно з класичною фізіологічною гіпотезою «кислого росту»), послаблення зв’язків між целюлозними мікрофібрилами під дією ензимів-експансинів, і дозволяє клітині інтенсивно розтягуватися під дією внутрішнього тургорного тиску.

У фазу цвітіння, коли процеси лінійного росту соняшника поступово уповільнюються і завершуються через запуск генеративної програми та формування кошика, виявлена раніше тенденція повністю зберіглася. Рослини на варіанті «Мікофренд» + «ALHUM PLUS» сформували найвищий габітус із показником 162,7 см, що на 14,1 см або 9,5 % перевищувало контроль. Поодиноке застосування передпосівної інокуляції також забезпечило стабільний та математично достовірний приріст висоти стебла на рівні 8,2 см порівняно з невеликими рослинами контрольного варіанта (148,6 см).

Аналізуючи фінальний етап лінійного видовження осьових органів у період «бутонізація – цвітіння», слід відзначити, що абсолютний приріст стебла на контролі склав 66,3 см, тоді як на варіантах із біомодифікуванням насіння цей показник зріс до 68,3 см, а за комплексного живлення – до 70,3 см. За умови середньої тривалості цього міжфазного періоду у 17–18 діб, середньодобова швидкість росту досягала свого онтогенетичного піку і

становила 3,8–4,1 см/добу. Це підтверджує, що оптимізований фізіологічний фон не просто згладжує стресові чинники, а пролонгує активну роботу інтеркалярних меристем соняшника навіть у періоди максимального навантаження на асиміляційну систему.

Фізіологічне обґрунтування отриманих результатів полягає в тому, що оптимізація живлення на початкових етапах (завдяки мобілізації фосфору та азоту мікроорганізмами препарату «Мікофренд») сформувала розвинену та глибоку кореневу систему. Надалі це покращило поглинання вологи з нижніх горизонтів ґрунту та посилило ендогенний синтез цитокінінів у кінчиках коренів, які висхідним током транспортувалися до надземної частини, підтримуючи загальний клітинний тонус. Позакореневе підживлення препаратом «ALHUM PLUS» у критичні фази згладжувало прояви абіотичного стресу (високі температури та дефіцит опадів у літні місяці), підтримуючи високий тургорний тиск у клітинах та пролонгуючи роботу фотосинтетичного апарату.

Більше того, високий габітус рослин на дослідних варіантах біологічно корелює з підвищенням механічної міцності стебла. Збалансоване постачання мінеральних сполук та активація лігніфікації провідних пучків забезпечували формування потужного шару склеренхіми. Це гарантує високу стійкість рослин до вилягання під дією вітрового навантаження, що є важливим морфолого-адаптивним механізмом соняшника в умовах Лісостепу. Подібні висновки щодо позитивної кореляції між рівнем ендогенної та екзогенної стимуляції і темпами інтеркалярного росту *H. annuus* наводяться у працях інших дослідників [15].

Таким чином, інтегроване застосування передпосівної обробки насіння препаратом «Мікофренд» та вегетаційного позакореневого підживлення «ALHUM PLUS» є потужним чинником регуляції ростових процесів соняшника. Комплексна дія препаратів на клітинному та тканинному рівнях оптимізує архітектоніку та габітус рослин, забезпечує високу динаміку лінійного росту (збільшуючи швидкість наростання стебла до 2,0–4,1 см/добу)

та створює необхідні передумови для формування розвиненої асиміляційної поверхні агрофітоценозу.

3.3. Формування листкової поверхні та фотосинтетична активність рослин соняшника

Потужність фотосинтетичного апарату агрофітоценозу є провідним фактором, що визначає рівень біологічної та насіннєвої продуктивності соняшника культурного (*H. annuus*). Динаміка формування листкової поверхні, її загальна площа та тривалість функціонування (фотосинтетичний потенціал) визначають обсяги акумуляції фотосинтетично активної радіації (ФАР) та інтенсивність синтезу первинної органічної речовини. Морфогенез асиміляційного апарату та його функціональна активність тісно пов'язані з ендогенним фітогормональним балансом, рівнем забезпечення вологою та збалансованістю мінерального живлення рослин у критичні фази онтогенезу. Оскільки листок є головним донорним органом (*source*), який постачає асиміляти до акцепторних зон (*sink*) – репродуктивних органів соняшника, вивчення його морфометричних та якісних характеристик є ключовим завданням для розуміння біологічних закономірностей формування високої індивідуальної продуктивності рослин.

