

УДК 631.811.9:678.048

№ держреєстрації

0121U109975

Інв.№

Міністерство освіти і науки України
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
(ТДАТУ)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з наукової роботи
д.т.н., професор
Анатолій ПАНЧЕНКО



ЗВІТ
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

Програма 1

ОБГРУНТУВАННЯ АНТИСТРЕСОВИХ ПРИЙОМІВ У
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЯХ
ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ, ЗЕРНОБОБОВИХ І ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР
У СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

(проміжний)

Директор НДІ АТЕ
д. т. н., професор



Олеся ПРИСС

Керівник НДР
к. с.-г. н., доцент



Максим КОЛЕСНИКОВ

2024

Рукопис закінчено 7 грудня 2024 р.
Результати цієї роботи розглянуто Науково-технічною радою
Науково-дослідного інституту «Агротехнологій та екології»
протокол № 2 від 23 грудня 2024 р.

РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: складається з 70 с., 10 рис., 13 табл..

Об'єкт досліджень - процес формування врожайності та якості насіння сільськогосподарських культур.

Мета роботи: оптимізувати продукційний процес посівів пшениці озимої, ячменю ярого, гороху посівного, соняшнику щодо реалізації біологічного потенціалу врожайності та якості насіннєвого матеріалу через використання антистресових та адаптогенних технологій вирощування, оцінка генетичної чистоти ліній і гібридів культур.

Методи досліджень: У процесі виконання роботи застосовували спеціальні та загальнонаукові методи досліджень.

Серед спеціальних методів використовували: 1) польовий метод – встановлення взаємодії об'єкта дослідження з біотичними і абіотичними факторами в умовах досліджуваної зони; 2) лабораторні методи: а) хімічні – визначення хімічного складу вегетативної маси рослин і насіння; б) морфофізіологічні – визначення біометричних параметрів рослини; в) фізичні – визначення показників фізичної якості насіння; г) біохімічні методи – визначення вмісту хлорофілу, каротиноїдів та ін.; д) селекційно-генетичні – (оцінка чистоти ліній та гібридів); 3) статистичні методи: дисперсійний, регресійний, кластерний аналізи – підготовка експериментальних даних до аналізу, визначення вірогідності даних, виявлення залежностей між досліджуваними показниками, математичне обґрунтування моделей агрофітоценозів; 4) порівняльно-розрахунковий – визначення економічної та енергетичної ефективності технологій вирощування.

В результаті проведених досліджень:

В ході виконання розділу 1.1.1. показано, що зовнішня інфекція на досліджуваному насіннєвому матеріалі пшениці озимої була представлена збудниками *Aspergillus glaucus* та *Mucor mucedo*. Використані протруйники ефективно знищували вказану інфекцію, однак мали негативний вплив на початковий ріст і розвиток проростків пшениці озимої, сила якого різнилася залежно від кількості та природи діючої речовини.

За сукупною характеристикою впливу досліджуваних препаратів на посівну якість насіння було виділено протруйник Ламардор, який забезпечував надійний захист від збудників хвороб та активне формування проростка та первинних коренів, довжина яких переважала контрольний варіант на 29 % і 7 % у стадію розвитку ВВСН 07 та на 28 % і 43 % у стадію ВВСН 10 відповідно. За вмістом сухої речовини в колеоптилі та коренях вказаний варіант обробки дещо поступався контролю за рахунок зростання активності вільнорадикальних процесів. Проте за комплексною характеристикою процесу проростання (індекс енергії), використання для допосівної обробки насіння препарату Ламардор сприяло формуванню найбільш життєздатних рослин.

В розділі 1.1.2. показано, що поширення хвороб у посівах сортів пшениці м'якої озимої борошнистою росою становило 15,3–23,1%; септоріозу – 18,5–27,1%; фузаріозу колосу на сортах – 8,5–16,1%. Розвиток хвороб у посівах сортів пшениці м'якої озимої становив: борошнистою росою становило 3,8–8,5%; септоріозу – 4,2–10,5%; фузаріозу колосу – 2,2–8,4%. Серед сортів пшениці озимої високостійких проти збудників хвороб не виявлено. Досліджено, що відносну стійкість до борошнистої роси, фузаріозу колосу та септоріозу виявили сорти Краєвид, Волошкова, Васирина, що уражувалися збудниками зазначених хвороб в 1,7–2,5 рази менше порівняно із еталонним сортом. Вирощування сортів пшениці озимої Краєвид, Волошкова, Васирина забезпечує збільшення на 3,7–5,2 шт. кількості зерен в колосі, на 0,27–0,34 г маси зерна з колоса, на 5,5–6,9 г маси 1000 зерен порівняно із еталонним сортом Єдність. Найвищу урожайність зерна (6,03–6,25 т/га) було отримано при вирощуванні толерантних сортів пшениці озимої Краєвид, Васирина і Волошкова, де приріст підвищується на 1,72–1,94 т/га порівняно із сортом Єдність.

В Розділі 1.2.1. показано, що при встановленні рівня генетичної чистоти стерильних материнських ліній і гібридів сояшнику з використанням ґрунтового контролю та електрофорезу запасних білків у більшості випадків збігаються. Збіг результатів досліджень за визначенням типовості материнських ліній становив 84,6 %, за визначенням гібридності гібридів – 69,2 %. Відмінності між показниками генетичної чистоти ліній становили від 0,1 до 5,1 %, відмінності між показниками генетичної чистоти гібридів коливалися від 0,2 % до 5,5 %. Висока ефективність методу визначення генетичної чистоти ліній і гібридів сояшнику на основі аналізу алельних варіантів електрофоретичних спектрів запасних білків насіння дозволяє підвищити достовірність отриманих даних, а в окремих випадках уникнути трудомісткості польового ґрунтового контролю. Метод електрофорезу, заснований на аналізі електрофоретичних спектрів запасних білків насіння, може бути використаний як експрес-метод при визначенні рівня типовості материнських форм і гібридності гібридів сояшнику, а також для контролю на генетичну чистоту ліній і гібридів.

В Розділі 1.2.2. представлено результати вивчення впливу регулятору росту рослин, модифікованого іонами кальцію, на посівні властивості насіння сояшнику гібриду *Talento* та встановлення оптимальної концентрації кальцію для передпосівної обробки насіння. Інкрустація насіння сояшнику регулятором росту АКМ стимулює процеси проростання: Застосування препарату АКМ збільшує довжину гіпокотилу та довжину кореня. Високі концентрації кальцію (2,0 г/л) пригнічують ростові процеси і спричиняють зниження енергії проростання порівняно з передпосівною обробкою насіння сояшнику регулятором росту рослин АКМ. Використання регулятора росту рослин модифікованого іонами кальцію (0,5–1,25 г/л) сприяє інтенсивному накопиченню сухої речовини гіпокотилу у 1,14 – 1,19 рази і сухої речовини кореня в 1,30 – 1,37 рази відносно контролю.

Встановлено, що оптимальним варіантом для передпосівної обробки насіння соняшнику виявився варіант обробки регулятором росту рослин АКМ з вмістом іонів кальцію 1,0 г/л.

В розділі 1.3.1. показано, що застосування біостимуляторів Стимпо та Регоплант при вирощуванні гороху посівного є одним з ефективних агрозаходів для підвищення ефективності продукційного процесу через вплив на функціонування фотоасиміляційного апарату. На основі отриманих 3-х річних результатів дослідження можна зробити висновок, що застосування біостимуляторів Стимпо (25 мл/т + 20 мл/га) та Регоплант (250 мл/т + 50 мл/га) збільшувало індекс листової поверхні у різних фазах вегетації гороху сорту Оплот в 1,12-1,54 та 1,18-1,38 рази відповідно та порівняно з контролем.

Біостимулятори Стимпо та Регоплант за умов позакоренових обробок максимально збільшували ЧПФ посівів гороху в 1,35 та 1,22 рази відповідно в міжфазний період бутонізація – цвітіння. Вплив біостимуляторів на концентрацію загального хлорофілу в прилистках гороху виявився неоднозначним та зазнав варіацій в залежності від років. Вірогідність змін вмісту хлорофілу була відмічена лише після фоліарної обробки посівів біостимуляторами. Так, зафіксовано в середньому за роки спостережень збільшення вмісту хлорофілу за дії біостимуляторів на 4,0% в міжфазний період бутонізація-цвітіння та за дії Стимпо на 10,4% та Регоплант на 9,0% у міжфазний період бутонізація-бобоутворення.

Отримані дані підтверджують перспективність подальших досліджень ефективності роботи бобово-ризобіального симбіозу, аналізу структури посівів, елементів біологічної врожайності гороху посівного та інших зернобобових культур та якості продукції під впливом біостимуляторів в посушливих умовах зони Степу України, що забезпечить населення високоякісною продовольчою сировиною.

Публікації. За результатами наукових досліджень опубліковано 15 наукових роботи, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України та виданнях індексованих в наукометричній базі Скопус.

Ключові слова: *пшениця озима, соняшник, гібрид, генетична чистота, фотосинтетична діяльність, ріст та розвиток рослин, урожайність, регулятори росту рослин, біостимулятори, бобові, регулятори росту рослин, чиста продуктивність фотосинтезу, індекс листової поверхні, хлорофіл.*

Тематика підпрограми 1 «Обґрунтування антистресових прийомів у ресурсозберігаючих технологіях вирощування зернових, зернобобових і олійних культур у Степовій зоні України»

№ п/п	Назва теми, етапу	Керівник теми, виконавці
1.1	Обґрунтування та розробка нових та вдосконалення існуючих технологій вирощування зернових культур	Білоусова З.В. Кенева В. А. Нежнова Н.Г. Тимощук Т.М.
1.2	Вдосконалення ресурсозберігаючих технологій вирощування олійних культур	Покопцева Л. А. Онищенко О.В. Веренчук А.О. Аксьонов І.В.
1.3	Вдосконалення технології вирощування зернобобових культур	Колесніков М.О. Капінос М.В. Пащенко Ю.П. Лихошерст М.Ю.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
Тема 1.1. Обґрунтування та розробка нових та вдосконалення існуючих технологій вирощування зернових культур	7
Розділ 1.1.1. Вплив допосівної обробки насіння на активацію первинних ростових процесів у рослинах пшениці озимої.....	7
Розділ 1.1.2. Оцінка продуктивності сортів пшениці озимої (<i>Triticum aestivum</i> L.)	
Тема 1.2. Вдосконалення ресурсозберігаючих технологій вирощування олійних культур	23
Розділ 1.2.1. Оцінка генетичної чистоти батьківських ліній і гібридів соняшнику	23
Розділ 1.2.2 Посівні властивості насіння соняшнику гібриду <i>Talento</i> за дії модифікованого регулятора росту рослин АКМ	27
Тема 1.3. Вдосконалення технології вирощування зернобобових культур...	31
Розділ 1.3.1. Формування фотоасиміляційного апарату посівів гороху (<i>Pisum sativum</i> L.) за дії біостимуляторів в посушливих умовах Південного Степу України.....	31

Тема 1.1. Обґрунтування та розробка нових та вдосконалення існуючих технологій вирощування зернових культур

Розділ 1.1.1. Вплив допосівної обробки насіння на активацію первинних ростових процесів у рослинах пшениці озимої

Керівник теми
Виконавці

З.В. Білоусова
Кенєва В. А.
Нежнова Н.Г.

На сьогодні зернові культури, зокрема і пшениця озима, залишаються головним джерелом виробництва таких стратегічних продуктів, як хліб, хлібобулочні вироби та крупи – для харчування людей, концентровані та грубі корми – для тваринництва, сировина – для переробної промисловості тощо. Саме тому проблема збільшення валового виробництва зерна є головною умовою подальшого розвитку аграрної економіки будь-якої країни.

Зниження продуктивності зернових культур відбувається під впливом багатьох екологічних факторів абіотичної, біотичної та антропогенної природи [1]. Серед біотичних факторів переважаючий вплив на ріст та розвиток рослин сільськогосподарських культур чинять шкідливі організми [2], втрати врожаю від шкодочинної дії яких сягають 20-40%. Недотримання вимог технології вирощування, перенасичення сівозміни зерновими культурами, зменшення генетичного різноманіття пшениці озимої призвело до трансформації агробіоценозів, що призвело до суттєвих змін у патогенному комплексі збудників хвороб [3]. Грибні хвороби є суттєвою перешкодою для подальшого зростання виробництва зерна як в Україні, так і в інших країнах світу [4].

Пшениця озима може бути інфікована багатьма видами патогенів, проте існують такі, що зустрічаються дуже часто [5]. В Канаді пшениця уражується не менш як 20 різноманітними грибними патогенами, проте лише п'ять хвороб є пріоритетними для селекційних програм Західної Канади [4]. У Фінляндії на посівах злакових культур виявлено 57 збудників хвороб [6]. Загалом виділено 37 збудників хвороб, які призводять до суттєвого зниження економічної ефективності вирощування пшениці озимої [7].

Насіння зернових культур є добрим субстратом для розвитку й збереження фітопатогенних мікроорганізмів, тобто одним із джерел поширення хвороб [8]. Патогени, що переносяться насінням, включають епіфітні (розташовуються на поверхні насіння) та ендofітні (всередині насіння) мікроорганізми [9]. Ураження насіннєвого матеріалу мікрофлорою відбувається у різний час: у період вегетації, при зборі врожаю, особливо в умовах підвищеної вологи, під час обмолоту, в період зберігання насіння з підвищеною вологістю тощо. Мікрофлора, що є на насінні, може бути сапрофітною (пеніцили, мукор, альтернарія, аспергіли та ін.) і патогенною (сажка, гельмінтоспоріоз, фузаріоз, септоріоз тощо) [10]. Для більшості сільськогосподарських культур мікробіом насіння слабо досліджений і в подальшому може впливати на початковий ріст проростка та склад

мікрофлори рослин і ризосфери [11]. Для розділення зовнішньої та внутрішньої насінневої інфекцій пшениці озимої в наукових дослідженнях використовують поверхневу стерилізацію насіння різноманітними хімічними речовинами [12,13]. Однак ще жоден із методів стерилізації не є уніфікованим та досконалим і може викликати негативний вплив на проростання насіння [14].

Для знезараження посівного матеріалу в польових умовах використовують протруєння насіння, яке може знищувати збудників зовнішньої та внутрішньої інфекції та в подальшому захищати проростки від ураження ґрунтовими патогенами [15].

Хоча хімічне знезараження насіння пшениці озимої широко використовується для захисту проростків та рослин від різних патогенів та комах, існує мало інформації щодо сумісного використання стерилізації та хімічного протруювання та його впливу на посівну якість насіння.

Мета дослідження

Метою було визначення впливу допосівної обробки насіння хімічними препаратами для стерилізації та знезараження на посівну якість насіння та активацію ростових процесів у проростках пшениці озимої.

Об'єкт дослідження – процес формування посівної якості насіння пшениці озимої залежно від допосівної обробки хімічними препаратами.

Предмет дослідження – енергія проростання, схожість, інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження проводилися в лабораторії моніторингу якості ґрунтів та продукції рослинництва Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Для дослідження було використано сорт пшениці озимої Антонівка, який характеризується високою пластичністю [16].

Частину насіння, використаного для аналізу, послідовно стерилізували 1 % -м розчином перманганату калію протягом 3 хв., 96 % -м розчином етанолу – протягом 2 хв. та 0,1 % -м розчином нітрату срібла протягом 1 хв. [17]. Після кожного етапу стерилізації насіння промивали стерильною дистильованою водою.

В подальшому насіння обробляли за день до проведення досліду методом інкрустації препаратами фунгіцидної і фунгіцидно-інсектицидної дії в дозах рекомендованих виробником. Контролем слугувала обробка водою. Застосовували протруйники Раксіл Ультра (тебуконазол, 120 г/л), Ламардор (тебуконазол, 150 г/л; протіоконазол, 250 г/л) та суміш Ламардор (тебуконазол, 150 г/л; протіоконазол, 250 г/л) + Гаучо (імідаклоприд, 700 г/л) із розрахунку 10 л робочого розчину на 1 т насіння.

Насіння пророщували в чашках Петрі по 100 насінин в кожній на зволоженому фільтрувальному папері в термостаті за температури 20 ± 2 °C до стадії ВВСН 07 без світла, далі – при освітленні. Дослід проводили в чотирьох біологічних повторностях, по три аналітичні в кожній.

Облік енергії проростання насіння проводили на 3 -й день (ВВСН 07), схожості – на 7 -й день (ВВСН 10). Окремо підраховували нормально проросле, набухле, загниле, тверде і ненормально проросле насіння. Енергію проростання та схожість насіння обчислювали у відсотках. Довжину коренів і пагонів визначали з використанням звичайної сантиметрової шкали.

Інтенсивність пероксидного окиснення ліпідів оцінювали за вмістом малонового діальдегіду (МДА) в коренях і паростках, який визначали спектрофотометричним методом. Рослинний матеріал гомогенізували у 20 % - ому розчині трихлороцтової кислоти й інкубували з 0,5 % -им розчином тіобарбітурової кислоти на киплячій водяній бані протягом 30 хв. У супернатанті, отриманому після центрифугування, спектрофотометрично визначали вміст МДА за довжини хвилі 532 нм та виражали в нмоль МДА на 1 г сухої речовини [18]. Масову частку сухої речовини в свіжому рослинному матеріалі (проростки та коріння) визначали термостатно-ваговим методом. Індекс енергії проростків (seeding vigor) розраховували окремо для стадії ВВСН 07 та ВВСН 10 за формулами [19]:

$SVI = \text{енергія проростання/схожість, \%} \times (\text{довжина кореня, см} + \text{довжина колеоптиля, см})$

$SVII = \text{енергія проростання/схожість, \%} \times (\text{суха маса кореня, г} + \text{суха маса колеоптиля, г})$

Одержані дані обробляли статистично методом дисперсійного аналізу (ANOVA).

Результати досліджень

Енергія проростання та схожість насіння, визначені в лабораторних умовах, є важливими характеристиками посівної якості, які в подальшому обумовлюють дружність появи сходів та силу їх росту в польових умовах [20]. Проведеними дослідженнями встановлено, що допосівна обробка насіння пшениці озимої по різному впливала на його посівну якість (рис.1.1.1).