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що оптимізація умов вирощування шляхом поєднання передпосівної інокуляції насіння та вегетаційних позакореневих підживлень чинила пролонгований позитивний вплив на формування параметрів листкової поверхні соняшника (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Параметри листкової поверхні рослин соняшника у фазу масового цвітіння залежно від досліджуваних чинників

Варіант досліду	Площа листкової поверхні однієї рослини, см²	Площа листкової поверхні, тис. м²/га

Контроль (без обробок)	4125 ± 86	20,6 ± 0,4
Передпосівна обробка насіння препаратом «Мікофренд»	4468 ± 91	22,3 ± 0,5
Передпосівна обробка насіння «Мікофренд» + позакореневе підживлення «ALHUM PLUS»	4784 ± 95	23,9 ± 0,6

Примітка. Наведено середні значення та їх похибки (M ± m) за трьома повтореннями досліду.

Проведений аналіз архітектоніки рослин у фазу масового цвітіння показав, що за умов контролю площа листкової поверхні однієї рослини становила 4125 см^2, що в перерахунку на одиницю площі забезпечувало формування 20,6 тис. м^2/га асиміляційного апарату. Передпосівна обробка насіннєвого матеріалу мікробним препаратом «Мікофренд» активізувала ростові процеси листкових пластинок, підвищивши площу індивідуальної рослини до 4468 см^2 (+8,3 % до контролю).

Максимальні морфометричні параметри зафіксовано на варіанті комплексного застосування досліджуваних чинників (інокуляція «Мікофренд» + позакореневе підживлення «ALHUM PLUS»). За такого технологічного рішення площа листя однієї рослини досягла 4784 см^2, а загальний індекс асиміляційної поверхні посіву становив 23,9 тис. м^2/га, що достовірно перевищувало контрольні показники на 16,0 %. Наочно диференціацію варіантів досліду за рівнем розвитку листкового апарату агрофітоценозу представлено на рисунку 3.2.

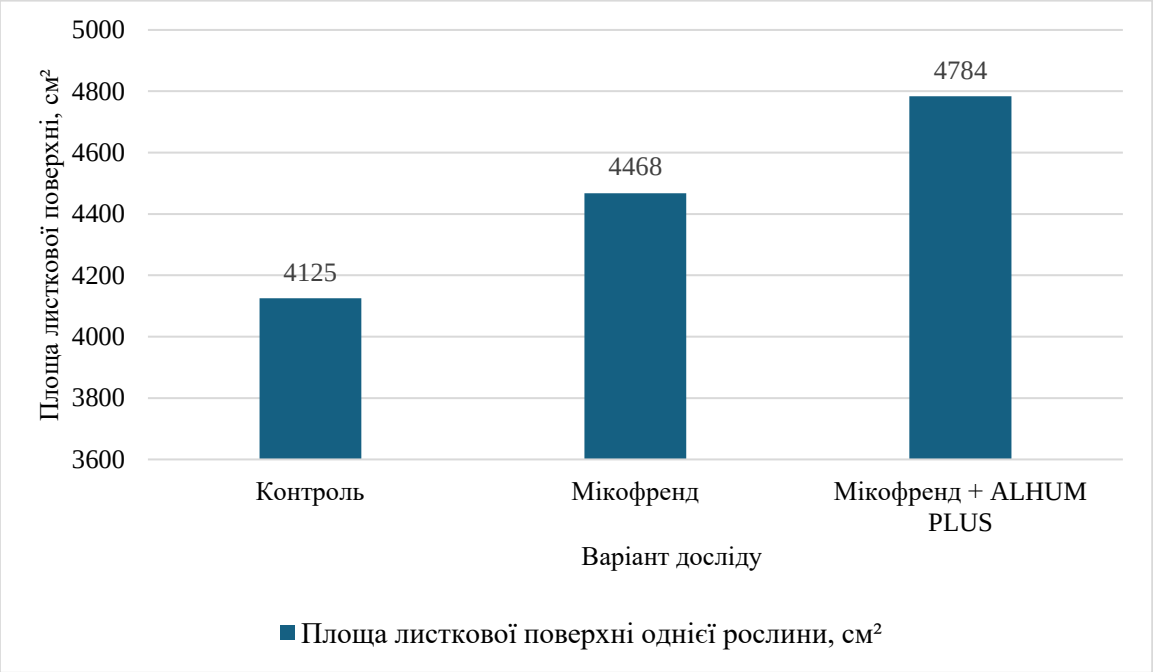


Рис. 3.2. Формування листкової поверхні рослин соняшника за впливу досліджуваних чинників

Збільшення сумарної площі листя до 23,9 тис. м^2/га має важливе фітоценотичне значення, оскільки оптимізує коефіцієнт уловлювання сонячної енергії та знижує непродуктивне випаровування вологи з поверхні ґрунту за рахунок швидшого затінення міжрядь. Анатомічно цей ефект супроводжується формуванням більш розвиненої палісадної паренхіми, яка містить щільно упаковані фотосинтезуючі клітини, що позитивно позначається на оптичній густині всього асиміляційного апарату фітоценозу соняшника.

Біологічне обґрунтування отриманого ефекту полягає в тому, що ендофітні та ризосферні мікроорганізми препарату «Мікофренд» за рахунок формування мікоризного консорціуму суттєво збільшували активну абсорбційну поверхню кореневої системи. Це оптимізувало висхідний потік води та макроелементів (особливо фосфору) до надземних органів. Своєчасне ж позакореневе дрібнокрапельне внесення органо-мінерального комплексу «ALHUM PLUS» забезпечувало рослини фульвокислотами та гуматами, які стимулювали поділ клітин листкових меристем та пролонгували життєздатність листків середнього і нижнього ярусів, гальмуючи процеси їх

первинного старіння і реутилізації поживних речовин. Гумінові речовини діють на клітинному рівні як еліситори, що активують генетичний апарат клітини, підсилюючи синтез структурних білків цитоплазми та стабілізуючи мембранні системи хлоропластів.

Важливим критерієм функціональної спроможності сформованого листкового апарату є відносний вміст фотосинтетичних пігментів, який безпосередньо визначає оптичну густину листка та швидкість проходження світлових реакцій фотосинтезу. Моніторинг хлорофіл-індексу за допомогою портативного експрес-аналізатора SPAD-502 дозволив встановити чіткі фізіологічні відмінності між варіантами (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Відносний вміст хлорофілу в листі соняшника залежно від елементів інтенсифікації вирощування, умовні одиниці SPAD

Варіант досліду	Фаза 4–6 листків	Бутонізація
Контроль (без обробок)	34,8 ± 0,7	38,2 ± 0,8
Передпосівна обробка насіння препаратом «Мікофренд»	36,9 ± 0,8	41,5 ± 0,9
Передпосівна обробка насіння «Мікофренд» + позакореневе підживлення «ALHUM PLUS»	37,4 ± 0,7	43,1 ± 1,0

На ранніх етапах вегетації (фаза 4–6 листків) відзначено позитивний тренд до збільшення вмісту хлорофілу під дією передпосівної інокуляції – показники зросли до 36,9–37,4 од. SPAD проти 34,8 од. на контролі, що свідчить про вищий рівень азотного статусу проростків.

Найбільш рельєфно дія досліджуваних факторів проявилася у фазу бутонізації («зірочки»), коли рослини соняшника відчувають максимальну фізіологічну потребу в пластичних речовинах. Якщо на контролі вміст хлорофілу становив 38,2 од. SPAD, то поодиноке застосування «Мікофренду» підвищило його до 41,5 од. Максимальну насиченість тканин листка пігментами (43,1 од. SPAD) зафіксовано на варіанті комплексного застосування препаратів, де приріст до контролю становив 4,9 од. або 12,8 %.

З біохімічної точки зору, екзогенне надходження амінокислот, гумінових речовин та хелатованих мікроелементів у складі «ALHUM PLUS» безпосередньо через кутикулу й продихи листка стимулювало активність ключового асиміляційного ферменту – нітратредуктази. Це прискорювало відновлення нітратів до амонію та їх подальшу інтеграцію в молекули глутаміну, що є необхідним етапом для біосинтезу порфіринового кільця молекул хлорофілу *a* і *b*. Додаткове надходження молекул заліза та магнію у хелатній формі забезпечувало швидку збірку світлозбиральних комплексів другого покоління (СЗК II) у гранах хлоропластів, підвищуючи коефіцієнт квантової ефективності фотосистеми II.

Агрокліматичні умови вегетаційного періоду 2025 р., що відзначався хвилями повітряної посухи та підвищеною інсоляцією у літні місяці, викликали деструкцію пігментних комплексів та зниження тургору на контрольних ділянках. За умов високих температур на контролі запускався процес фотоокиснення, за якого надлишкова енергія світла призводила до генерації активних форм кисню (АФК), що пошкоджували ліпідний бішар тилакоїдних мембран.