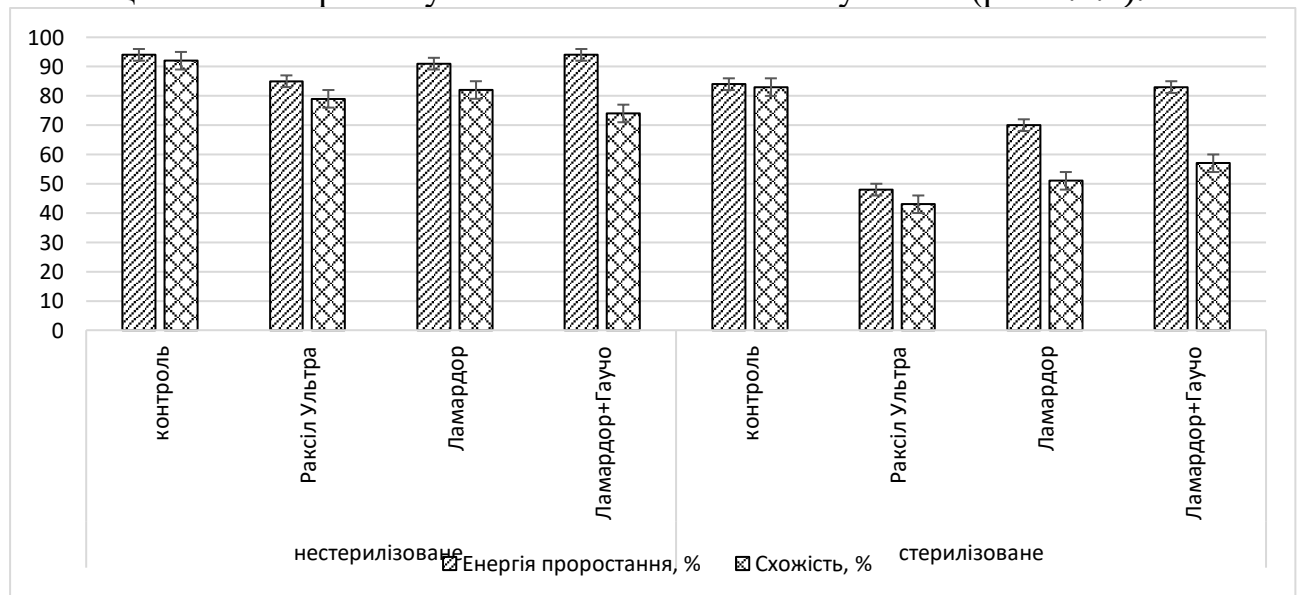


Рисунок 1.1.1 Посівна якість насіння пшениці озимої сорту Антонівка залежно від допосівної обробки

Найвищі значення енергії проростання (85–94 %) було відмічено для нестерилізованого насіння. Використання стерилізації насіння перед закладкою його на пророщування сприяло зниженню вказаного показника на 10–37 % (абс.)

порівняно із відповідними варіантами нестерилізованого насіння. На нашу думку це пов'язано зі зростанням хімічного навантаження на проростаючу зернівку, що підтверджується іншими дослідженнями [21].

Отримані результати свідчать про зниження схожості насіння порівняно із показником енергії проростання на 1–26 % (абс.) залежно від варіанту обробки.

Найменше зниження вказаного показника було відмічено для контрольних варіантів як нестерилізованого, так і стерилізованого насіння. Таке зменшення кількості рослин в процесі первинного росту без додаткового хімічного навантаження (використання протруйників) пояснюється шкодочинною дією збудників плісневих грибів, відсоток ураження якими у контрольному варіанті без стерилізації становив 31 % (ВВСН 10) проти 5 % у контролі із попередньою стерилізацією насіння. Видовий склад зовнішньої інфекції був представлений збудниками *Aspergillus glaucus* та *Mucor mucedo*.

Зниження схожості насіння за використання протруйників обумовлене зростанням хімічного стресу, що особливо чітко простежується на стерилізованому насінні за використання багатокомпонентної суміші Ламардор + Гаучо, де зниження вказаного показника порівняно з енергією проростання становило 20 % (абс.) для нестерилізованого насіння та 26 % – для стерилізованого.

Рівень впливу фітотоксичності допосівної обробки насіння на силу росту рослин пшениці озимої можна встановити за показниками довжини колеоптиля та первинних коренів. Як видно з отриманих даних (рис. 1.1.2а), використання стерилізації насіння стимулювало початковий ріст проростків пшениці озимої на етапі ВВСН 07 на 28–45 % порівняно із відповідними варіантами без використання стерилізації.

Це можна пояснити ростостимулюючою дією діючих речовин протруйників, сила якої зростала за відсутності патогенів. Лише при застосуванні багатокомпонентної суміші Ламардор + Гаучо на стерилізованому насінні було відмічено пригнічення проростку, що проявилось у зменшенні його довжини на 13 % порівняно із відповідним варіантом нестерилізованого насіння.

Дослідженнями встановлено, що в період подальшого росту проростків (ВВСН 10) проявився пригнічуючий вплив стерилізації насіння, що призвело до скорочення довжини колеоптиля на 16 % у контролі порівняно із варіантом без стерилізації (рис. 1.1.2б). Комплексне застосування стерилізації та протруйників посилює негативний ефект, що проявилось у зменшенні довжини колеоптиля у 1,3–3,3 рази порівняно із відповідними варіантами нестерилізованого насіння.

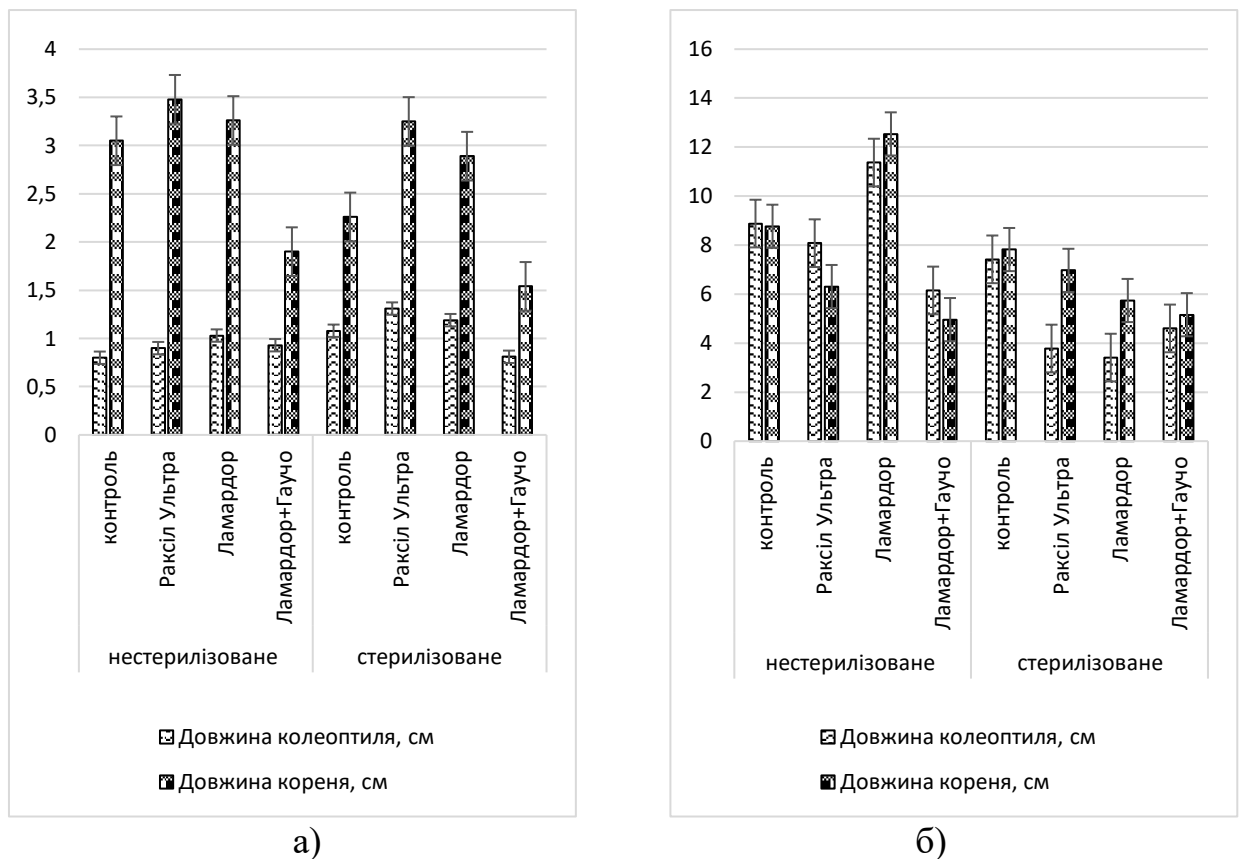


Рисунок 1.1.2 Довжина проростків пшениці озимої сорту Антонівка на стадіях BBCH 07 (а) та BBCH 10 (б) залежно від допосівної обробки насіння, см

Щодо впливу на ріст первинних коренів, то стерилізація насіння призвела до пригнічення їх росту вже на початковому етапі (BBCH 07) на 7–26 % залежно від варіанту обробки порівняно із нестерилізованим насінням (рис.1.1.2а).

В процесі подальшого росту вплив допосівної обробки на ріст первинних коренів був неоднозначним (рис.1.1.2б). Так для контрольного варіанту та за використання Ламардору стерилізація призвела до зменшення їх довжини на 11 % та 54 %, а за використання протруйників Раксіл Ультра та суміші Ламардор + Гаучо – навпаки до зростання на 10 % та 4 % відповідно порівняно із варіантами без стерилізації.

Застосування протруйник Раксіл Ультра та суміші Ламардор + Гаучо на нестерилізованому насінні призвело до пригнічення росту кореневої системи на 28 % і 43 % відповідно порівняно з контролем. В той же час використання протруйника Ламардор для допосівної обробки насіння стимулювало ріст первинних коренів, що проявилось у зростанні їх довжини на 43 % порівняно із контрольним варіантом. Це узгоджується із даними, отриманими в інших наших дослідженнях [22].

Для розуміння процесу відповідей рослинних тканин на дію хімічного стресора було визначено вміст малонового діальдегіду (МДА), який є маркером оксидативного стресу. Результати проведених досліджень показують, що допосівна обробка насіння різними хімічними речовинами мала неоднозначний вплив на розвиток оксидативного стресу (табл.1.1.1).

Таблиця 1.1.1

Вміст малонового діальдегіду в рослинах пшениці озимої залежно від допосівної обробки насіння, нмоль/г сухої речовини

Підготовка насіння	Протруйник	Стадія розвитку			
		ВВСН 07		ВВСН 10	
		колеоптіль	корінь	колеоптіль	корінь
нестерилізоване	контроль	85.04±0.48	93.49±4.46	208.00±8.85	59.01±2.17
	Раксіл Ультра	75.00±0.40	93.64±8.70	217.49±11.76	59.23±2.64
	Ламардор	145.49±0.48	147.44±1.68	265.28±9.07	77.42±2.12
	Ламардор+Гаучо	112.25±2.02	106.74±1.77	153.02±1.07	51.34±1.17
стерилізоване	контроль	44.39±0.84	64.72±1.91	213.30±7.28	65.08±5.38
	Раксіл Ультра	43.55±0.85	67.47±1.19	237.23±5.20	57.65±1.52
	Ламардор	131.87±0.35	115.51±4.29	235.98±8.21	42.37±1.67
	Ламардор+Гаучо	71.02±0.91	60.74±0.56	168.51±1.54	46.86±1.15

Використання стерилізації насіння перед його закладкою на пророщування призвело до зниження рівня МДА на початкових стадіях розвитку (ВВСН 07) в колеоптілі рослин контрольного варіанту в 1,9 рази, а в первинних коренях – 1,4 рази порівняно із нестерилізованим насінням. Це може бути наслідком відсутності біотичних стрес-факторів (збудники хвороб), внаслідок чого інтенсифікація вільно радикальних процесів відбувалася повільніше.

Застосування протруйників для обробки насіння призвело до зростання вмісту МДА в колеоптілі в 1,3–1,7 рази порівняно з контролем.

Виключення становив варіант обробки однокомпонентним препаратом Раксіл Ультра, за використання якого вказаний показник був меншим на 12 % порівняно з контролем. Високий вміст МДА в рослинах вказує на різку інтенсифікацію вільно радикальних процесів на цьому етапі розвитку внаслідок відповіді рослинного організму на стресову реакцію викликану застосуванням багатокомпонентних препаратів [23].

В наступну стадію розвитку (ВВСН 10) було відмічено зростання вмісту МДА в колеоптілі рослин пшениці озимої для всіх варіантів обробки в 1,4–5,4 рази порівняно зі стадією ВВСН 07. Це обумовлено подальшим зростанням вільно радикальних процесів в проростку пшениці озимої викликаних сукупною дією біотичних та хімічних стрес-факторів сумісно з активізацією ростових процесів.

В первинних коренях у стадію ВВСН 10 навпаки було відмічено поступове затухання вільнорадикальних процесів, що проявилось в зменшенні вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів у 1,2–2,7 рази залежно від варіанту

обробки порівняно зі стадією ВВСН 07. Це свідчить про поступову адаптацію кореневої системи до дії досліджуваних стресових факторів.

Рівень розвитку вільнорадикальних процесів вплинув на накопичення рослинами пшениці озимої сухої речовини (табл.1.1.2).

Таблиця 1.1.2

Вміст сухої речовини в рослинах пшениці озимої залежно від допосівної обробки насіння, мг/рослину

Підготовка насіння	Протруйник	Стадія розвитку			
		ВВСН 07		ВВСН 10	
		колеоптіль	корінь	колеоптіль	корінь
нестерилізоване	контроль	0.84±0.04	1.58±0,04	7.91±0.67	6.38±0.85
	Раксіл Ультра	0.89±0.10	1.67±0,07	7.40±0.31	5.07±0.44
	Ламардор	0.80±0.02	1.30±0,26	7.30±0.36	6.87±0.06
	Ламардор+Гаучо	0.91±0.04	1.42±0,08	5.31±0.27	5.82±0.20
стерилізоване	контроль	1.02±0.10	1.80±0,13	8.44±0.82	9.60±0.70
	Раксіл Ультра	0.89±0.10	1.53±0,12	7.47±0.23	8.29±0.57
	Ламардор	1.00±0.07	1.23±0,23	7.53±0.32	8.00±0.17
	Ламардор+Гаучо	1.07±0.06	1.73±0,23	3.84±0.04	4.82±0.17

Статистична обробка отриманих результатів показала, що у стадію розвитку ВВСН 07 зростання вмісту МДА пригнічувало накопичення сухої речовини як колеоптилем ($r = -0,35$), так і в більшій мірі первинними корінцями ($r = -0,82$). У стадію ВВСН 10 була відмічена обернена залежність – зі зростанням вмісту продуктів перекисного окислення ліпідів зростав вміст сухої речовини в колеоптилі ($r = 0,71$). Для кореневої системи вказана залежність була несуттєвою ($r = 0,22$).

Кожен із проаналізованих показників окремо описує прояв фітотоксичного впливу допосівної обробки насіння на ріст та розвиток рослин пшениці озимої на початкових етапах проростання. Для комплексної оцінки шкодочинної дії стрес-факторів було розраховано індекси енергії проростків SVI та SVII (табл.1.1.3), які надають загальну характеристику процесу проростання.

Таблиця 1.1.3

Вплив допосівної обробки насіння пшениці озимої на індекс енергії проростків

Підготовка насіння	Протруйник	Стадія розвитку			
		ВВСН 07		ВВСН 10	
		SVI	SVII	SVI	SVII
нестерилізоване	контроль	361.90	0.23	1623.80	1.31
	Раксіл Ультра	372.30	0.22	1136.81	0.99

	Ламардор	390.39	0.19	1960.62	1.16
	Ламардор+Гаучо	266.02	0.22	822.14	0.82
стерилізоване	контроль	280.56	0.24	1264.92	1.50
	Раксіл Ультра	218.88	0.12	462.25	0.68
	Ламардор	285.60	0.16	466.65	0.79
	Ламардор+Гаучо	195.05	0.23	556.32	0.49

Результати проведених розрахунків показують, що загалом найвищу життєздатність та силу проростків на обох досліджуваних стадіях було зафіксовано за обробки насіння протруйником Ламардор без використання стерилізації. Тобто, вказаний варіант обробки забезпечує надійний захист від патогенів грибних хвороб, тим самим стимулюючи активний початковий ріст проростку і коренів.

ВИСНОВКИ:

Використання хімічної стерилізації насіння перед визначенням його посівної якості дає можливість нейтралізувати вплив зовнішньої інфекції з метою встановлення наявності внутрішньої та ефективності дії протруйників щодо її знищення. Проведені дослідження показали, що зовнішня інфекція на досліджуваному насіннєвому матеріалі пшениці озимої була представлена збудниками *Aspergillus glaucus* та *Mucor mucedo*. Використані протруйники ефективно знищували вказану інфекцію, однак мали негативний вплив на початковий ріст і розвиток проростків пшениці озимої, сила якого різнилася залежно від кількості та природи діючої речовини.

За сукупною характеристикою впливу досліджуваних препаратів на посівну якість насіння було виділено протруйник Ламардор, який забезпечував надійний захист від збудників хвороб та активне формування проростка та первинних коренів, довжина яких переважала контрольний варіант на 29 % і 7 % у стадію розвитку ВВСН 07 та на 28 % і 43 % у стадію ВВСН 10 відповідно. За вмістом сухої речовини в колеоптилі та коренях вказаний варіант обробки дещо поступався контролю за рахунок зростання активності вільнорадикальних процесів. Проте за комплексною характеристикою процесу проростання (індекс енергії), використання для допосівної обробки насіння препарату Ламардор сприяло формуванню найбільш життєздатних рослин.

Підвищення життєздатності та сили росту рослин пшениці озимої на початкових етапах проростання за рахунок використання допосівної обробки препаратом Ламардор може мати важливе сільськогосподарське значення, особливо за умови погіршення фітосанітарної ситуації в агроценозах.