Натомість на варіантах із біологізацією та позакореневою стимуляцією рослини виявляли вищу адаптивність: оптимізований завдяки мікоризі водний баланс та висока концентрація захисних антиоксидантних речовин (гуматів) підтримували стабільну роботу фотосистем II та запобігали розвитку хронічного фотоінгібування. Листковий апарат дослідних рослин функціонував у межах фізіологічної норми, зберігаючи високу активність ферменту Рубіско (рибулозобісфосфаткарбоксилази). Подібні висновки щодо позитивної кореляції між рівнем фітосанітарного, мікробіологічного та органо-мінерального захисту і стійкістю пігментного апарату соняшника висловлюють й інші дослідники [15].

Таким чином, комплексне застосування передпосівної обробки насіння препаратом «Мікофренд» та позакореневого підживлення «ALHUM PLUS» виступає потужним регуляторним інструментом розвитку фотосинтетичної

системи соняшника. Даний агрозахід забезпечує формування максимальних параметрів площі листкового апарату посіву (23,9 тис. м^2/га) у поєднанні з високою насиченістю тканин фотосинтетичними пігментами (43,1 од. SPAD), що гарантує високу чисту продуктивність фотосинтезу фітоценозу.

3.4. Особливості проходження фенологічних фаз росту і розвитку рослин

Тривалість вегетаційного періоду та темпи проходження окремих міжфазних етапів онтогенезу соняшника культурного (*H. annuus*) є фундаментальними біологічними ознаками, які відображають швидкість адаптації рослинного організму до ендогенних чинників і мінливих умов агрофітоценозу. В основі переходу рослин від одного етапу органогенезу до іншого лежить чітка генетична програма, реалізація якої, проте, суттєво модифікується під впливом екзогенних факторів: спектрального складу та інтенсивності світла, температурного режиму, вологозабезпеченості ґрунту та архітектоніки живлення.

У фізіології рослин швидкість настання фенологічних фаз корелює з інтенсивністю каталітичних процесів, активністю ферментних систем та рівнем фітогормонів у меристематичних тканинах. Застосування елементів інтенсифікації, таких як передпосівна інокуляція насіння мікробними консорціумами та позакоренева оптимізація метаболізму органо-мінеральними комплексами, виступає дієвим експрес-чинником впливу на внутрішній біологічний годинник культури, оптимізуючи загальну тривалість її онтогенезу.

За результатами проведених польових експериментів у продовж 2025 р. було встановлено, що досліджувані технологічні заходи здійснювали регуляторний вплив на хронологію розвитку соняшника, викликаючи перерозподіл тривалості окремих міжфазних періодів та загального часу вегетації (табл. 3.5).

Таблиця 3.5

Тривалість міжфазних періодів та загального вегетаційного періоду рослин соняшника залежно від досліджуваних чинників, діб

Варіант досліду	Сівба – сходи	Сходи – бутонізація	Бутонізація – цвітіння	Вегетаційний період
Контроль (без обробок)	11 ± 0,3	39 ± 0,8	18 ± 0,5	118 ± 1,4
Передпосівна обробка насіння препаратом «Мікофренд»	10 ± 0,2	37 ± 0,7	18 ± 0,4	116 ± 1,2
Передпосівна обробка насіння «Мікофренд» + позакореневе підживлення «ALHUM PLUS»	10 ± 0,2	36 ± 0,6	17 ± 0,4	114 ± 1,1

Примітка. Наведено середні значення та їх похибки (M ± m) за результатами досліджень.

Перший критичний відрізок онтогенезу соняшника – **«сівба – сходи»** – за умов контрольного варіанта тривав 11 діб. У цей час проросток повністю перебуває на гетеротрофному типі живлення, використовуючи виключно ліпідні та білкові резерви сім’ядолей. Передпосівна обробка насіннєвого матеріалу мікробним біопрепаратом «Мікофренд» скорочувала цей період до 10 діб.

З біохімічної точки зору, такий «ефект стартового забігу» зумовлений швидким заселенням поверхні насінини ризосферними бактеріями та грибами роду *Glomus*. Вони продукують комплекс екзогенних гідролітичних ферментів, які прискорюють розщеплення високомолекулярних олій та крохмалю в насінні до легкодоступних цукрів і жирних кислот, стимулюючи дихання зародка. Як наслідок, енергія проростання зростає, і сходи долають опір ґрунтового шару на одну добу швидше, що є вкрай важливим для збереження весняної продуктивної вологи.

Найбільш вагома часова диференціація між варіантами експерименту проявилася в межах тривалого вегетативного періоду **«сходи – бутонізація»**. За умов природного агрохімічного фону (контроль) цей період тривав 39 діб. Це етап, коли рослина активно нарощує яруси листя, формує стрижневий корінь і закладає у конусі наростання репродуктивні органи – майбутні квітки в кошику. За поодинокої інокуляції «Мікофрендом» тривалість фази зменшилася на 2 доби (до 37 діб), а за комплексного використання з вегетаційним підживленням «ALHUM PLUS» – на 3 доби, становивши 36 діб.