Література

1. Bilousova Z., Klipakova Y., Keneva V., Priss O. Forecasting of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield for the Southern Steppe of Ukraine using meteorological indices. *Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(3). P. 36–43.

2. Duveiller E., Singh R., Nicol J. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. *Euphytica*. 2007. Vol. 157. P. 417–430. doi:<https://doi.org/10.1007/s10681-007-9380-z>.
3. Figueroa M., Hammond-Kosack K.E., Solomon P.S. A review of wheat diseases-a field perspective. *Molecular Plant Pathology*. 2018. Vol. 19. P. 1523–1536. doi:<https://doi.org/10.1111/mpp.12618>.
4. Aboukhaddour R., Fetch T., McCallum B.D., Harding M.W., Beres B.L., Graf R.J. Wheat diseases on the prairies: A Canadian story. *Plant Pathology*. 2020. Vol. 69(3). P. 418–432. doi:<https://doi.org/10.1111/ppa.13147>
5. Strange R., Scott P.R. Plant Disease: A Threat to Global Food Security. *Annual Review of Phytopathology*. 2005. Vol. 43:83-116. P. 83–116. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.43.113004.133839>.
6. Jalli M., Laitinen P., Latvala S. The emergence of cereal fungal diseases and the incidence of leaf spot diseases in Finland. *Agricultural and Food Science*. 2011. Vol. 20(1). P. 62–73. doi:<https://doi.org/10.2137/145960611795163015>.
7. Ghimire B., Sapkota S., Bahri B.A., Martinez-Espinoza A.D., Buck J.W., Mergoum M. Fusarium Head Blight and Rust Diseases in Soft Red Winter Wheat in the Southeast United States: State of the Art, Challenges and Future Perspective for Breeding. *Frontiers in plant science*. 2020. Vol. 11. P. 1080. doi:<https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01080>.
8. Hashidoko Y. Ecochemical studies of interrelationships between epiphytic bacteria and host plants via secondary metabolites. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2005. Vol. 69. P. 1427–1441. doi:<https://doi.org/10.1271/bbb.69.1427>.
9. Barret M., Briand M., Bonneau S., Préveaux A., Valière S., Bouchez O., ... Jacques M.-A. Emergence Shapes the Structure of the Seed Microbiota. *Applied and Environmental Microbiology*. 2015. Vol. 81(4). P. 1257–1266. doi:[10.1128/AEM.03722-14](https://doi.org/10.1128/AEM.03722-14).
10. Nelson E. The seed microbiome: Origins, interactions, and impacts. *Plant Soil*. 2018. Vol. 422. P.7–34. doi:<https://doi.org/10.1007/s11104-017-3289-7>.
11. Tkacz A., Cheema J., Chandra G., Grant A., Poole P. Stability and succession of the rhizosphere microbiota depends upon plant type and soil composition. *The ISME Journal*. 2015. Vol. 9. P. 2349–2359. doi:<https://doi.org/10.1038/ismej.2015.41>.
12. Munkager V., Vestergård M., Priemé A., Altenburger A., de Visser E., Johansen J., Ekelund F. AgNO₃ Sterilizes Grains of Barley (*Hordeum vulgare*) without Inhibiting Germination-A Necessary Tool for Plant–Microbiome Research. *Plants*. 2020. Vol. 9(3). P. 372. doi:<https://doi.org/10.3390/plants9030372>.
13. Andrews S. Evaluation of surface disinfection procedures for enumerating fungi in foods: a collaborative study. *International Journal of Food Microbiology*. 1996. Vol. 29(2-3). P. 177–184. doi:[https://doi.org/10.1016/0168-1605\(95\)00044-5](https://doi.org/10.1016/0168-1605(95)00044-5)
14. Barampuram S., Allen G., Krasnyanski S. Effect of various sterilization procedures on the in vitro germination of cotton seeds. *Plant Cell Tiss Organ Cult*. 2014. Vol. 118. P. 179–185. doi:<https://doi.org/10.1007/s11240-014-0472-x>

15. Lamichhane J., You M., Laudinot V., Barbetti M., Aubertot J.-N. Revisiting Sustainability of Fungicide Seed Treatments for Field Crops. *Plant Disease*. 2020. Vol. 104(3). P. 610–623. doi:<https://doi.org/10.1094/PDIS-06-19-1157-FE>.
16. Білоусова З.В. Оцінка адаптивного потенціалу сортів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Південного Степу України. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2018. №3(73). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/viewFile/dopovidi2018.03.013/9460> (дата звернення 13.10.2022).
17. Косаківська І.В., Бабенко Л.М., Скатерна Т.Д., Устінова А.Ю. Вплив гіпо- і гіпертермії на активність ліпоксигенази, вміст пігментів і розчинних білків у проростках пшениці сорту Ятрань 60. *Физиология растений и генетика*. 2014. Т. 46. № 3. С. 212–220.
18. Мусієнко М.М., Паршикова Т.В., Славний П.С. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 2001. 200 с.
19. Kumar B., Verma S., Ram G., Singh H. Temperature Relations for Seed Germination Potential and Seedling Vigor in Palmarosa (*Cymbopogon martinii*). *Journal of Crop Improvement*. 2012. Vol. 26(6). P. 791–801.
20. Ellis R. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Regul.* 1992. Vol. 11. P. 249–255. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00024563>.
21. Sen M., Jamal M., Nasrin S. Sterilization factors affect seed germination and proliferation of *Achyranthes aspera* cultured in vitro. *Environmental and Experimental Biology*. 2013. Vol. 11. P. 119–123.
22. Білоусова З.В., Кенєва В.А., Кліпакова Ю.О. Посівна якість насіння пшениці озимої залежно від компонентного складу протруйників. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. №3 (107). С. 79–86. doi:10.31521/2313-092X/2020-3(107)-10.
23. Bilousova Z., Klipakova Y., Keneva V., Kulieshov S. Influence of the Growth Regulator Application Method on Antioxidant Plant System Activity of Winter Wheat (*Triticum Aestivum* L.). *Modern Development Paths of Agricultural Production* / In V. Nadykto (Ed.). Springer, Cham, 2019. P. 615–622. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_60.

Розділ 1.1.2. Оцінка продуктивності сортів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.)

Керівник теми

Т.М. Тимощук

Збільшення виробництва зерна є одним із найбільш важливих шляхів розвитку агропромислового виробництва України. У структурі посівних площ зернові культури займають близько 50 %, що становить 15 млн га ріллі [6].

Вирощування зернових колосових культур може бути ускладнене деякими факторами, до яких належить погіршення фітосанітарної ситуації посівів. Навіть мінімальний розвиток захворювань може спричинити значних втрат урожаю зерна і погіршення якості отриманої продукції [7, 8, 9]. Втрати валових зборів зерна щорічно сягають до 25–30 %. Саме тому більшість країн світу веде пошук біологічних, хімічних, агротехнічних і інших заходів захисту рослин від шкідливих видів. Тому основним завданням селекціонерів є підвищення стійкості рослин до збудників захворювань [10, 11, 12].

Останніми роки потенціал урожаю зерна пшениці озимої не повною мірою використовується у результаті ураження рослин збудниками захворювань [12, 14, 15]. Зернові колосові культури у період вегетації можуть уражуватися декількома видами фітопатогенів, але є такі, що зустрічаються у посівах дуже часто. Захворювання пшениці м'якої озимої суттєво зменшують урожайність зерна та погіршують його якість. Втрати щорічного валового збору складають приблизно до 20 % [16].

Світова колекція різноманітних рослин відіграє велику роль у селекції на стійкість до збудників хвороб. Рослинні організми можуть мати різноманітні природні механізми толерантності до шкідливих організмів [17, 18, 19]. Отже успіх у селекції нових стійких сортів і сортозразків певною мірою залежить від застосування перевірених у екологічних умовах певного регіону донорів і джерел і стійкості до збудників захворювань [16, 20, 21].

У посівах пшениці озимої найбільш шкодочинними і поширеними хворобами є септоріоз, борошниста роса, фузаріоз колосу, бура іржа, кореневі гнилі і тверда сажка [4, 14]. Останнім часом спостерігається посилення розвитку фузаріозу колосу, що спричиняє до недобір урожайності та суттєве погіршення показників якості борошна та хліба. Внаслідок ураження зерна видами фузаріїв, воно набуває токсичних властивостей і стає непридатним для споживання у їжу для людини і для годівлі тварин [23, 24].

Шкідливість борошнистої роси заключається у зменшенні асиміляційної листової поверхні, що спричиняє уповільнення розвитку рослин. Хвороба проявляється переважним чином на молодих рослинах, що активно вегетують [12, 25]. Борошниста роса спричиняє затримку колосіння, а в подальшому негативно впливає на налив зернівок. Внаслідок ураження борошнистою росою у зерні знижується уміст білку, сирієї клейковини, крохмалю. У результаті ураження борошнистою росою недобір урожайності зерна може становити близько 10–15 % [23].

У фазі молочної стиглості найбільшої шкоди завдає бура іржі. Шкідливість хвороби проявляється у зменшенні асиміляційної листової поверхні і збільшенні транспірації рослин, що спричиняє порушення водного балансу [11, 23, 26]. У кінцевому результаті спостерігається передчасне відмирання листків і щуплість насіння. При сильному розвитку іржастих грибів знижується у зерні уміст клейковини і білку. При ураженні до 40 % втрати врожаю складають 0,3–0,4 т/га, а при ураженні більше 40 % – становлять більше 0,1 т/га [23, 26].

Серед комплексу найбільш поширених і шкідливих хвороб пшениці озимої у лісостеповій зоні України особливе місце займає септоріоз листя. У результаті ураження втрати врожаю становлять 30–40 %. [4, 27, 28]. На уражених органах рослин з'являються плями різного відтінку, а саме світлі, жовті, бурі, світло-бурі, у більшості плями з темною облямівкою, на яких з часом формуються пікніди. Шкідливість септоріозу досить висока, що проявляється у пригніченні росту рослин, зменшенні асиміляційної поверхні листя, що призводить до передчасного його всихання, зменшенні довжини колосу та його озерненості [23, 27]. У листках пшениці озимої знижується на 19–71% уміст хлорофілу, на 33–59 % уміст аскорбінової кислоти, на 4–17% зменшується інтенсивність дихання. Зазначене вище може спричиняти вилягання, пустоколосість і загибель деяких рослин, особливо за умов прояву хвороби у фазах прапорцевого листка, колосіння та початок цвітіння [26].

Вимоги до сучасних сортів все більш стають різнобічними і високими [29, 30]. Результати селекційної роботи у створенні сортів пшениці м'якої озимої останніх років свідчать, що високої потенційної продуктивності сорту не завжди достатньо для отримання очікуваного ефекту від його вирощування навіть на високих агрофонах [31, 32, 33]. Досить важливо сорту надати досить важливу особливість стабільність урожайності, що можна досягти через стійкість до збудників захворювання. Саме тому важливу роль у системі захисту рослин належить виведенню стійких сортів пшениці озимої до хвороб [10, 16].

У посівах нових стійких сортів розвиток хвороби проявляється слабо слабо і не рідко у межах економічного порогу шкідливості. У результаті не має потреби застосовувати фунгіциди. У випадку, коли сортам притаманна середня стійкість до збудників хвороб, то кратність обробок посівів хімічними препаратами значно зменшується [23, 26]. Зазначене відіграє важливе значення при зниженні пестицидного навантаження на навколишнє середовище, зменшенні небезпеки забруднення токсичними речовинами отриманого врожаю. Отже, створення сортів з поєднаними високим потенціалом врожаю із стійкістю до збудників хвороб є одним важливим напрямом селекції [4, 5, 21]. Продуктивність пшениці озимої суттєво залежить не лише від її біологічних властивостей, але і від здатності рослин протистояти негативному впливу абіотичних і біотичних факторів [31]. Нерідко підвищення генетичного потенціалу нових сортів сільськогосподарських рослин спричиняє ослаблення їх екологічної стійкості [34, 35]. Таким чином сучасні сорти повинні мати екологічну пластичність до абіотичних чинників [6, 34]. Виходячи із зазначеного актуальним було і залишається виведення і впровадження у виробництво сортотипів не лише з високою урожайністю зерна, але і з стійкістю до найбільш шкідливих хвороб [36, 37, 38].

За даними Уліч О.Л. [34] нові сорти пшениці м'якої озимої відрізняються за екологічною пластичністю, по-різному реагують на агроєкологічні умови вирощування. Встановлено, що у цілому агроєкологічні умови вирощування мають суттєвий вплив на прояв адаптивності, а також пластичність та продуктивність сучасних сортів.

Значну селекційну цінність має вихідний матеріал, що володіє відносною стійкістю до хвороб і характеризується комплексом господарсько-цінних ознак [29, 30, 33]. У природних екосистемах формуються найбільш стійкі до фітопатогенів популяції рослин [28]. Тому масове розмноження збудників захворювань у них відбувається рідко і носить локальний характер, не завдаючи суттєвою шкоди рослинам [22, 39].

За твердженням М. А. Литвиненко [30] підвищення виробництва зерна високої якості такої основної продовольчої культури, як пшениця озима м'яка можна за рахунок вирішення комплексного завдання, зокрема удосконалення агротехнології її вирощування та впровадження у практику нових сучасних сортів. Під час створення зазначених вище сортів пшениці озимої селекціонерами вирішуються наступні завдання: підвищення стійкості нових сортів до посухостійкості, вилягання, морозо- і зимостійкості, осипання, проростання насіння в колосі в передзбиральний період, стійкості та толерантності до різних збудників захворювань і фітофагів [16, 22, 30, 31].

За даними Ковалишиної Г.М. встановлено, що суттєвий вплив на розвиток збудників захворювань мають агрокліматичні умови. Ковалишиною Г.М. та ін. за п'ятирічний період досліджень було виділено сорти, що проявляють стійкість до декількох чи окремих хвороб [12]. Серед сортів, що виявляють групову стійкість виділено наступні: Мирлена, Достаток, Оберіг Миронівський, Крижинка, Берегиня миронівська, Наталка, Золотоколоса, Мирхад, Веста, Ремеслівна, Ясногірка, Колумбія, Пам'яті Ремесла, Деметра, Монотип, Калинова, Ювіляр Миронівський, Сніжана, Волошкова. Помірну стійкість до хвороб листя і фузаріозу колосу проявляють сорти Оберіг Миронівський і Мирлена. Сорти Горлиця миронівська і Берегиня миронівська характеризуються стійкістю до фузаріозу колосу, листових хвороб і корневих гнилей [16].

За результатами оцінювання впродовж 2016-2018 рр. сучасних сортів пшениці озимої на стійкість до основних хвороб досліджень вітчизняними вченими встановлено, що найменше уражувалися борошнистою росою такі сорти Берегиня миронівська (9,3 %), МП Вишиванка і МП Валенсія, (8,7 %); а найменше уражувалися септоріозом – Берегиня миронівська і Горлиця миронівська (8,3 %) [16]. Їх результати досліджень підтверджують, що у Миронівському інституті пшениці імені В. М. Ремесла одним з основних напрямів селекційної роботи є виведення сортів пшениці озимої з комплексною стійкістю до основних збудників захворювань.

Залежно від біологічних особливостей збудників захворювань, ступеня ураження і стійкості рослин вітчизняними вченими розроблено і удосконалено методики польової оцінки ураженості забезпечує визначення за відповідними шкалами стійкості сортів сільськогосподарських культур [40].

За допомогою зазначеною шкалою встановлено, що високу стійкість до борошнистої роси проявили – 28,9% вивчених сортів, а до фузаріозу – 16,2%. Середню стійкість до септоріозу – 62,7% вивчених сортів, борошнистої роси виявили 60,8%, до корневих гнилей – 72,6%, фузаріозу – 66,7%. Ковалишиною

Г.М. Було виділено також сорти з груповою стійкістю до декількох хвороб. Серед вивчених сортозразків стійкість до двох збудників хвороб проявили 24,3% сортів, до трьох – 16,5% та до чотирьох – 8,6% [21]. Селекціонерами Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла було створено такі сорти з груповою стійкістю до декількох хвороб: Колумбія, Монотип, Ремеслівна, Економка, Ясногірка Смуглянка, Миронівська сторічна, Достаток, Фаворитка, Мирлена та ін. [22]. У зв'язку з цим метою наших досліджень було вивчення стійкості сортів до основних хвороб в умовах Північного Лісостепу.

Мета дослідження

Мета дослідження – оцінити сорти пшениці озимої м'якої за адаптивністю і продуктивністю в умовах Лісостепу.

Об'єкт дослідження – особливості формування урожайності пшениці озимої залежно від сортових особливостей.

Предмет дослідження – адаптивність і продуктивність сучасних сортів пшениці озимої.

Матеріали і методи дослідження

Вивчення адаптивності і продуктивності сортів пшениці озимої проводили в умовах Житомирського району Житомирської області на базі фермерського господарства «Поліся-Агро».

Дослідження були проведені на чорноземі опідзоленому впродовж 2020–2022 рр. Грунт дослідних ділянок характеризується такими показниками: вміст гумусу – 1,41%, 2,76 мг-екв. на 100 г ґрунту – гідролітична кислотність, 95 мг/кг ґрунту – азоту, що легко гідролізується, 158 мг/кг ґрунту рухомого фосфору, 96 мг/кг ґрунту обмінного калію.

Адаптивний потенціал і продуктивність сортів пшениці м'якої озимої за схемою: 1. Єдність – еталон; 2. Краєвид; 3. Царівна; 4. Вдала; 5. Васирина; 6. Лісова пісня; 7. Волошкова. У досліді площа облікової ділянки – 25 м², повторення 4-х разове.

Технологія вирощування пшениці м'якої озимої у досліді загальноприйнята для зони Північного Лісостепу. Сорти пшениці озимої висівали в оптимальні строки – 20 вересня. Досліджувані сорти висівали у нормі 5,5 млн. шт. схожих зерен на 1 га. Вагову норму висіву сортів пшениці озимої визначали. Сіяли пшеницю озиму досліджуваних сортів звичайним рядковим способом з шириною міжряддя 15 см та глибиною загортання 3–4 см. У фазі кінець кушіння пшениці озимої застосовували гербіцид Гроділ Максi, г (0,9 л/га).