Скорочення цього етапу не супроводжувалося пригніченням рослин, а навпаки – відбувалося на фоні формування вищого габітусу та більшої листкової площі (як було доведено в підрозділах 3.2 та 3.3). Фізіологічний механізм такого явища криється в інтенсифікації азотного та фосфорного метаболізму. Рослини на дослідних варіантах значно швидше накопичували критичну біомасу, необхідну для ініціації флорального переходу (трансформації верхівкової меристеми з вегетативної в генеративну). Позакореневе введення «ALHUM PLUS» у фазу 2–4 пар листків, насичуючи клітини фульвокислотами та гуматами, виступало потужним каталізатором внутрішньоклітинного транспорту, прискорюючи синтез нуклеїнових кислот та специфічних білків цвітіння.

Період **«бутонізація – цвітіння»** є відносно стабільним у часовому вимірі для даного гібриду і коливався в межах 17–18 діб. Проте комплексний варіант («Мікофренд» + «ALHUM PLUS») продемонстрував тенденцію до стиснення цього відрізку до 17 діб. Це вказує на вищу синхронність гормональних процесів у тканинах обприсканих рослин, що забезпечувало швидке висування бутона та одночасне розкриття язичкових квіток кошика.

Підсумковим індикатором впливу біологічно активних речовин на хроноструктуру онтогенезу є загальна тривалість вегетаційного періоду від сівби до настання повної стиглісті насіння соняшника. На контролі вегетація тривала 118 діб. Застосування лише передпосівної обробки насіння скоротило цей цикл до 116 діб. Найбільш виражений ефект акселерації розвитку

зафіксовано на варіанті інтегрованого використання обох препаратів, де вегетація тривала 114 діб, що на 4 доби менше порівняно з контрольними ділянками. Наочно графічну модель часового стиснення життєвого циклу соняшника під впливом досліджуваних антропогенних факторів продемонстровано на рисунку 3.3.

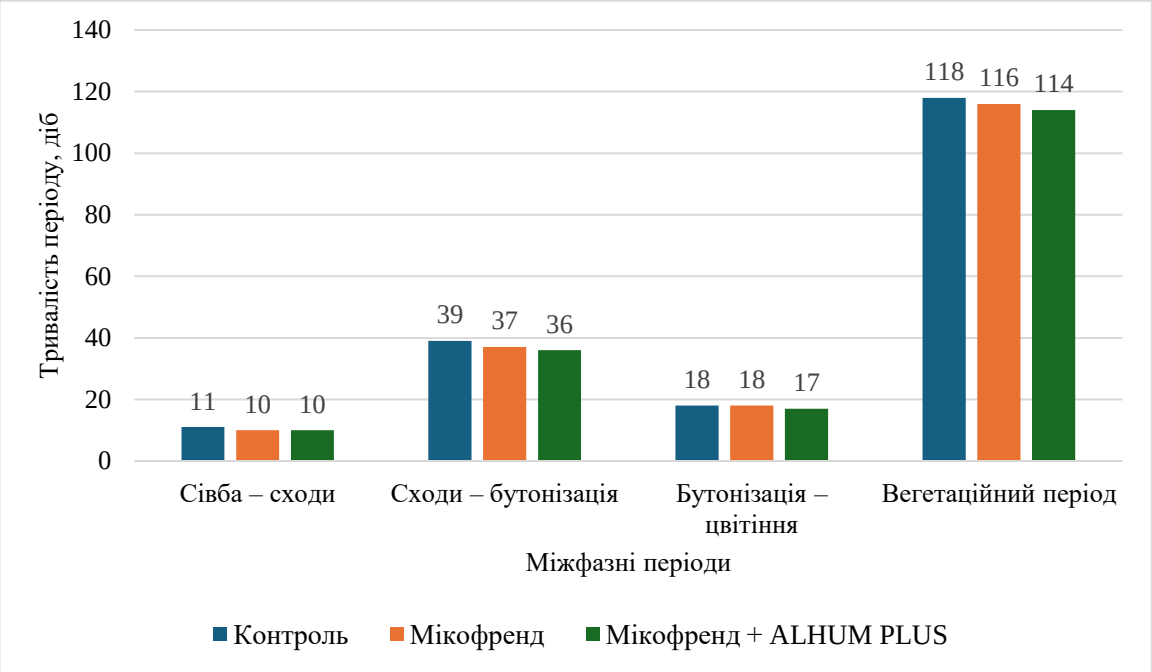


Рис. 3.3. Структура та тривалість життєвого циклу рослин соняшника за різних схем захисту та живлення, діб

У сучасній агробіології оцінка проходження фенофаз є неповною без урахування екологічних чинників, зокрема гідротермічних умов років дослідження. Відомо, що за умов дії жорстокої посухи соняшник здатний патологічно скорочувати вегетацію через передчасне відмирання листків («підгорання») та вимушене дозрівання, що супроводжується різким падінням урожайності та олійності. Кліматичні умови 2025 р. у Гайсинському районі Вінницької області характеризувалися періодичними хвилями високих температур та нерівномірним розподілом опадів у липні й серпні, що створювало передумови для такого теплового стресу.

На контрольних ділянках рослини, не маючи додаткової підтримки, реагували на дефіцит вологи зниженням тургору та сповільненням

фізіологічного току речовин, що затягувало процеси наливу зерна на бідному агрохімічному фоні (тривалість 118 діб). Натомість на дослідних варіантах спостерігався зовсім інший, адаптивний характер прискорення розвитку. Біомодифіковані рослини завдяки глибокій мікоризній сітці безперебійно постачалися водою з глибоких шарів ґрунту, а антиоксидантний захист, активований препаратом «ALHUM PLUS», нівелював дію вільних радикалів у клітинах під час спеки. Відтак, швидше проходження фаз у дослідних варіантах було наслідком не пригнічення, а максимального фізіологічного благополуччя, високої чистої продуктивності фотосинтезу та оптимізованого вуглецевого обміну. Подібні висновки щодо оптимізації хронологічних етапів онтогенезу олійних культур за умов мікробно-гумінової стимуляції наводяться у фундаментальних роботах О. О. Калинова (2025) [17].

Таким чином, застосування передпосівної обробки насіння препаратом «Мікофренд» у поєднанні з позакореневим живленням «ALHUM PLUS» виступає ефективним ендогенним регулятором темпів онтогенезу *H. annuus*. Комплексна дія препаратів оптимізує проходження міжфазних періодів (зокрема скорочує період «сходи – бутонізація» на 3 доби) та оптимізує загальний вегетаційний період до 114 діб. Це дозволяє культурі ефективніше використовувати весняні запаси вологи, швидше завершувати налив насіння до настання пікових осінніх туманів та оптимізувати збиральний конвеєр в умовах виробництва.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу наукової літератури встановлено, що ріст і розвиток рослин соняшника культурного (*H. annuus*) визначаються взаємодією генетичних, фізіолого-біохімічних та екологічних чинників. В умовах сучасних кліматичних змін важливого значення набувають технологічні прийоми, спрямовані на підвищення адаптивності рослин до дії абіотичних стресів, насамперед дефіциту вологи та високих температур. Узагальнення результатів досліджень показало, що застосування передпосівної обробки насіння, мікробних препаратів, стимуляторів росту та позакореневого підживлення сприяє активізації фізіолого-біохімічних процесів у рослинному організмі, покращенню функціонування фотосинтетичного апарату, оптимізації мінерального живлення та підтриманню активності ростових процесів упродовж вегетаційного періоду.

2. Охарактеризовано умови та методику проведення досліджень. Польові дослідження проводили у 2025 році на базі фермерського господарства «АГРО-ВАС» Гайсинського району Вінницької області в умовах Лісостепу України. Дослідна ділянка представлена чорноземом типовим малогумусним середньосуглинковим із достатнім рівнем природної родючості та сприятливими агрофізичними властивостями для вирощування соняшника. Схема досліду включала три варіанти: контроль; передпосівну обробку насіння препаратом «Мікофренд»; передпосівну обробку насіння препаратом «Мікофренд» у поєднанні з позакореневим підживленням препаратом «ALHUM PLUS». Повторність досліду була триразовою. У процесі дослідження використовували польовий, фенологічний, біометричний, порівняльно-аналітичний та статистичний методи. Упродовж вегетаційного періоду визначали польову схожість насіння, особливості проходження фенологічних фаз, динаміку росту рослин, формування листкового апарату та показники фотосинтетичної активності.