Єдність – оригінатор Селекційно-генетичний інститут, закрите акціонерне товариство “Селена”. Сильна пшениця. Висота рослин –77–82 см. Колос циліндричний з зубцями, білого забарвлення, середньої щільності і довжини, має сильний восковий наліт. Маса 1000 насінин – 34,5–36,4 г. Уміст у зерні білку 14–14,5%, клейковини – 28,5–31,0% [40].

Вдала – оригінатор сорту Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення. Різновидність еритроспермум. Сильна пшениця з вегетаційним періодом 281–292 днів. Середньоранній сорт, середній за висотою (87–91 см). Прапорцевий листок з сильним восковим нальотом на піхві і слабким антоціановим забарвленням вушок. Колос циліндричний, довгий з наявними остюками, білий або солом'яно-жовтий, середній за щільністю, має помірний восковий наліт та наявними. Зернівка червоного забарвлення. Маса 1000 зерен – 41,2–42,2 г. У зерні міститься 13,0–14,0% білку, 26,2–29,3 % клейковини [40].

Василина – оригінатор Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва. Різновидність еритроспермум. Сорт середньостиглий, середньорослий (86-93 см). Колос середньої довжини 9–10 см і щільності, веретеноподібний з остюками довжиною 7–8 см. Зерно червоного кольору. Маса 1000 насінин 40–43 г. Зерно містить 28,5–29,8% клейковини, 12,9– 14,0% білка [40].

Лісова пісня – оригінатор Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту цукрових буряків НААНУ. Середньоранній сорт, різновидність еритроспермум. Короткостебловий – 83-88 см висотою. Колос пірамідальний, довгий, остистий, білою кольору, середньої щільності. Зерно чорного кольору. Восковий наліт дуже слабкий на піхві прапорцевого листка і на колосі.

Волошкова – оригінатор сорту Миронівський інститут пшениці ім. В.М. Ремесла НААНУ, Інститут фізіології рослин і генетики Національної академії наук України. Цінна пшениця. Середньостиглий – 282–291 діб. Рослини висотою 90 см. Колос циліндричний з зубцями, нещільний, середньої довжини, білого кольору, із сильним восковим нальотом. Маса 1000 зернин – 41,9–43,6 г. Уміст у зерні білка – 13,9–14,3%, клейковини 29,4–31,4 [40].

Краєвид – оригінатор сорту ННЦ «Інститут землеробства НААНУ». Різновидність – еритроспермум. Середньостиглий сорт. Цінна пшениця. Короткостебловий – 82–87 см. Колос циліндричної форми, з середньою щільністю, довжиною 8–9 см. Зерно червоного кольору з умістом в зерні білку 13,7–14,0%, клейковини 30,5 %. Маса 1000 зерен – 40,6–42,4 г [40].

Сорт Царівна – оригінатор Білоцерківська дослідно-селекційна станція Інституту цукрових буряків НААН. Різновидність – еритроспермум. Сильна пшениця. Середньоранній сорт, середньорослий (94–104 см). Колос пірамідальний, середньої довжини і щільності, остистий, білий. Зернівка червоного забарвлення. Маса 1000 зерен 45–50 г. У зерні міститься білку – 14–14,2%, клейковини – 30,1–31,0% [40].

Протягом вегетаційного періоду сортів пшениці м'якої озимої проведено фенологічні спостереження, обліки, відбір проб, вимірювання і підрахунки за Методикою державного сорто випробування сільськогосподарських культур [43, 44]. Початок фенологічної фази фіксували коли 10-15% рослин вступило у фазу, а за повну – 75%. Тривалість вегетаційного періоду вираховували від дати появи сходів до початку воскової стиглості зернівок. Визначення густоти і кущистості рослин пшениці озимої здійснювали на спеціально закріплених пробних майданчиках (2 рядки по 28 см) у трьох місцях по діагоналі дослідних ділянок у

двох несуміжних повтореннях, розмір яких становив 1/6 м². Рослини і стебла пшениці озимої визначали чотири рази за вегетацію: у фазу повних сходів, восени перед припиненням вегетації, навесні після відновлення вегетації, перед збиранням урожайності зерна шляхом відбору пробних снопів та наступного їх лабораторного аналізу.

Показники продуктивності сортів пшениці озимої визначали за методикою Бобро М. А. [42] шляхом відбору у фазі воскової стиглості зерна по 4 проб з 1-єї ділянки у двох повтореннях. На 25 рослинах кожного досліджуваного сорту виміряли висоту рослин, довжину колоса, кількість у колосі колосків та зерен. Потім обмолочували, зважували зерно з 1 колосу і масу 1000 насінин. Лабораторний аналіз відібраних рослин передбачав визначення наступних елементів структури урожаю: висоту стебел, довжину колоса, кількість у колосі колосків та зерен, маса зерна з одного колосу та масу 1000 насінин.

Урожайність сортів пшениці м'якої озимої збирали з кожної дослідної ділянки комбайном SAMPPO-500. Далі зважували та враховували поправку на стандартну вологість (14%) і чистоту (100%) зібраного зерна. Під час збирання врожаю молотильний апарат комбайна SAMPPO-500 виключали після обмолоту кожної дослідної ділянки, чекали поки зерно повністю висиплеться у мішок, зважували його, відбирали проби для наступного визначення вологості, чистоти насіння, маси 1000 зерен, натуре зерна і інших показників якості.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою комп'ютерних програм використовуючи метод дисперсійного аналізу [46].

Результати досліджень

Оцінка стійкості сортів пшениці озимої до хвороб

Протягом 2022–2024 рр. нами було проведено оцінку стійкості сучасних сортів пшениці озимої, що внесені до Державного реєстру України на 2021 р., до наступних будників хвороб: фузаріоз колосу (*Fusarium graminearum* Schwabe), борошниста роса (*Erysiphe graminis*) та септоріоз листя (*Septoria tritici* Rob. et Desm.).

У результаті проведення польових досліджень встановлено, що сорти пшениці озимої відрізнялися за ступенем стійкості проти збудників хвороб (рис. 1.1–1.2).

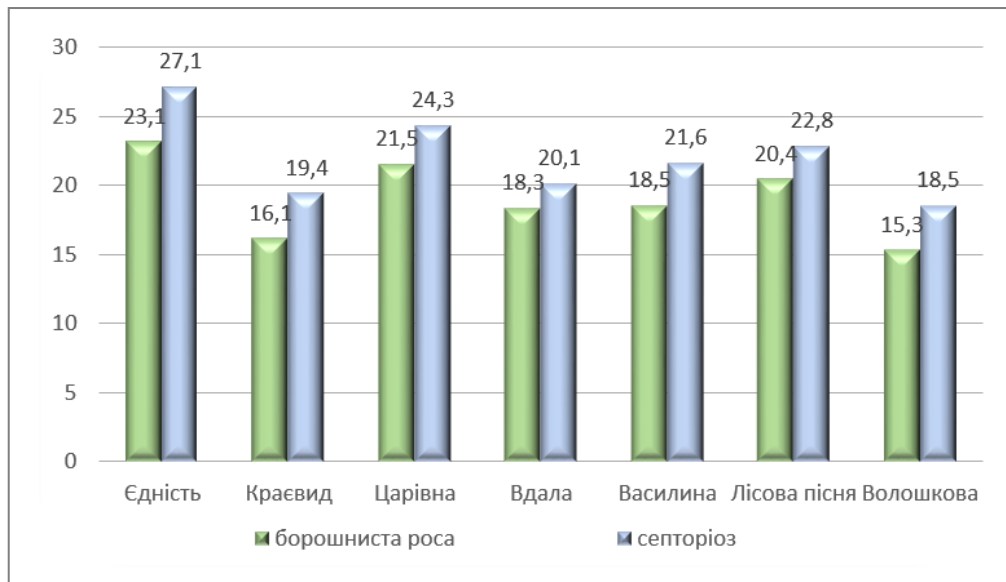


Рис. 1.1.3. Поширення хвороб у посівах сортів пшениці озимої, 2022–2024 рр.

Досліджено, що найменш уражені збудниками борошнистої роси і септоріозу були наступні сорти пшениці озимої: Волошкова, Краєвид та Васирина. Так, на цих сортах поширення борошнистої роси становить на 15,3–17,4% та септоріозу на 18,5–19,6% (рис. 1.1). Поширення борошнистої роси і септоріозу у посівах сортів Лісова пісня і Царівна складає 20,4–21,5% і 22,8–24,3% відповідно. У посівах сорту пшениці озимої Вдала поширення борошнистої роси становило 23,1% септоріозу –27,1%.

Розвиток борошнистої роси у посівах сортів пшениці озимої Волошкова, Краєвид та Васирина становить 3,5–5,0% та септоріозу на 14,2–6,3% (рис. 1.2). У посівах сортів Лісова пісня і Царівна розвиток борошнистої роси і септоріозу складає 7,0–7,8% і 8,2–8,8% відповідно. Розвиток борошнистої роси і септоріозу у посівах сорту Єдність складає 8,5 і 10,5% відповідно.

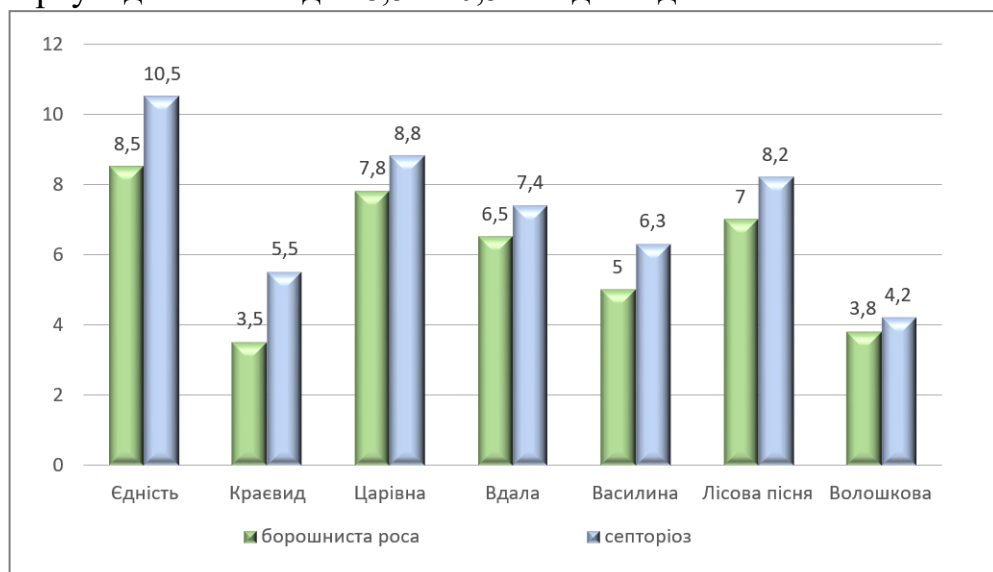


Рис. 1.1.4. Розвиток хвороб у посівах сортів пшениці озимої, 2022–2024 рр.

Найменш уражувалися фузаріозом колосу сорти пшениці озимої Волошкова, Краєвид та Василина. Так, на цих сортах поширення хвороби становить 8,5–9,8% та розвиток 2,2–3,2% (рис. 1.3).

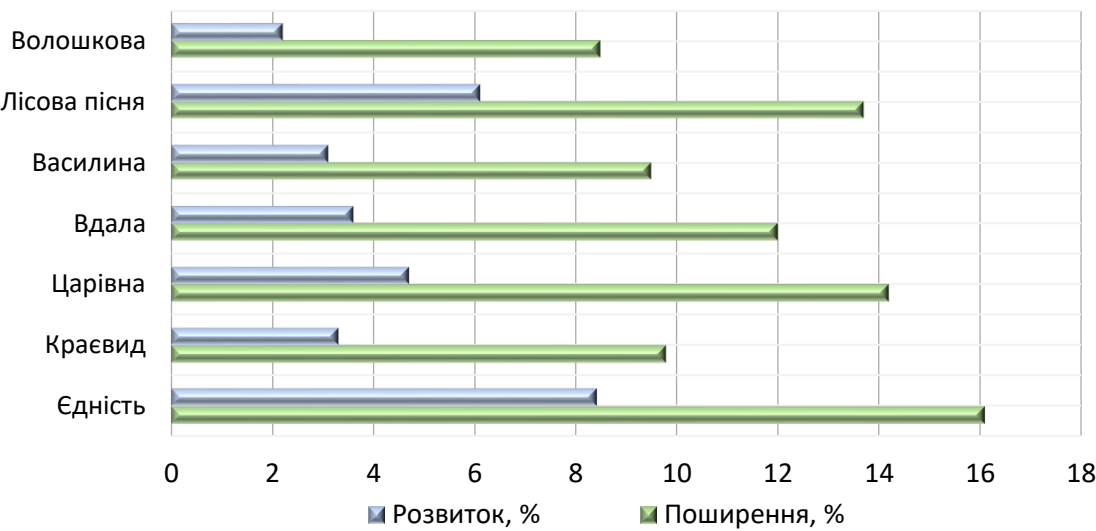


Рис. 1.1.5. Стійкість сортів пшениці озимої до фузаріозу колосу, 2022–2024 рр.

У посівах сортів Лісова пісня і Царівна складає поширення і розвиток фузаріозу колосу становить 13,7–14,2% і 4,7–6,1% відповідно. У посівах сорту пшениці озимої Вдала поширення і розвиток фузаріозу колосу становило 12,0% і 3,6% відповідно [1]. Результати досліджень свідчать, що залежно від сорту кількість продуктивних стебел з 1м² змінюється від 461 до 492, шт., висота рослин від 71,2 до 93,5 см, кількість колосків в колосі від 13,42 до 17,3 шт., кількість зерен в колосі від 23,1 до 28,3 шт., маса зерна з колоса від 0,91 до 1,25, маса 1000 зерен від 40,3 до 47,2 г [1].

Продуктивність сортів пшениці озимої

Ураженість рослин збудниками найбільш поширених хвороб пшениці озимої у наших дослідженнях, у свою чергу, позначилась і на показниках продуктивності культури (табл. 1.1).

Таблиця 1.1.4

Структура врожаю сортів пшениці озимої, 2022–2024 рр.

Сорти	Кількість продуктивних стебел з 1м ² , шт.	Висота рослин, см	Кількість в колосі, шт.		Маса, г	
			колосків	зерен	зерна з 1 колоса	1000 зерен
Єдність	461	83,4	13,2	23,1	0,91	40,3
Краєвид	486	71,2	16,8	27,4	1,22	46,5
Царівна	472	85,3	14,1	24,3	0,97	43,1
Вдала	483	90,6	15,9	25,3	1,11	45,0
Василина	489	92,5	16,1	26,8	1,18	45,8

Лісова пісня	480	87,7	14,8	24,9	1,07	44,6
Волошкова	492	93,5	17,3	28,3	1,25	47,2

Найвищі показники структури врожаю одержано при вирощуванні сортів озимої пшениці Краєвид, Васирина та Волошкова. Так, кількість колосків в колосі зростає на 2,9–4,1, кількість зерен в колосі зростає на 3,7–5,2 шт., маса зерна з колоса на 0,27–0,34 г, маса 1000 зерен на 5,5–6,9 г порівняно з еталонним сортом Єдність.

Формування показників структури врожаю сортів пшениці м'якої озимої впливає на урожайність зерна досліджуваних сортів (рис. 1.4).



Рис. 1.1.6. Урожайність сортів пшениці озимої, 2022–2024 рр.

Вирощування сорту пшениці м'якої озимої Царівна забезпечує отримання урожайності зерна у середньому за роки досліджень 4,69 т/га, що на 0,38 т/га більше порівняно із сортом Єдність. Сорт Лісова пісня забезпечив формування врожаю зерна на рівні 5,33 т/га, що на 1,02 т/га більше порівняно із сортом Єдність. При вирощуванні сорту Вдала отримано урожайність зерна 5,62 т/га, що на 1,31 т/га більше порівняно із сортом Єдність. Найвищу урожайність зерна (6,03–6,25 т/га) отримано при вирощуванні відносно стійких до збудників борошнистої роси і септоріозу сортів пшениці м'якої озимої Васирина, Краєвид і Волошкова, де приріст складає 1,72–1,94 т/га у порівнянні з сортом Єдність.

Слід зазначити, що усі досліджувані сорти забезпечили достовірне збільшення урожайності зерна, тому що приріст на усіх дослідних ділянках перевищує НР₀₅. Таким чином, створення і впровадження відносно стійких сортів до декількох збудників захворювань є найбільш реальним і радикальним заходом покращання фітосанітарної ситуації та забезпечує зменшення використання хімічних препаратів, тобто є складовою біологізації технологій захисту рослин.

ВИСНОВКИ

1. Одним з основних напрямів селекційної роботи є виведення сортів пшениці озимої з комплексною стійкістю до основних збудників захворювань.

2. За період 2022–2024 рр. було проведено оцінювання сортів пшениці м'якої озимої на стійкість до таких хвороб, фузаріоз колоса, септоріоз листя, борошниста роса.

3. Відмічено, що поширення хвороб у посівах сортів пшениці м'якої озимої борошнистою росою становило 15,3–23,1%; септоріозу – 18,5–27,1%; фузаріозу колосу на сортах – 8,5–16,1%. Розвиток хвороб у посівах сортів пшениці м'якої озимої становив: борошнистою росою становило 3,8–8,5%; септоріозу – 4,2–10,5%; фузаріозу колосу – 2,2–8,4%.

4. Серед сортів пшениці озимої високостійких проти збудників хвороб не виявлено. Досліджено, що відносну стійкість до борошнистої роси, фузаріозу колосу та септоріозу виявили сорти Краєвид, Волошкова, Васирина, що уражувалися збудниками зазначених хвороб в 1,7–2,5 рази менше порівняно із еталонним сортом.

5. Вирощування сортів пшениці озимої Краєвид, Волошкова, Васирина забезпечує збільшення на 3,7–5,2 шт. кількості зерен в колосі, на 0,27–0,34 г маси зерна з колоса, на 5,5–6,9 г маси 1000 зерен порівняно із еталонним сортом Єдність.

5. Найвищу урожайність зерна (6,03–6,25 т/га) було отримано при вирощуванні толерантних сортів пшениці озимої Краєвид, Васирина і Волошкова, де приріст підвищується на 1,72–1,94 т/га порівняно із сортом Єдність.

Література

1. Тимощук Т. М., Котельницька Г. М. Оцінка стійкості сортів пшениці озимої до збудників мікозів. Екологобезпечні технології в рослинництві в умовах воєнного стану: Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (10 серпня 2022 р.). Київ-Сквира : Інститут агроєкології і природокористування НААН, С. 144–147.

2. Тимощук Т. М., Котельницька Г. М., Дереча І.М., Овсійчук Є.М. Забур'яненість і продуктивність агрофітоценозу пшениці озимої залежно від застосування гербіцидів. Science, actual trends and perspectives of development : Abstracts of VII International Scientific and Practical Conference, November 01 – 03, 2021, Budapest, Hungary. С. 25–28.

3. Тимощук Т. М., Котельницька Г. М., Дереча І. М., Овсійчук Є. М. Оцінювання сортів пшениці озимої за продуктивністю. Ефективність агротехнологій Житомирщини: II-а Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Житомир, ЖАТК, 17–18 листопада 2022 р.). Житомир : ЖАТК, 2022. С. 40–42.

4. Тимощук Т. М., Котельницька Г. М., Тишковський В.В., Дереча І.М., Сорт, як чинник формування високопродуктивних агроценозів. Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій : матеріали XXII Міжнародного науково-практичного форуму, 5–7 жовтня 2021 р.: у 2 Т. Львів: АТБ, 2021. Т.1. С. 374–376.

5. Тимошук Т.М., Чайка О.В., Ничипорук В.В., Орищук О.С., Ничипорук О.О. Сорт як фактор формування стійких агроценозів жита озимого. *Вісник СНАУ. Сер. Агрономія і біологія*. 2013. Вип. 3 (25). С. 218–221.
6. Яшовський І.В. Екологічні основи добору сортів. Наукові основи введення зернового господарства; за ред. В.Ф. Сайка. Київ : Урожай, 1994. С. 111–120.
7. Хоменко Л.О. Фізіологічні аспекти селекції пшениці озимої на адаптивність. *Вісник аграрної науки*. 2020. №10 (811). С. 33–38.
8. Бурденюк-Тарасевич Л. А. Результати та перспективи селекції озимої м'якої пшениці на підвищену адаптивність для умов Лісостепу і Полісся України. *Наук.-техн. бюл. Мирон. ін-ту пшен. ім. В. М. Ремесла*. 2007. Вип. 6–7. С. 48–56.
9. Єльніков М. І., Грідін М. М., Глухова Н. А., Зв'ягін А. Ф. Стан та перспективи розвитку селекції пшениці озимої з підвищеним рівнем адаптивності та якості в Лісостепу України. *Наук.-техн. бюл. Мирон. ін-ту пшен. ім. В. М. Ремесла*. 2008. Вип. 8. С. 155–164.
10. Ковалишина Г.М. та ін. Характеристика сортів пшениці озимої за стійкістю проти збудників хвороб і шкідників. *Селекція та насінництво*. 2016. №. 1. С. 50–56.
11. Біляєва І.М. Динаміка ураження сортів озимої м'якої пшениці бурюю іржею і втрати урожайності від патогена за різної вологозабезпеченості рослин *Зрошувальне землеробство*. 2009. Вип. 51. С. 111–115.
12. Мельникова Л.П. та ін. Борошниста роса та створення стійкого проти неї селекційного матеріалу озимої пшениці. *Наук.-техніч. бюл. Мирон. ін.-ту пшениці*. 2006. Вип. 5. С. 60–72.
13. Федоренко В.П. Ретьман С.В. Чотири основоположних принципи. *Захист і карантин рослин*. 2004. № 1. С. 3–5.
14. Ретьман С.В Михайленко. С.В., Шевчук О.В. Озима пшениця: Захист посівів від хвороб. *Карантин і захист рослин*. 2008. № 11. С. 1–4.
15. Федоренко В.П. Інтегрований захист сільськогосподарських культур в Україні. Інтегрований захист рослин на початку 19 століття: Матеріали міжн. наук.-практ. конф. Київ, 2004. С. 3–28.
16. Ковалишина Г. М., Дмитренко Ю. М., Демидов О. А., Муха Т. І., Мурашко Л. А. Результати селекції пшениці озимої на стійкість проти основних збудників хвороб в Миронівському інституті пшениці. *Науковий вісник НУБіП*. 2018, № 394. С. 14–22
17. Орлюк А. П. Генетика з основами селекції : [Монографія]. Херсон : Айлант, 2012. 436 с.
18. Селекція пшениці озимої м'якої / В.С. Кочмарський, В.В. Кириленко; за ред. В.С. Кочмарського. Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України (1912–2012). Миронівка, 2012. 816 с.
19. Селекція і насінництво пшениці озимої / Н.І. Рябчун, М.І. Єльніков, А.Ф. Звягін; за ред. В.В. Кириченка // Спеціальна селекція і насінництво польових культур. Харків, 2010. С. 4–51.

20. Литвиненко М.А. Реалізація генетичного потенціалу. Проблеми продуктивності та якості зерна сучасних сортів пшениці озимої. *Насінництво*. 2010. № 6(90). С. 1–6.
21. Ковалишина Г. М. Стійкість сортів пшениці озимої проти хвороб. *Захист і карантин рослин*. 2014. Вип. 60. С. 151 – 158.
22. Ковалишина Г. М., Демидов О. А., Муха Т. І., Мурашко Л. А., Заїма О. А. Миронівські сорти пшениці озимої з груповою стійкістю проти хвороб для Лісостепу України. *Наукові доповіді НУБіП*. 2016. № 5. С.23–34.
23. Довідник із захисту рослин / Л. І. Бублик, Г.І. Васечко, В.П. Васильєв та ін.; За ред. М.П. Лісового. Київ : Урожай, 1999. 744 с.
24. Тимошук Т. М., Котельницька Г. М., Гурманчук О. В., Сербя І. В., Юрчик Р. В., Шульга О. В. Контроль збудників фузаріозу колосу пшениці озимої за використання сучасних фунгіцидів *Наукові горизонти. Scientific Horizons*. 2020. №8(93). С. 112–118.
25. Неклеса Н. П. Мучнистая роса зерновых культур. *Защита и карантин растений*. 2002. № 4. С. 46–47.
26. Оптимізація інтегрованого захисту польових культур: довідник / Ю. Г. Красиловець та ін. ; за ред. В. В. Кириченка, Ю. Г. Красиловця. Харків : Магда LTD, 2006. 252 с.
27. Марютін Ф. М., Білик М. О., Пантелєєв В. К. Фітопатологія : навч. посіб. Харків : Еспада, 2008. 552 с.
28. Ретьман С. В., Шевчук О. В. Абіотичні чинники та розвиток септоріозу листя. *Карантин і захист рослин*. 2009. № 12. С. 2–3.
29. Назаренко М. М. Продуктивність сучасних сортів пшениці озимої в умовах підзони Півночі Степу України. *Аграрні інновації*. 2020. 4. С. 120–125.
30. Литвиненко М. А., Пташенчук О. М. Ефективне рішення проблем поєднання скоростиглості, високої продуктивності та морозостійкості у сортів озимої м'якої пшениці Знахідка одеська . *Збірник наук. пр. СГІНЦЦС*. 2004. Вип. 6 (46). Ч. 2. С. 9–11.
31. Пірич А. В., Булавка Н. В., Ковалишина Г. М., Дергачов О. Л., Гуменюк О. В. Особливості росту та розвитку рослин на ранніх етапах у ряду миронівських сортів пшениці озимої м'якої та їхній зв'язок із морозостійкістю та урожайністю. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2018. № 5 (75), С. 15–24.
32. Моргун В.В., Санін Є.В., Швартау В.В. Сорти та оптимальні системи вирощування озимої пшениці. Київ : Логос, 2012. 132 с.
33. Панченко Т.В. Лозінський М.В., Коваленко Р.В. Оцінка сортів озимої пшениці за густотою рослин та густотою продуктивного стеблестоя в умовах дослідного поля ННДЦ БНАУ. *Агробіологія*. 2012. Вип. 7(91). С. 106–110.
34. Улич О.Л. Екологічна спроможність новозареєстрованих сортів пшениці озимої м'якої. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 1. С. 51–55.
35. Животков Л.О., Шелепов В.В., Коломієць Л.А., Чебаков М.П. Завдання, методи і результати селекції інтенсивних сортів озимої пшениці. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. Київ : Логос, 2001. С. 394–397.

36. Петренкова В. П., Рабінович С. В., Черняєва І. М., Чорнобай Л. М. Генетична стійкість озимої та ярої пшениці до листових хвороб. *Селекція і насінництво*. 2004. Вип. 88. С. 116–126.
37. Трибель С. О. Стійкі сорти. Зменшення енергоємності і втрат урожаїв від шкідливих організмів за допомогою селекції. *Насінництво*. 2006. № 4. С. 18–20.
38. Афанасьєва О. Г., Бойко І. А., Соколовська М. П., Довгаль З. Д. Джерела групової стійкості озимої пшениці проти збудників листових хвороб та церкоспорельозної гнилі. *Карантин і захист рослин*. 2010. № 12. С. 2–4.
39. Ковалишина Г. Стійкість Миронівських сортів. *Захист рослин*. 2002. № 7. С. 7–8.
40. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб / С. О. Трибель та ін.; за ред. С. О. Трибеля. Київ : Колобіг, 2010. 392 с.
41. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік / Міністерство аграрної політики та продовольства України. Київ, 2021. С. 43–45.
42. Рослинництво: лабораторно-практичні заняття / М.А. Бобро, С.П. Танчик, Д.М. Алімов. Київ: Урожай, 2001. 388 с.
43. Медведовський О.К., Іваненко І. П. Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в сільськогосподарському виробництві. Київ: Урожай, 1988. 208 с.
44. Дослідна справа у агрономії: навч. посібн: кн. 1. Теоретичні аспекти дослідної справи / А.О. Рожков та ін.; за ред. А.О. Рожкова. Харків : Майдан, 2016. 316 с.

Список публікацій за розділом 1.1.2

1. Тимощук Т. М., Лебединський В. О., Юрчук В. В., Колодяженський В. В. Продуктивність сучасних сортів пшениці озимої. Ефективність агротехнологій в зоні Полісся України: матеріали IV Всеукр. наук.-практ. конф. (13-14 листопада 2024 р.) м. Житомир. 2024. С. 103-105.
2. Тимощук Т. М., Давидов Д. В., Громнадзький О. М. Сортіві ресурси пшениці м'якої озимої в Україні. 100-річчя формування національних сортових рослинних ресурсів України: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (29 вересня 2023 р., м. Київ) / Мінагрополітики, Український інститут експертизи сортів рослин. 2023. С. 113–114.
3. Тимощук Т., Давидов Д., Арцюх Я., Дереча І. Дослідження ефективності біопрепаратів у технології захисту пшениці озимої. *Теорія і практика розвитку агропромислового комплексу та сільських територій*: матеріали XXV Міжнародного науково-практичного форуму, 02–04 жовтня 2024 р. [Електронний ресурс]. Львів: ЛНУП, 2024. С. 293-295.

Тема 1.2. Вдосконалення ресурсозберігаючих технологій вирощування олійних культур

Розділ 1.2.1. Оцінка генетичної чистоти батьківських ліній і гібридів соняшнику

Керівник теми

І.В. Аксьонов

Гетерозисна селекція соняшнику заснована на отриманні самозапиленних гомозиготних батьківських ліній і підтриманні високого рівня генетичної чистоти батьківських ліній на ділянках розмноження та гібридизації в насінництві.

При створенні гібридів соняшнику використовується гомозиготний лінійний матеріал: стерильні аналоги материнських ліній з цитоплазматичною чоловічою стерильністю ($CYT^S rfrf$), фертильні аналоги материнської лінії – фіксатори стерильності ($CYT^N rfrf$), батьківські лінії-відновники фертильності, несучі ядерні. гени відновлення фертильності пилку Rf . Фертильні аналоги - лінії-фіксатори стерильності пилку материнської лінії необхідні для розмноження стерильного аналога материнських форм із цитоплазмою CYT^S . Батьківські лінії соняшнику, які використовує селекціонер для створення гібридів, повинні мати високий рівень генетичної чистоти та мати максимальну генетичну однорідність (Челюстникова та ін., 2017).

Тому селекція соняшнику з використанням гетерозису вимагає високої культури насінництва батьківських ліній. Генетична чистота батьківських ліній є необхідною умовою використання потенціалу гібридів соняшнику (Nafiz Ghulam Muhu-Din Ahmed et. al., 2022).

Практика виробництва насіння соняшнику свідчить про те, що типовість ліній та гібридність гібридів не повною мірою відповідає вимогам насінництва: фактичний рівень генетичної чистоти нижчий від рівня, який передбачений державними стандартами для посіву, якості насіннєвого матеріалу (Малахова, Першин, 1999; Попереля, 2000).

Результати досліджень багатьох науковців свідчать про значний вплив рівня гібридності насіння на врожайність і технологічні властивості гібридів соняшнику (Лібенко, 1988; 2007; Пісков, Петров, 1986; Нікітчин, 1999).

Зниження рівня генетичної чистоти гібридів суттєво впливає на варіювання висоти рослин та діаметра кошику рослин соняшнику, призводить до зниження технологічних властивостей. При сівбі насіння соняшнику F_1 з різним рівнем генетичної чистоти собівартість валової продукції на 1,0 га зменшується пропорційно зниженню рівня генетичної чистоти гібрида (Гриднев, 2008). Наявність у гібридів соняшнику домішки насіння материнської форми від 30 до 50% значно знижує врожайність гібридів (Рябота, 1997).

Однією з актуальних проблем при вирощуванні насіння гібридного соняшнику є засміченість посівів стерильного аналогу материнської лінії рослинами фертильною аналогу материнської форми на ділянках гібридизації. Втрата генетичної чистоти може відбуватися з різних причин: при зберіганні

насіння на складах, природних схрещуваннях, недотриманні просторової ізоляції при виробництві насіння на ділянках розмноження та гібридизації, генетичних мутаціях, генетичному дрейфі та інших факторах селекції (Бочковой, 2011; Ніколіч та ін., 2007).

Ці фактори показують, що контроль якості насіння стає важливим значенням у підвищенні генетичної чистоти ліній і гібридів, вимагає вдосконалення методів оцінки рослин, ідентифікації батьківських ліній і гібридів у доступній зародковій плазмі та серед елітного селекційного матеріалу (Rasoulzadeh Aghdam et al., 2020).

У селекції та насінництві ліній і гібридів соняшнику основним методом оцінки генетичної чистоти насіннєвого матеріалу є ґрунтовий (польовий) контроль. При ґрунтовому контролі контрольні партії насіння ліній і гібридів висівають у ґрунт у польових умовах для подальшого спостереження рослин за морфологічними ознаками, характерними для генотипу. Проте ґрунтовий контроль можливий лише в польових умовах наступного року, після отримання насіння, або взимку – у теплицях, фітотронах. Проведення ґрунтового контролю в польових умовах може бути ускладнене кліматичними умовами. Проведення ґрунтового контролю в теплицях і фітотронах взимку потребує великих фінансових витрат, тепла, електроенергії. Крім того, не все насіння проростає в польових умовах. Якщо в партії гібридного насіння є насіння батьківських ліній (менше насіння, насіння має меншу життєздатність), то в польових умовах таке насіння проростає в меншій кількості. Це призводить до того, що рівень гібридності гібрида може бути неймовірним і завищеним (Бочковой та ін., 2014; Тихонов та ін., 1991). Опис та ідентифікація рослин лише за фенотипом може бути менш надійною та некоректною (Zeinalzadeh-Tabrizi et al., 2018).

У зв'язку з цим практичний інтерес у селекції та насінництві соняшнику представляє визначення генетичної чистоти ліній та гібридів за типовістю або відмінністю алельного стану білкових локусів на електрофореграмі (Ahmed et al., 2012; Zia et al., 2014).

Успіхи у вивченні природи функціонування білків дозволили вирішити проблему визначення типовості ліній і гібридів за допомогою швидкого і надійного лабораторного методу – електрофорезу запасних білків (геліантінів) насіння соняшнику (Конарев та ін., 2000; Починок, 1976; Попереля, 1996). Білкові спектри електрофорограм дозволяють виявити типовість ліній і гібридів соняшнику і встановити їх генетичну чистоту, оскільки вони мають більшу інформативність порівняно з морфологічними ознаками рослин (Аксьонов, 2005а; Конарев, 1986; Попереля, Нецветаев, 1994).

Протеїнові маркери, які спостерігаються на електрофореграмах і мають моногенний тип успадкування, можуть бути використані для ідентифікації генотипів соняшнику, що вирішує проблему визначення їх генетичної чистоти (Darvišzadeh et al., 2010; 2020; Hafiz Ghulam Muhu-Din Ahmed et al., 2022 p.; 2020; Ядав, 2018).

На думку Г.М. Паллаві (2014) біохімічні маркери, такі як спектр запасних білків насіння, найменше піддаються впливу умов навколишнього середовища і

можуть бути використані для ідентифікації селекційного та насінневого матеріалу. Білкові спектри запасних білків насіння високоефективні у вирішенні проблем насінництва: ненавмисне змішування насіння ліній і гібридів, неконтрольоване запилення рослин, помилки під час розмноження насіння тощо (Gerić et al., 1989; Zlokolica et. in., 1996).

У селекції та насінництві соняшнику хороші результати показує метод електрофорезу запасних білків насіння соняшнику (геліантиніну) при визначенні генетичної чистоти ліній і гібридів (Аксьонов, 2005б; Анісімова, 1989; Zheng et.al., 2016). Встановлені в результаті досліджень алейні варіанти електрофоретичних спектрів запасних білків насіння та їх використання при ідентифікації генотипів підвищують ефективність цього методу у визначенні генетичної чистоти батьківських ліній і гібридів соняшнику (Аксьонов, 2016).

В Україні виробники насіння соняшнику мають недостатню інформацію щодо відповідності даних про генетичну чистоту ліній і гібридів, отриманих методами ґрунтового контролю та електрофорезу запасних білків насіння (геліантинінів).