3. У результаті проведених досліджень встановлено, що застосування передпосівної обробки насіння препаратом «Мікофренд» позитивно впливало

на проходження початкових етапів онтогенезу рослин соняшника. У дослідних варіантах відзначено підвищення польової схожості насіння на 2,5–3,4 % порівняно з контролем, а також формування більш вирівняних і фізіологічно розвинених сходів. На ранніх етапах розвитку різниця між варіантами із застосуванням лише передпосівної обробки та комплексного використання препаратів була незначною, що пояснюється відсутністю дії позакореневого підживлення у фазу проростання насіння.

Упродовж вегетаційного періоду застосування досліджуваних препаратів сприяло активізації ростових процесів рослин соняшника. У фазу бутонізації висота рослин у варіанті з комплексним застосуванням препаратів становила 92,4 см проти 82,3 см у контролі, а у фазу цвітіння – 162,7 см проти 148,6 см відповідно. Отримані результати свідчать про позитивний вплив передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення на інтенсивність формування вегетативної маси рослин.

Встановлено, що досліджувані препарати позитивно впливали на формування листкового апарату рослин соняшника. У варіанті комплексного застосування препаратів площа листкової поверхні однієї рослини становила 4784 см², що перевищувало контрольний варіант на 659 см². Одночасно у дослідних варіантах відзначалося підвищення показників відносного вмісту хлорофілу в листках, що свідчить про активізацію фотосинтетичних процесів та покращення функціонального стану асиміляційного апарату рослин.

Застосування передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення також впливало на проходження фенологічних фаз розвитку соняшника. У дослідних варіантах спостерігалося скорочення тривалості окремих міжфазних періодів, зокрема періоду «сходи – бутонізація», а загальна тривалість вегетаційного періоду зменшувалася на 2–4 доби порівняно з контролем. Найбільш виражений ефект встановлено у варіанті комплексного застосування препаратів «Мікофренд» та «ALHUM PLUS», що свідчить про доцільність їх використання як елементів біологізації технології вирощування соняшника в умовах Лісостепу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адаменко О. І. Агрокліматичне обґрунтування змін зон вирощування соняшнику в Україні в умовах глобального потепління. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 10. С. 25–34.

2. Алєксєєв О. О., Рожков А. О. Біологічні особливості та технологічні аспекти вирощування соняшнику в Лісостепу України. Харків, 2023. 210 с.

3. Васильченко О. М. Фізіолого-біохімічне обґрунтування продуктивності сучасних гібридів соняшнику. *Вісник аграрної науки*. 2024. № 3. С. 45–52.

4. Волкогон В. В. Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2014. 612 с.

5. Гамаюнова В. В. Позакореневе підживлення посівів соняшника комплексними добривами лінійки Реаком. *Зрошуване землеробство*. 2019. Вип. 71. С. 19–25.

6. Гамаюнова В. В., Касаткіна Т. О. Вплив абіотичних чинників на формування продуктивності олійних культур у Південному Степу України. *Зрошуване землеробство*. 2021. Вип. 75. С. 12–18.

7. Григоренко С. П., Чередниченко В. М. Еволюція та філогенія виду *Helianthus annuus* L. у контексті глобальних кліматичних змін. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2022. Т. 13, № 2. С. 18–29.

8. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.

9. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. Методика наукових досліджень в агрономії : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2013. 264 с.

10. Дослідна справа в агрономії : навч. посіб. : у 2 кн. / А. О. Рожков, В. К. Пузік, С. М. Каленська та ін. ; за ред. А. О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. Кн. 1 : Теоретичні аспекти дослідної справи. 316 с.

11. Драніщев Н. І., Драніщева В. П. Продуктивна волога як основний лімітуючий чинник врожайності олійних культур. *Агрономія і біологічні науки*. 2023. № 2. С. 44–51.

12. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Костогриз П. В., Опришко В. П. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ: «Аграрна освіта», 2014. 332 с.

13. Жемойда О. В., Патика В. П. Сільськогосподарська мікробіологія : навч. посіб. Київ : Аграрна наука, 2017. 312 с.

14. Іванова Л. В. Роль гумінових препаратів у підвищенні адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 88–95.

15. Калинов О. О. Формування продуктивності соняшника за впливу бактеріальних, мікоризоутворюючих препаратів та стимуляторів росту в умовах східного Лісостепу України : дис. ... д-ра філософ. : 201. Харків, 2025. 215 с.

16. Калинов О. О., Рожков А. О. Варіювання показників фотосинтетичного потенціалу та чистої продуктивності фотосинтезу соняшника за впливу біопрепаратів. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. Вип. 37. С. 21–27.

17. Калинов О. О., Рожков А. О. Польова схожість насіння і збереженість рослин соняшнику за впливу передпосівної обробки насіння і листових підживлень. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2024. Вип. 36. С. 80–92.