Метою досліджень було порівняти результати оцінки генетичної чистоти ліній і гібридів соняшнику, отримані методами ґрунтового контролю та електрофорезу запасних білків насіння; вивчити можливість ефективного використання методу електрофорезу запасних білків насіння при визначенні рівня типовості вихідних ліній, гібридів соняшнику, щодо встановлення шляхів більш широкого визначення генетичної чистоти генотипів на молекулярному рівні в промисловому насінництві. набуває актуальності.

Матеріал і методи

Об'єктом дослідження були материнські лінії та гібриди соняшнику/

У навчально-науковому інституті природничих і аграрних наук Луганського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Миргород, Україна) проведено експеримент.

Визначення генетичної чистоти (типовості) гібридних ліній соняшнику проводили двома методами – польовим ґрунтовим контролем та електрофорезом запасних білків насіння.

Ґрунтом дослідних ділянок для польового ґрунтового контролю був чорнозем степу з вмістом гумусу в шарі ґрунту 0-30 см 3,4-0,6 і рН ґрунтового розчину від 6,8 до 7,0.

Польовий ґрунтовий контроль проводили ділянковим методом. Експеримент мав дві повторності. На кожній ділянці висівали один досліджуваний генотип (зразок). Вибірка рослин для визначення генетичної чистоти методом польового ґрунтового контролю склала 500 рослин. Посів проведено в оптимальні строки. Глибина загортання насіння 6-8 см. Насіння соняшнику висівали на ділянки з шириною міжрядь 70 см. На окрему дослідну ділянку висівали по 500 насінин кожного зразка. Для встановлення генетичної чистоти (типовості) рослини стерильних материнських ліній і гібридів

оцінювали за морфологічними ознаками, на стерильність, фертильність протягом вегетаційного періоду. Під час польового ґрунтового контролю встановлено типові та нетипові рослини для кожної проби. Результати оцінки рослин перераховували та виражали на 100 рослин.

Електрофорез запасних білків насіння соняшнику проводили згідно методу Попереля. Для аналізу було відібрано по 102 насінини від кожної лінії та гібрида.

Для приготування розчину запасних білків (геліантину) ядро кожного насіння зразка лінії та гібрида подрібнювали та знежирювали. Кожне ядро насіння центрифугували окремо та поміщали в центрифужну пробірку. Видалення жиру проводили сумішшю крижаної оцтової кислоти та ацетону. У кожну пробірку додавали по 1,0 мл розчину крижаної оцтової кислоти та ацетону (30 мл крижаної оцтової кислоти в 1,0 л ацетону). Вміст пробірки перемішували механічною мішалкою протягом 30-40 с. Після цього до суміші крижаної оцтової кислоти та сечовини додавали робочий розчин запасних білків (геліантину) (1,0 л розчину містило 30 мл крижаної оцтової кислоти та 120 г сечовини). Піронін Y використовувався як маркер якості.

Електрофорез проводили у вертикальних пластинах з поліакриламідного гелю при 500 В і початковому струмі 50 мА на кожній пластині протягом 2,5 годин.

Фіксацію та фарбування білків проводили в розчині. Склад розчину для фарбування: етиловий спирт, крижана оцтова кислота, трихлороцтова кислота екстра-чиста та Coomassie Brilliant Blue R-250. Кумасі Brilliant Blue R-25 використовували як барвник білка на електрофоретогамі. Плити гелю промивали водою.

Отримані електрофоретогамі аналізували. Рівень генетичної чистоти визначали на основі типових і атипових спектрів білків.

За типовими морфологічними ознаками рослин визначали генетичну чистоту (типовість) ліній і гібридів соняшнику з ґрунтовим контролем. Генетичну чистоту (типовість) ліній і гібридів методом електрофорезу запасних білків встановлювали за типовими для кожної лінії, кожного гібрида алельними варіантами електрофоретичних спектрів запасних білків.

У нашій роботі лінії та гібриди позначаються порядковим номером.

Отримані результати аналізували за допомогою тесту MSTAT, а середні порівнювали за допомогою тесту множинного порівняння на рівні 5%.

Результати дослідження

Встановлені алельні варіанти електрофоретичних спектрів запасних білків білків насіння дозволили визначити генетичну чистоту ліній і гібридів соняшнику та порівняти ці дані з результатами оцінки рослин методом ґрунтового контролю.

Існують дослідження, які показують, що рівень поліморфізму запасних білків у насінні соняшнику недостатньо чіткий, щоб поліморфізм запасних білків використовуватися при ідентифікації генотипів соняшнику (Nikolić et al., 2008).

Водночас наші дослідження свідчать про перспективність використання методу електрофорезу запасних білків у ідентифікації генотипів соняшнику та відповідають результатам досліджень інших авторів. Хльосткіна (2013) стверджує, що молекулярні маркери з невідомою локалізацією можна успішно використовувати для ідентифікації генотипів рослин, оскільки білковий маркер відповідає гену, алелі якого мають відмінності (різну молекулярну масу) на рівні білкового продукту.

У досліді встановлено збіг даних результатів на 74,4 %, отриманих методами ґрунтового контролю та електрофорезу запасних білків насіння. Збіг за рівнем типовості стерильних материнських ліній між двома методами становив 84,6 %. Збіг між рівнем гібридності гібридів був меншим і становив 69,2 %. Збіг рівня типовості самозапиленних ліній соняшнику отримано на зразках ліній 16, 18, 22, 24, 25, 30, 32, 34, 40, 42, 44 (табл. 1).

Table 1.2.1. The level of typicalness of inbred lines of sunflower determined by methods of soil control for morphological traits and electrophoresis of storage proteins of seeds using electrophoretic spectra

Sample number of line	Level of typicalness		Difference in level of typicalness, %
	evaluation by morphological traits of plants, %	evaluation by electrophoretic spectra of storage proteins, %	
16	67.7	68.7	1.0
18	93.8	93.9	0.1
22	87.9	86.6	1.3
24	76.4	76.5	0.1
25	80.0	74.9	5.1
27	71.8	87.5	15.7
30	74.4	75.0	0.6
32	43.9	43.8	0.1
34	90.3	90.6	0.3
35	92.5	84.0	8.5
40	85.2	87.5	2.3
42	88.4	87.5	0.5
44	97.9	98.9	1.0

LSD₀₉₅ % 6,2

Різниця у визначенні типовості цих ліній двома методами становила від 0,1 до 5,1% (LSD₀₉₅% 6,2). Оскільки Р-значення F-критерію було нижчим за 0,05,

воно мало статистично значущу різницю даних від одного методу до іншого з довірчим інтервалом 95,0%.

Для ліній соняшнику 27, 35 відзначено розбіжність даних двох методів визначення типовості.

Рівень типовості в зразку лінії 27, визначеному за електрофоретичними спектрами білків, становив 87,5 % і був на 16,0 % вищим, ніж при оцінці рослин за морфологічними ознаками.

Метод ґрунтового контролю лінії 27 показав наявність у цьому зразку досить великої кількості нетипових за висотою рослин, які оцінюються як високорослі та низькорослі. Аналіз алельних варіантів в електрофоретичних спектрах запасних білків насіння не дає змоги ідентифікувати ці нетипові рослини за їх білковими спектрами, оскільки гени, які контролюють цю ознаку, не представлені на електроферограмах.

Аналіз типовості лінії 27 показав збіг даних про наявність гетерозиготних фертильних розгалужених рослин, які описані методом ґрунтового контролю та встановлені електрофорезом запасних білків. Немоżliвість визначення нетипових рослин методом електрофорезу за ознакою «висота рослини» необґрунтовано підвищувала типовість лінії порівняно з ґрунтовим контролем. Рівень типовості рядка 27 достовірний методом ґрунтового контролю (рослини оцінюють за морфологічними ознаками).

Рівень типовості лінії 35, встановлений електрофорезом запасних білків насіння, був нижчим на 8,1 % порівняно з ґрунтовим контролем і становив 84,4%.

Рівень типовості лінії методом ґрунтового контролю становив 92,5 %. Аналіз білкових спектрів електроферограм встановив, що насіння лінії 35 мало нетиповий для цієї лінії спектр білків у межах 15,6 % від загальної кількості проаналізованого насіння. Нетипові спектри запасного білка знизили рівень типовості до 84,4%. Під час польового ґрунтового контролю ці рослини (15,6%) за морфологічними ознаками не відрізнялися від типових рослин ліній. Отже, рівень типовості лінії 35, визначений за білковими спектрами, дорівнює 84,4 % і є достовірним рівнем типовості лінії.

Отримані експериментальні дані відповідають науковому постулату про те, що одні й ті ж морфотипи рослин можуть бути результатом змін у різних генах, які контролюють такі морфологічні ознаки рослин, які зовні не проявляються при описі рослин (Конарев, 1998; Конарев та ін., 2000).

При оцінці рослин методом ґрунтового контролю за морфологічними ознаками рослин ці «генетично брудні» рослини були віднесені до типових, що призвело до штучного підвищення рівня типовості та завищеного показника генетичної чистоти. Рівень типовості лінії 35 за цією методикою був невірний та помилково завищений і склав 92,5%. За даними Чеснокова (2020) головні недоліки морфологічних генетичних маркерів пов'язані з тим, що вони нечисленні та чутливі до впливу факторів навколишнього середовища або залежать від стадії розвитку рослин. На нашу думку, оцінка рослин тільки за морфологічними ознаками методом ґрунтового контролю може призвести до

помилкових і недостовірних висновків у визначенні генетичної чистоти генотипів соняшнику.

У досліді на визначення рівня гібридності проаналізовано 26 зразків гібридів соняшнику.

Практично збіг рівня гібридності встановлено двома методами у 18 зразків гібридів (1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 25, 26). Для цих зразків гібридів різниця в гібридності між двома методами (грунтовий контроль та електрофорез запасного білка насіння) становила від 0,2% до 5,5% ($LSD_{095} \% 6,4$) (табл. 2).

Table 1.2.2. Comparative data on determining the level of hybridity of sunflower hybrids using the methods of soil control and electrophoresis of storage proteins of seeds

Sample number	Sample type	Level of typicalness, %		Sample number	Sample type	Level of typicalness, %	
		GC* (standard)	EF			GC (standard)	EF
1	hybrid	79.2	80.1	14	hybrid	67.2	82.9
2	hybrid	82.3	84.5	15	hybrid	86.9	87.7
3	hybrid	92.9	83.9	16	hybrid	90.6	93.1
4	hybrid	67.2	65.3	17	hybrid	93.0	92.4
5	hybrid	90.9	87.5	18	hybrid	65.3	95.1
6	hybrid	73.2	73.4	19	hybrid	88.5	93.8
7	hybrid	75.7	85.6	20	hybrid	89.9	87.6
8	hybrid	71.0	75.0	21	hybrid	75.0	91.8
9	hybrid	53.8	51.7	22	hybrid	91.8	87.7
10	hybrid	62.0	63.5	23	hybrid	81.1	83.3
11	hybrid	65.0	62.7	24	hybrid	82.9	95.1
12	hybrid	58,9	38.7	25	hybrid	90.0	95.5
13	гібрид	63.7	79.7	26	hybrid	76.2	76.6

$LSD_{095} \% 6.3$

Note: *GC - ґрунтконтроль; EF – електрофорез.

Наведені інтервали показників рівня гібридності в таблиці засновані на найменш значимій різниці Фішера (LSD). Вони сконструйовані таким чином, що якщо два середніх індикатора однакові, то їх інтервали будуть покриті у випадках 95,0%.

У кількох гібридів встановлено різницю у визначенні генетичної чистоти гібридів двома методами. Різниця показників гібридності між двома методами визначення становила від 9,0 до 29,8 %.

За допомогою методу електрофорезу запасних білків зразки гібридів 3 та 12 (7,7 % від загальної кількості гібридів) мали нижчі показники гібридності на 9,0 % та 20,2 % порівняно з методом ґрунтового контролю.

Це можна пояснити наступними факторами. Відбір і сортову прополку (видалення та вибракування нетипових рослин) батьківських компонентів проводили лише за морфологічними ознаками рослин без аналізу та контролю алельних варіантів електрофоретичних спектрів запасних білків. Такий підхід призвів до появи в посівах гібридів нетипових рослин, які не мали відмінностей у морфологічних ознаках рослин, але мали відмінності в білкових спектрах запасних білків насіння.

За допомогою методу електрофорезу білків усі відмінності в алелях геліантінових спектрів насіння цих гібридів визначено як якісні, що дало змогу точно зареєструвати та більш достовірно визначити генетичну чистоту. У цьому випадку метод ґрунтового контролю необґрунтовано завищував рівень гібридності гібридів 3 і 12 і призвів до недостовірного результату. Отже, у цьому випадку встановлення гібридності гібридів було більш надійним за допомогою аналізу білкових спектрів насіння.

Дані таблиці 3 показують і підтверджують, що за алельним станом локусів білкових спектрів метод електрофорезу дає змогу ідентифікувати більшу кількість нетипових рослин (38,7%) рослин за ґрунтовим контролем.

Table 1.2.3. Results of the analysis of the genetic purity of sunflower samples using methods of soil control and electrophoresis of helianthins of seeds

Sample number	Soil control (standard): morphological of traits plants					Electrophoresis of storage protein: protein spectrum				
	level of hybridity, %	typical plants, %	atypical plants, %	maternal form, %	fertility restorer line, %	level of hybridity, %	typical plants, %	atypical plants, %	maternal form, %	fertility restorer line, %
3	92.9	92.9	4.0	2.0	2.0	83.9	83.9	9.4	4.8	1.9
12	58.9	58.9	23.5	7.1	10.5	38.7	38.7	39.7	11.4	10.2

Алельні варіанти електрофоретичних спектрів запасних білків дозволили ідентифікувати більшу кількість рослин материнських ліній у зразках гібридів 3 та 12 відповідно на 4,8 та 11,4 %. Методом ґрунтового контролю виявлено рослин материнської форми в посівах гібриду 3 менше на 2,8 % і в посівах гібрида 12 менше на 7,3 %. Такі дані свідчать про високу частку рослин фертильного аналога (закріплювача стерильності) стерильних материнських ліній у посівах гібридів.

Ці рослини не були своєчасно видалені з гібридизаційної ділянки під час сортових прополк. У гібридних посівах такі рослини за фенотипом не відрізнялися від рослин гібридів F₁. Оцінка гібридних рослин за морфологічними ознаками не виявила рослин фертильного аналога (закріплювача стерильності) стерильних материнських ліній. Рослини фертильного аналога стерильних материнських ліній ідентифікували лише за різницею алельних варіантів білкових спектрів запасних білків гібридів і фертильних аналогів материнських ліній.

У досліді метод електрофорезу запасних білків насіння підвищив рівень гібридності на 9,9-29,8 % у 23,8 % досліджуваних гібридів (7, 13, 14, 18, 21, 24)

порівняно з оцінними рослинами за морфологічними ознаками. в польових умовах.

У цьому випадку метод електрофорезу білків підвищував рівень гібридності та був менш надійним порівняно з ґрунтовим контролем. Така різниця в рівні гібридності була характерна для зразків соняшнику з низьким рівнем генетичної чистоти, що визначається морфологічними ознаками рослин: 63,7-82,9 %. Ці зразки гібридів соняшнику характеризувалися великою кількістю рослин, які за ґрунтовим контролем відзначені як нетипові рослини за ознаками «високі» та «низькі». Рівень гібридності, визначений ґрунтовим контролем, був достовірно знижений за фактором наявності в посівах гібридів саме таких рослин.

За аналізом електроферограм електрофоретичні спектри запасних білків насіння таких рослин не відрізнялися від спектрів гібридів рослин. Цей фактор сприяв необґрунтованому та недостовірному підвищенню рівня гібридності гібридів (зразки 7, 13, 14, 18, 21, 24) шляхом оцінки рослин за електрофоретичними спектрами білків. Визначення рівня гібридності цих гібридів за допомогою електрофорезу запасних білків виявилися менш достовірними порівняно з даними методу ґрунтового контролю.

Висновки

Результати досліджень щодо встановлення рівня генетичної чистоти стерильних материнських ліній і гібридів соняшнику з використанням ґрунтового контролю та електрофорезу запасних білків у більшості випадків збігаються. Збіг результатів досліджень за визначенням типовості материнських ліній становив 84,6 %, за визначенням гібридності гібридів – 69,2 %. Відмінності між показниками генетичної чистоти ліній становили від 0,1 до 5,1 %, відмінності між показниками генетичної чистоти гібридів коливалися від 0,2 % до 5,5 %.

Аналіз геліантових спектрів насіння підвищив достовірність показників генетичної чистоти ліній на 7,7 % та знизив достовірність показників генетичної чистоти на 7,7 % за наявністю нетипових рослин за ознакою «висота рослин» порівняно з ґрунтовим методом контролю.

Аналіз геліантових спектрів насіння підвищив достовірність рівня гібридності гібридів на 7,7 % та знизив достовірність рівня гібридності гібридів на 23,1 % за наявністю нетипових рослин за ознакою «висота рослин» порівняно з ґрунтовим методом контролю.

Ґрунтовий метод контролю визначення генетичної чистоти більш надійний при оцінці генотипів із наявністю в посівах нетипових рослин за ознакою «високі» та «низькі» рослини.

Висока ефективність методу визначення генетичної чистоти ліній і гібридів соняшнику на основі аналізу алельних варіантів електрофоретичних спектрів запасних білків насіння дозволяє підвищити достовірність отриманих

даних, а в окремих випадках уникнути трудомісткості польового ґрунтового контролю.

Метод електрофорезу, заснований на аналізі електрофоретичних спектрів запасних білків насіння, може бути використаний як експрес-метод при визначенні рівня типовості материнських форм і гібридності гібридів соняшнику, а також для контролю на генетичну чистоту. ліній і гібридів.

Література

- Ahmed, HGM-D., Zeng, Y., Iqbal, M., Rashid MAR. & Raza, H. (2022) Genome-wide association mapping of bread wheat genotypes for sustainable food security and yield potential under limited water conditions. *PLoS One*, 17.
- Aksyonov, I. V. (2005a). Use of albumin markers for defining genetic purity of sunflower parent lines and hybrids. *Helia*, 28 (43), 43-48.
- Aksyonov, I. V. (2005b). Protein markers specificity of sunflower inbred lines. *Helia*, 28 (43), 49-54.
- Anisimova, I. N. & Gavrilyuk, I. P., (1989). Heterogeneity and polymorphism of the 11S globulin of sunflower seed. *Genetics*, 25 (7), 1248-1255 (Ru).
- Bochkovoy, A. D., Antonova, T. S., Kamardin. V. A., Araslanova, N. M., Veter, I. I., Guchetl, S. Z. & Chelyustnikova, T. A. (2014). Efficiency of various methods for determining the genetic purity of batches of seeds of self-pollinated lines and hybrids of the first generation of sunflower. *Oilseed crops. Scientific and technical Bulletin VNIIMK*, 1 (157-158), 3-7 (Ru).
- Bochkovoy, A. D. (2011). State and problems the seed production of sunflower hybrid at VNIIMK. *Oilseed crops. Scientific and technical Bulletin VNIIMK*, 2 (148-149), 23-27 (Ru).
- Chelyustnikova, T. A., Guchetl, S. Z. & Antonova, T. S. (2017). Application of molecular markers to identify the CMS-Rf system in parental lines of sunflower hybrids. *Scientific and technical bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds*, 4 (172), 3-13 (Ru).
- Chesnokolov, Yu., Kosolapov, V. M. & Savchenko, I. V. (2020). Morphological genetic markers in plants. *Генетика*, 56 (12), 1366-1377 (Ru).
- Chikkadevaiah & Nandini, R. 2003. Isozymes as markers for differentiating sunflower genotypes. *Helia*, 36(29): 51-58.
- Dalgarrondo, M., Raymond, J. & Azanza J. (1984). Sunflower seed proteins: Characterization and subunit composition of the globulin fraction. *Journal of Experimental Botany*, 35, 1618–1628.
- Darvishzadeh, R., Azizi, M., Hatami-Maleki, H., Bernousi, I. & Mandoulakani, B. A. (2010). Molecular characterization and similarity relationships among sunflower (*Helianthus annuus* L.) inbred lines using some mapped simple sequence repeats. *African Journal of Biotechnology*, 9, 7280-7288.
- Gerić, I., Zlokolic, M. & Gerić, C. (1989). Application of isoenzymes in control of genetic purity of seed of agricultural plants. *Agricultural News*, 3-4, 555-564.
- Gonzalez-Perez, S., Vereijken, J.M., Merck, K.B., Van Koningsveld, G.A., Gruppen, H. & Voragen, A. G. J. (2004). Conformational states of sunflower (*Helianthus*

- annuus*) helianthinin: effect of heat and pH. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 52, 6770-6778.
- Gridnev, A. K. (2008). Influence of the level of genetic purity of seeds on the yield and technological properties of hybrids. *Oilseed crops. Scientific and technical Bulletin VNIIMK*, 2 (139), 7-10 (Ru).
- Hafiz Ghulam Muhu-Din Ahmed, Muhammad Rizwan, Muhammad Naeem, Muhammad Ahsan Khan, Faheem Shehzad Baloch, Sangmi Sun & Gyuhwa Chung. (2022). Molecular characterization and validation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids through SSR markers. *Plos One*, 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267383>
- Jasso de Rodríguez, D., Romero-García, J., Rodríguez-García, R. & Angulo Sánchez, J. L. (2002). Characterization of proteins from sunflower leaves and seeds: Relationship of biomass and seed yield. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), *Trends in New Crops and New Uses*. ASHS Press, Alexandria, VA., 143–149.
- Konarev, A. V., Konarev, V. G., Gubareva, N. K. & Peneva, T. I. (2000). Seed proteins as markers in solving problems of plant genetic resources, breeding and seed production. *Cytology and genetics*, 38 (2), 91-103 (Ru).
- Konarev, V. G. (1983). *Seed proteins as genetic markers*. Kolos, Moscow, 320 (Ru).
- Konarev, V. G. (1998). *Morphogenesis and molecular biological analysis of plants*. VIR, Sankt-Peterburg, 370 (Ru).
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the heads of bacteriophage. *Nature*, 4 (227), 680-685.
- Lakemond, C. M. M., de Jongh, H. H. J., Hessing, M., Gruppen, H. & Voragen, A. G. J. (2000). Soy glycinin: influence of pH and ionic strength on solubility and molecular structure at ambient temperatures. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 1985–1990.
- Lakemond, C. M. M. (2001). *Heat denaturation of soy glycinin: structural characteristics in relation to aggregation and gel formation*. PhD Thesis, Wageningen University.
- Khlyostkina, E. K. (2013). Molecular markers in genetic research and breeding. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*, 17 (4/2), 1044-1053 (Ru).
- Libenko, N. A. (1988). The influence of pollen impurities not provided for in the formula on the manifestation of valuable traits in F₁ sunflower hybrids. *Scientific and technical Bulletin of VSGI*, 2 (68), 22-26 (Ru).
- Libenko, N. A., Babich, V. I. & Chervonis, M. V. (2007). Efficiency of methods for assessing the level of hybridity and typicality of sunflower hybrids. *Collection of scientific works of NAC NAIC*, 9 (49), 181-188 (Ukr).
- Lombard, V., Baril, C. P., Dubreuil, P., Blouet, F. & Zhang, D. (2000). Genetic relationships and fingerprinting of rapeseed cultivars by AFLP: Consequences for varietal registration. *Crop Sciences*, 40, 1417–1425.
- Malakhova, M. S. & Pershin, A. F. (1999). Correspondence of the results of assessing the genetic homogeneity of sunflower seeds by the method of soil control and electrophoresis of storage proteins. *Collection of scientific works of the Institute of Oilseed Crops of the UAAS*, 4, 7-13 (Ru).

- Nikitchin, D. I. (1999). Features of the technology for growing parental forms of sunflower hybrids. *Collection of scientific works of the Institute of Oilseed Crops of the UAAS*, 4, 172-180 (Ru).
- Nikolić, Z., Milošević, M., Taški-Ajduković, K. & Vujaković, M. (2007). Genetic purity as a component of seeds quality. *Proceedings 42nd Croatian and 2nd International Symposium on Agriculture*, Opatija, 245-248.
- Nikolić, Z., Vujaković, M. & Jevtić, A. (2008). Genetic purity of sunflower hybrids Determined on the basis of isozymes and seed storage proteins. *Helia*, 31 (48), 47-54.
- Pallavi, H.M., Gowda, R., Shadakshari, Y.G., Bhanuprakash, K. & Vishwanath, K. (2011). Identification of SSR markers for hybridity and seed genetic purity testing in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Helia*, 34 (54), 59-66.
- Piskov, A. & Petrov, P. D. (1986). The influence of non-hybrid plants on the yield of seeds and oil of a sunflower hybrid. Start and possibilities of obtaining hybrid seeds with late sowing and irrigation. *Plant Sciences*, 23 (9), 28-32 (Bg).
- Poperelya, F. O. & Netsvetaev, V. P. (1994). Genetic control of seed helianthin in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Cytology and genetics*, 28 (4), 59-63 (Ru).
- Poperelya, F. O. (2000). Genetic interpretation of electrophoregrams of helianthin in F1 sunflower seeds. *Cytology and genetics*, 34 (2), 59-63 (Ukr).
- Poperelya, F. O. (1996). Three main genetic systems of winter wheat grain quality. In: *Realization of the potential capabilities of varieties and hybrids of the breeding and genetic institute in the conditions of Ukraine*. Breeding and Genetics Institute, Odessa, 117-132 (Ukr).
- Pochinok, A. N. (1976). *Methods of biochemical analysis of plants*. Scientific thought, Kyiv, 334 (Ru)..
- Ryabota, A. N. (1997). The influence of the quality of seed material of sunflower hybrids on their yield and other traits. *Collection of scientific works of the Institute of Oilseed Crops of the UAAS*, 2, 127-132 (Ru).
- Prakash, V. & Narasinga Rao, M. S. (1988). Structural similarities among the high molecular weight protein fractions of oilseeds. *Journal Bioscience*, 13 (2), 171-180.
- Rasoulzadeh Aghdam, M., Darvishzadeh, R., Sepehr E. & Alipour, H. (2020) Association analysis for agronomic traits with SSR markers in sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes under optimum and phosphorus deficiency conditions. *Crop Biotechnology*, 10, 71-89.
- Raymond, J., Mimouni, B. & Azzaza, J. L. (1994). Variability in the 11S globulin fraction of seed storage protein in *Helianthus* (Asteraceae). *Plant Systematics and Evolution*, 196, 69-79.
- Raymond, J., Robin, J. M. & Azzaza, J. L. (1995). 11S seed storage proteins from *Helianthus* species (Compositae): biochemical, size and charge heterogeneity. *Plant Systematics and Evolution*, 198, 195-208.
- Sabir, M. A., Sosulski, F. W. & MacKenzie, S.L. (1973). Gel chromatography of sunflower proteins. *Journal Agricultural Food Chemistry*, 21, 988-993.

- Samarah, N. H., Mullen, R. E., Cianzio, S. R. & Scott, P. (2006). Dehydrin-Like Proteins in Soybean Seeds in Response to Drought Stress during Seed Filling. *Crop Sciences*, 46, 2141-2150.
- Schwenke, K. D., Paehtz, W., Linow, K. J., Raab, B. & Schultz, M. (1979). On seed proteins. XI. Purification, chemical composition, and some physico-chemical properties of the 11S globulin (helianthinin) in sunflower seed. *Nahrung*, 23, 241–254.
- Stuber, C. W., Wendel, J. F., Goodman, M. M. & Smith, J.S.S. (1988). *Technique and scoring procedures for starch gel electrophoresis of enzymes from maize (Zea mays L.)*. NC State University, Agricultural Research Service Tech.
- Tikhonov, O. I., Bochkaryov, N. I. & Dyakov, A. B. (1991). *Biology, breeding and cultivation of sunflower*. Agropromizdat, Moscow, 160-164 (Ru).
- Yadav, P., Tilak, I., Kisan, B., Goud, I. S. Naika, M. B., Ayyangouda Patil, Vikas Kulkarni, Kadirvel Palchamy & Praduman Yadav. (2018). Biochemical and Molecular Characterization of Parents and its Crosses for High Oleic Acid Content in Sunflower (*Helianthus annuus L.*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7 (4), 200-2020. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.704.231>.
- Zeinalzadeh-Tabrizi, H., Haliloglu, K., Ghaffari, M. & Hosseinpour, A. (2018) Assessment of genetic diversity among sunflower genotypes using microsatellite markers. *Molecular Biology Research Communications*, 7, 143.
- Zheng, J., Wen, D., Zhao, H. & Zhang, C. (2016). Acetic acid urea-polyacrylamide gel electrophoresis: a rapid method for testing the genetic purity of sunflower seeds. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 9 (1), 41-46.
- Zia, Z. U., Sadaqat, H. A., Tahir, M. H. N., Sadia, B. Bushman B. S., Hole, D., Michaels, L. & Malik, W. (2014) Estimation of genetic diversity using SSR markers in sunflower. *Russian Journal of Genetics*, 50, 498-507. DOI: 10.7868/s0016675814050142
- Zlokolic, M., Nikolić, Z., Turkav, S., Milošević, M., Graovac, M. & Škorić, D. (1996). Isozymic variability of self pollinated sunflower (*Helianthus annuus L.*) lines. *Helia* 19, 113-120.

Список публікацій за розділом 1.2.1.

- Igor Aksyonov. Evaluation of genetic purity of parental lines and hybrids of sunflower // Bulgarian Journal of Crop Science. - 2024. - Volume 61, N 5.- P. 44-53.
- Igor Aksyonov, Marina Kotchenko. (2024). Physiological features of yield formation of sunflower breeding samples in arid conditions of the Ukrainian steppe / 7th International Anatolian Agriculture, Food, Environment and Biology Congress. – TARGID. – P. 251-255.

Розділ 1.2.2. Посівні властивості насіння соняшнику гібриду *Talento* за дії модифікованого регулятора росту рослин АКМ

Керівник теми
Виконавці

Покопцева Л.А.
Онищенко О.В.

Мета дослідження

Метою досліджень було вивчення впливу регулятора росту рослин, модифікованого іонами кальцію, на посівні властивості насіння соняшнику гібриду *Talento* та встановлення оптимальної концентрації кальцію для передпосівної обробки насіння.

Об'єкт досліджень – гібрид соняшнику *Talento*.

Предмет досліджень – процес формування посівної якості насіння соняшнику гібриду *Talento* за дії передпосівної обробки насіння регулятором росту рослин, модифікованого іонами кальцію.

Матеріали та методи дослідження

Дослідження проводились в лабораторії моніторингу якості ґрунтів та продукції рослинництва науково-дослідного інституту Агротехнологій та екології Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Досліджуючи ефективність застосування кальцію та його позитивного впливу на рослини, автори опирались на літературні дані з питань ефективності застосування кальцію та його позитивного впливу на рослини, постало питання удосконалення регулятора росту рослин АКМ за допомогою введення до його складу іонів кальцію і перевірити його ефективність на посівну якість насіння соняшнику в лабораторних умовах.

Регулятор росту рослин АКМ внесений до переліку пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні (2023). Це напівсинтетичний плівкоутворюючий препарат антистресової дії. До складу препаративної форми входять дистинол 0,015 г/л (диметилсульфоксид + іонол), поліетиленгліколь (ПЕГ) – 1500 (440 г/л) та ПЕГ – 400 (190 г/л), решта – вода. АКМ модифікували додаванням іонів Ca^{2+} у вигляді хлориду кальцію. Отриманим препаратом посівний матеріал інкрустували за добу до закладання досліду рекомендованою концентрацією 200 мл/т. Витрати робочого розчину відбувалися з розрахунку 10 л/т насіння. Оброблене насіння соняшнику пророщували у рулонах на фільтрувальному папері у термостаті ТС-80 українського виробництва при температурі + 20 °C (ДСТУ 4138-2002). Між двома шарами зволоженого паперу розміщували по сто насінин зародком донизу у трьох повтореннях.

Схема досліду наведена у Таблиці 1. Повторність чотириразова, згідно з методикою проведення досліду у рослинництві за Lurov et al. (2020).

Таблиця 1.2.4. Схема лабораторного досліду

Варіант	Препарат для обробки насіння
1	Вода (контроль)
2	АКМ
3	АКМ + Са (0,25 г/л)
4	АКМ + Са (0,50 г/л)
5	АКМ + Са (0,75 г/л)
6	АКМ + Са (1,00 г/л)
7	АКМ + Са (1,25 г/л)
8	АКМ + Са (1,50 г/л)
9	АКМ + Са (1,75 г/л)
10	АКМ + Са (2,00 г/л)

Дослідження проводили на насінні соняшнику гібриду *Talento* (оригіна́тор – *Syngenta*) за загальноприйнятими методиками. Це високоолеїновий гібрид для системи Clearfield з вмістом олеїнової кислоти в олії до 90%, середньоранньої групи стиглості. Рекомендований для вирощування у зонах Степу та Лісостепу. Рік реєстрації гібрида – 2016.

Відбір і підготовку проб для аналізів, а також визначення енергії проростання насіння і лабораторної схожості проводили за стандартною методикою (DSTU 4138-2002). Енергію проростання насіння рахували на четвертий день пророщування, схожість – на восьмий день.

Біометричні показники проростків соняшнику (довжина гіпокотилу і кореня) вимірювали за загальноприйнятою методикою (Palamarchuk et al., 2022). Вміст сухої речовини визначали гравіметричним методом (DSTU 4138-2002). Статистичну оцінку даних обчислювали за критерієм Ст'юдента та програмою «Agrostat».

Для встановлення кращого варіанту передпосівної обробки насіння соняшнику використовували метод багатокритеріальної оптимізації (Ivanova et al., 2022). В основі даного методу лежить застосування механізму прийняття рішень за багатьма критеріями, який дозволяє виключити вплив одиниць вимірювання показників якості посівного матеріалу, а також величин інтервалів допустимих значень кожного показника на вибір варіанту передпосівної обробки насіння соняшнику (цільову функцію). Дані вибору кращого варіанту передпосівної обробки для насіння соняшнику мають двосторонню альтернативно-критеріальну класифікацію зі значеннями критеріїв f_j і характеризують показники посівної якості A_j – в кількісних шкалах та у безрозмірному вигляді.

Експериментальні дослідження рослин (як культурних, так і дикорослих), включаючи збір рослинного матеріалу, відповідали інституційним, національним або міжнародним керівним принципам. Автори дотримувалися стандартів Конвенції про охорону біологічного різноманіття (1992) та Конвенції про торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (1979).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Використання методу інкрустації сучасними препаратами для передпосівної обробки насіння активізує процеси саморегуляції і сприяє підвищенню посівної якості насіння та стійкості до несприятливих зовнішніх факторів.

При проведенні дослідів встановлено, що інкрустація насіння соняшнику регулятором росту АКМ стимулює процеси проростання, про що говорить збільшення енергії проростання на 2,2 % відносно контролю (Рисунок 1). Подібний ефект зі зростанням енергії проростання насіння за дії АКМ спостерігався і у дослідженнях Єременко О.А. (Yeremenko et al., 2020).

Додавання до складу АКМ кальцію сприяє підвищенню цього показника, особливо у варіанті з концентрацією іонів кальцію 1,0 г/л, де енергія проростання була вище за контроль на 5,4 % порівняно з контролем і на 3,2 % порівняно з варіантом, де використовувався тільки АКМ. Високі концентрації кальцію 1,75 г/л і 2,0 г/л спричинювали зниження енергії проростання на 2,2 – 7,7 %, порівняно з усіма варіантами дослідів.

При визначенні лабораторної схожості насіння соняшнику встановлено, що передпосівна обробка насіння соняшнику сприяє збільшенню цього показника до 5,4 % відносно контролю (Рисунок 2). Причому найкращий ефект проявився у варіанті з поєднанням регулятора росту рослин АКМ з іонами кальцію у концентрації 1,0 г/л.