18. Кириченко В. В. Селекція соняшнику (*Helianthus annuus* L.). Харків: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2015. 464 с.

19. Кириченко В. В., Петренкова В. П. Генетичні основи стійкості соняшнику до абіотичних та біотичних стресорів. *Збірник наукових праць Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН*. 2020. Вип. 28. С. 5–19.

20. Кохан А. В. Варіабельність стійкості сучасних гібридів соняшнику до тривалого впливу високих температур. *Аграрні інновації*. 2024. № 4. С. 67–74.

21. Кохан А. В. Особливості формування асиміляційного апарату та продуктивності соняшнику за різних рівнів вологозабезпечення. *Агрономія*. 2023. № 5. С. 112–120.

22. Кохан А. В. Прямий зв’язок між рівнем насичення кореневмісного шару біотою та продуктивністю посівів соняшнику. *Вісник ХНАУ ім. В. В. Докучаєва*. 2022. № 1. С. 58–62.

23. Ленюк М. М. Ефективність застосування бактеріальних препаратів вітчизняного виробництва при вирощуванні технічних культур. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2020. Вип. 31. С. 36–44.

24. Мар’юшкін В. Ф. Екологічна адаптивність сільськогосподарських культур до умов глобальних змін клімату. Київ: Аграрна наука, 2021. 240 с.

25. Марченко Т. Ю., Лавриненко Ю. О. Екологічна пластичність та адаптивність сортів і гібридів соняшнику в умовах Степу. Херсон: Олді-Плюс, 2022. 198 с.

26. Медведєв В. В., Линдіна Т. Є., Птащенко А. В. та ін. Мінімалізація ґрунтів України. Харків : [б. в.], 2004. 47 с.

27. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин. Методи визначення показників якості продукції рослинництва / за ред. С. О. Ткачика. 4-те вид., переробл. і доповн. Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 60 с.

28. Нестерчук В. В. Морфо-біологічні показники росту та розвитку *Helianthus annuus* L. за інтенсивних технологій вирощування. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 4 (92).

29. Патика В. П., Гармашов В. В. Агробіологічні засади використання азотфіксуючих та фосформобілізуючих бактерій у сучасних технологіях. *Мікробіологічний журнал*. 2021. Т. 83, № 4. С. 82–91.

30. Патика В. П., Таран Н. Ю. Біологічні засоби в рослинництві : монографія. Київ : ННЦ ІГА, 2015. 308 с.

31. Рожков А. О., Калинов О. О. Варіювання висоти рослин соняшника залежно від передпосівної обробки насіння та листових підживлень в умовах температурних стресів. *Scientific research: modern challenges and future prospects*. Munich, 2024. С. 12–18.

32. Рожков А. О., Калинов О. О. Вплив передпосівної обробки насіння та листових підживлень на формування повітряно-сухої маси рослин соняшнику. *Рослинництво, селекція і насінництво, плодоовочівництво*. 2024. № 1. С. 6–23.

33. Ткаленко Г. Біопрепарати у захисті та живленні рослин: сучасний стан та перспективи. *Пропозиція*. 2023. № 5. С. 104–110.

34. Ткаліч І. Д., Ткаліч Ю. І., Кохан А. В. Вирощування соняшнику в умовах змін клімату: адаптивні технології. *Посібник українського хлібороба*. 2023. Т. 1. С. 156–161.

35. Хоменко Т., Дацько А. Ефективність сумісного використання бактеріальних і мікоризоутворюючих препаратів при вирощуванні олійних культур. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. № 1. С. 114–121.

36. Чередниченко О. М., Поляков О. І. Технологія виробництва насіння соняшнику в Україні: теорія і практика. Київ: Аграрна наука, 2020. 320 с.

37. Черчель В. Ю. Стійкість олійних культур до ґрунтової та атмосферної посухи в Північному Степу України. Дніпро: Нова ідеологія, 2022. 186 с.

38. Якимчук Р. А. Інноваційні технології в рослинництві: роль стимуляторів росту та мікродобрив. Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2023. 176 с.

39. Agricultural uses of plant biostimulants / P. Calvo, L. Nelson, J. W. Kloepper. *Plant and Soil*. 2014. Vol. 383. P. 3–41.

40. Rouphael Y., Colla G. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 11. Art. 40. DOI: 10.3389/fpls.2020.00040.

41. Smith S. E., Read D. J. Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed. London : Academic Press, 2008. 800 p.

42. Taiz L., Zeiger E. Plant Physiology and Development. 6th ed. Sunderland : Sinauer Associates, 2015. 761 p.