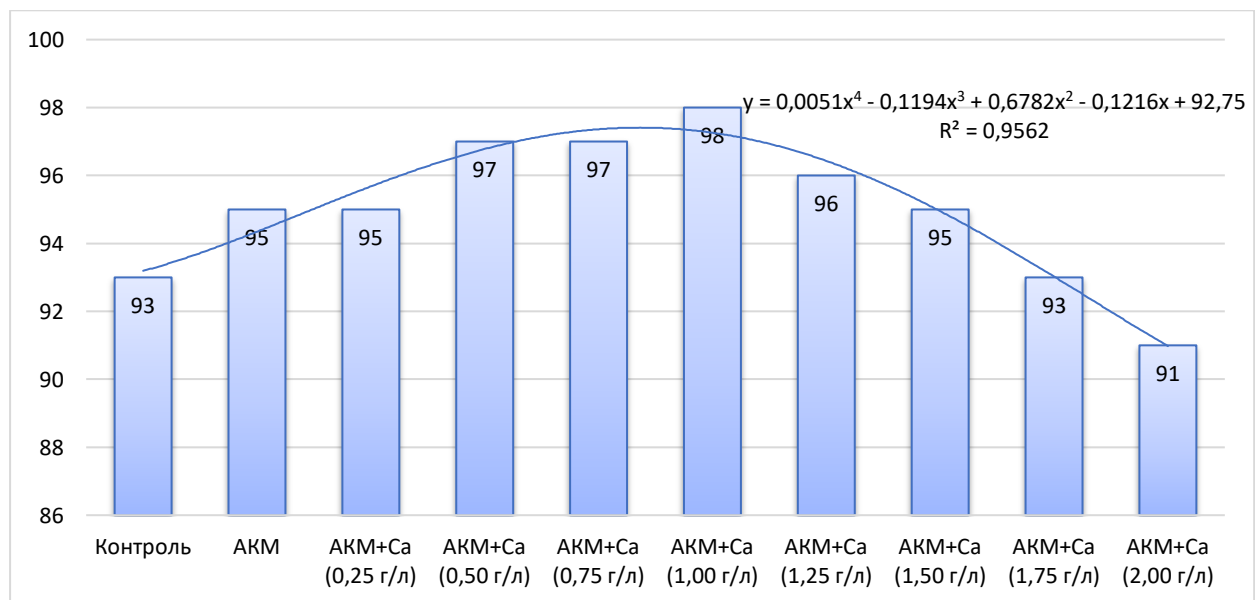


Рисунок 1.2.1 Вплив регулятору росту рослин АКМ+Ca на енергію проростання насіння соняшнику гібриду *Talento* (апроксимована поліноміальна крива 4-ого ступеня).

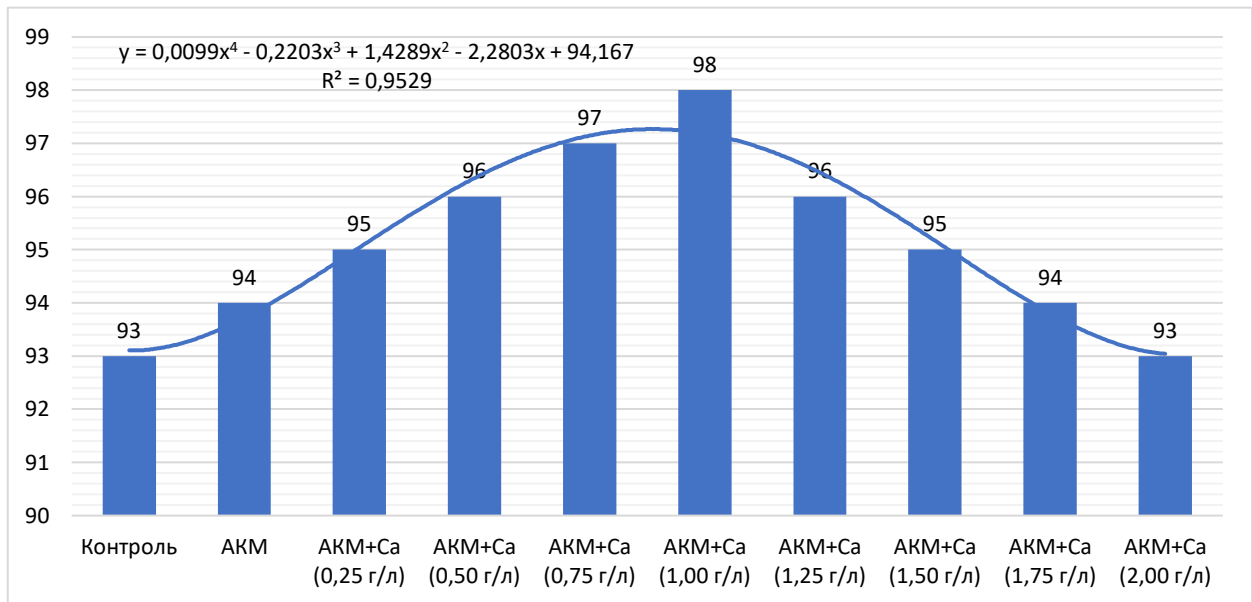


Рисунок 1.2.2 Вплив регулятору росту рослин АКМ+Са на лабораторну схожість насіння соняшнику гібриду Talento (апроксимована поліноміальна крива 4-ого ступеня)

Суттєвою перевагою даної обробки посівного матеріалу є відсутність різниці між показниками енергії проростання і схожості насінин. Така відсутність різниці у польових умовах сприяє скороченню періоду сімба-сходи на 1–2 дні і отриманню більш рівномірних сходів. Для польових дослідів рекомендується обробка насіння соняшнику регулятором росту рослин АКМ з насиченням іонів кальцію у концентрації 1,0 г/л. При побудованні апроксимованої поліноміальної кривої 4-ого ступеня впливу передпосівної обробки насіння соняшнику на показники енергії проростання і лабораторної схожості встановлена сильна функціональна залежність, де $R^2 = 0,95 - 0,96$.

Подібний результат досліджень з передпосівної обробки насіння хлоридом кальцію, отриманий і іншими вченими (Reddy et al., 2023; Chen et al., 2021; Silveira et al. 2020), які підтверджують позитивний вплив іонів кальцію на схожість насіння сільськогосподарських культур, особливо за стресових умов. В подальшому така обробка сприяє покращенню як морфологічних, так і продуктивних ознак культур. Ademola et al. (2020) пояснюють позитивний вплив іонів кальцію на покращення процесів проростання насіння посиленням роботи антиоксидантних ферментів та зменшенням перекисного окиснення ліпідів.

(Choe et al. 2021) окрім покращення процесів проростання також говорять про краще накопичення антиоксидантних компонентів (поліфенолів, флавоноїдів, γ -аміномасляної кислоти) у проростках в присутності іонів кальцію, які активізують роботу ферментів, зменшують окислювальний стрес та покращують життєздатність клітин.

Під час проростання зародок використовує запасні поживні речовини сім'янки. При цьому на зародковому корінці з'являються зони поділу, розтягуються й диференціюються клітини, засвоюються поживні і фізіологічно активні речовини сім'янки, відбувається ріст проростка. Активність ростових процесів на початкових етапах органогенезу характеризується довжиною

проростків, особливо у варіантах з передпосівною обробкою досліджуваних компонентів (Табл. 2).

Таблиця 1.2.5. Біометричні показники проростків соняшнику гібриду *Talento*

Варіант	Довжина, см	
Контроль	Гіпокотиль	4,11 ± 0,16
	Корінь	7,93 ± 0,31
АКМ	Гіпокотиль	4,80 ± 0,20
	Корінь	9,85 ± 0,39
АКМ+Са (0,25 г/л)	Гіпокотиль	4,92 ± 0,24
	Корінь	9,92 ± 0,36
АКМ+Са (0,50 г/л)	Гіпокотиль	5,27 ± 0,24
	Корінь	10,10 ± 0,47
АКМ+Са (0,75 г/л)	Гіпокотиль	5,52 ± 0,23
	Корінь	10,36 ± 0,43
АКМ+Са (1,00 г/л)	Гіпокотиль	6,20 ± 0,30
	Корінь	10,83 ± 0,51
АКМ+Са (1,25 г/л)	Гіпокотиль	5,83 ± 0,27
	Корінь	10,42 ± 0,43
АКМ+Са (1,50 г/л)	Гіпокотиль	5,23 ± 0,21
	Корінь	9,75 ± 0,40
АКМ+Са (1,75 г/л)	Гіпокотиль	4,70 ± 0,17
	Корінь	9,02 ± 0,38
АКМ+Са (2,00 г/л)	Гіпокотиль	4,18 ± 0,14
	Корінь	8,49 ± 0,39

Найменшу довжину гіпокотилу і корінця формували проростки соняшнику контрольного варіанту. Застосування препарату АКМ дало змогу збільшити довжину гіпокотилу на 16,8 %, довжину кореня – на 24,2 %. Суттєвий вплив на ріст проростків був відмічений у варіантах, де до складу АКМ додавали кальцій. Особливо це стосується концентрацій 0,75, 1,0 і 1,25 г/л, де довжина гіпокотилу була вищою за контроль в 1,34 – 1,51 рази, а довжина коренів в 1,31 – 1,37 рази, порівняно з контролем.

Підвищена концентрація кальцію (2,0 г/л) пригнічує ростові процеси. Так, довжина гіпокотилу і довжина кореня цього варіанту досліді були нижчими за варіант з обробкою АКМ на 14,8 і 16,0 % відповідно.

За результатами дослідження, було виявлено, що добре сформований, біологічно повноцінний запас поживних речовин у насінні суттєво впливає на

початковий ріст і розвиток рослини. Саме цей запас визначає спрямованість та інтенсивність фізіологічних і біохімічних процесів не тільки в початковий період росту і розвитку рослини, але й протягом усієї вегетації (Matskevych et al., 2022).

До складу проростків соняшнику входить вода і суха речовина, що представлена мінеральними і органічними сполуками. Приріст сухої речовини рослинами характеризує ефективність роботи асиміляційного апарату, накопичення пластичних речовин, утворення репродуктивних органів і, відповідно, формування урожаю (Kalens'ka et al. 2023).

Вміст сухої речовини в проростках досліджуваної культури, наведена на Рисунку 3.

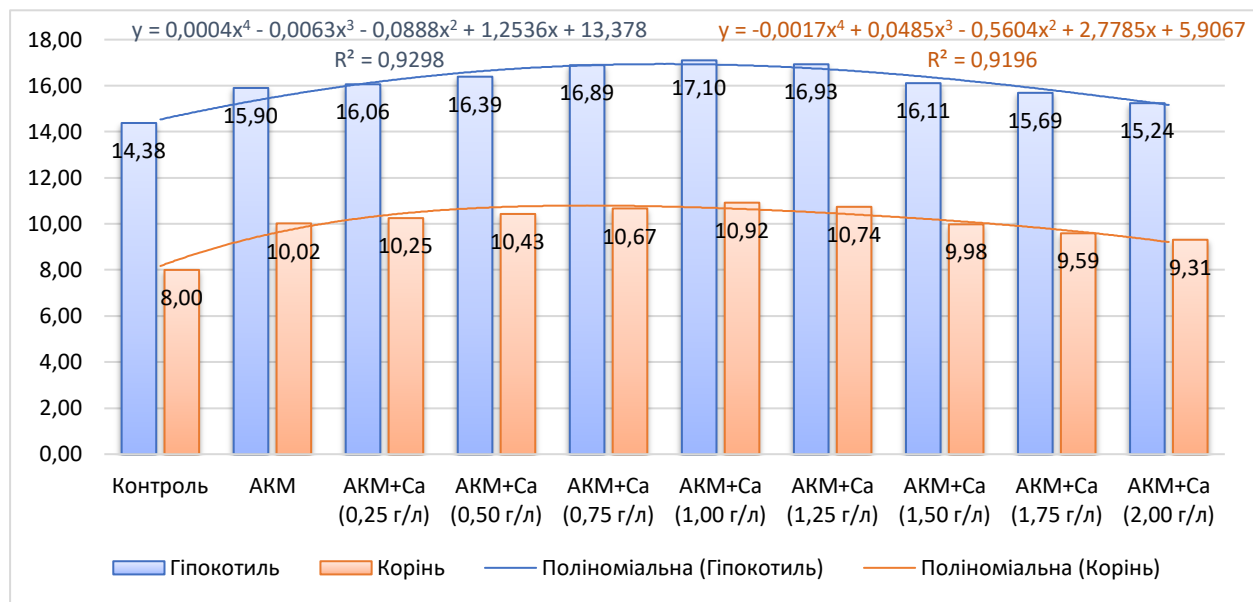


Рисунок 1.2.3. Вміст сухої речовини (%) у проростках соняшнику гібриду *Talento* (апроксимована поліноміальна крива 4-ого ступеня).

При проведенні лабораторного дослідження встановлено, що вміст сухої речовини у гіпокотилі проростків соняшнику був більший, ніж у корені. Використання регулятора росту рослин для передпосівної обробки насіння соняшнику достовірного впливу на вміст сухої речовини у гіпокотилі не мав. Але модифікація АКМ іонами кальцію сприяла кращому накопиченню сухої речовини у гіпокотилі. Так, у варіантах дослідження з концентрацією іонів кальцію 0,5 – 1,25 % спостерігалось достовірне збільшення цього показника у 1,14 – 1,19 рази, порівняно з контролем.

Накопичення сухої речовини у корені було достовірно вищим за контроль в 1,25 – 1,37 рази у всіх варіантах дослідження. Причому, максимальне накопичення сухої речовини спостерігалось у гіпокотилі і корені проростків соняшнику з використанням концентрації іонів кальцію 1,0 г/л. Збільшення концентрації іонів кальцію до 2,0 г/л має тенденцію до зменшення інтенсивності накопичення сухої речовини проростками соняшнику.

Побудування апроксимованої поліноміальної кривої 4-ого ступеня дало можливість встановити сильну функціональну залежність накопичення сухої

речовини гіпокотилем і коренем від впливу передпосівної обробки насіння сояшнику регулятором росту рослин АКМ у поєднанні з іонами кальцію, де $R^2 = 0,92 - 0,93$. Відповідні рівняння наведені на Рисунку 3.

Подібний вплив іонів кальцію на біометричні показники при вирощуванні рослин томату спостерігали (Kinza et al., 2020), де було відмічене наростання свіжої та сухої маси коренів і пагонів розсади, збільшувався індекс стабільності мембран.

(Singh et al., 2020) та (Ashraf et al., 2022) у своїх дослідженнях також зазначають збільшення біомаси проростків сільськогосподарських культур, довжини коренів і пагонів у присутності сполук кальцію на фоні зростання схожості насіння, кращої збереженості каротиноїдів і фенольних сполук, зменшення дегенерації хлорофілу та зменшення інтенсивності окислювальних процесів.

Вчені (Mulaudzi et al., 2020) встановили, що присутність іонів кальцію пом'якшує ефект сольового стресу при проростанні сорго двокольорового. Автори відмічають покращення процесів проростання насіння, ріст коренів і проростків та відмічають ефективність Ca^{2+} у захисті ксилеми від пошкоджень.

При проведенні порівняльної оцінки результатів досліджень встановлений ранжируваний ряд для варіантів досліду (Таблиця 3).

Оптимальним варіантом для передпосівної обробки насіння сояшнику у досліді показав варіант з використанням регулятора росту рослин АКМ у поєднанні з кальцієм у концентрації 1,0 г/л – перший ранг ($\phi(x_1) = 0,80$). До другого і третього рангу відносяться варіанти обробки насіння АКМ+Ca з концентрацією діючої речовини 0,75 і 1,25 г/л, що, відповідно, підтверджується значеннями цільових функцій $\phi(x_2) = 1,56$ і $\phi(x_3) = 1,58$. Насіння сояшнику контрольного варіанту за комплексом показників посівної якості найменш придатне до сівби – десятий ранг.

Отже, передпосівна обробка насіння сояшнику гібриду Talento модифікованим регулятором росту рослин АКМ з концентрацією іонів кальцію 1,0 г/л має кращі показники посівної якості, порівняно з іншими варіантами досліду. Вплив іонів кальцію на процеси проростання насіння безперечний. Але за різних стресових умов вчені зазначають різну оптимальну його концентрацію. Mulaudzi, T. зі співавторами (2020) відмічають, що найбільш ефективним у підвищенні стійкості до сольового стресу сорго двокольорового є екзогенне внесення 5 мМ Ca^{2+} (Mulaudzi et al., 2020). Для пом'якшення негативної дії сольового стресу на рослини сорго зазначають концентрацію 50 мМ CaCl_2 (Chen et al., 2021). Kinza Tanveer зі співавторами (2020) також висвітлюють позитивний вплив внесення хлориду кальцію на проростання і ріст рослин томату за умов засолення. Але при цьому оптимальною концентрацією кальцію є 10 мМ (Kinza et al., 2020).

Таблиця 1.2.6. Результати значень цільових функцій $\phi(x_1) \dots \phi(x_{10})$ при виборі оптимального варіанту передпосівної обробки насіння соняшнику

Альтернативи		Критерии, A _j												Значення цільових функцій, П(x _i)	Ранг
Варіант досліджу		Енерг ія проро станн я (%), A ₂		Схожі сть насінн я (%), A ₂		Довж ина гіпоко тилю (см), A ₃		Довж ина корен я (см), A ₄		Вміст сухої речов ини у гіпоко тилі (%), A ₅		Вміст сухої речов ини у корені (%), A ₆			
		f ₁	Ĥ ₁	f ₂	Ĥ ₂	f ₃	Ĥ ₃	f ₄	Ĥ ₄	f ₅	Ĥ ₅	f ₆	Ĥ ₆		
x ₁	Контроль	93,00	0,30	93,00	0,30	4,11	0,05	7,93	0,07	14,38	0,12	8,00	0,07	5,09	10
x ₂	АКМ	95,00	0,50	94,00	0,40	4,80	0,34	9,85	0,62	15,90	0,53	10,02	0,65	2,96	7
x ₃	АКМ+Ca 0,25 г/л	95,00	0,50	95,00	0,50	4,92	0,39	9,92	0,64	16,06	0,58	10,25	0,71	2,68	6
x ₄	АКМ+Ca 0,50 г/л	97,00	0,70	96,00	0,60	5,27	0,53	10,10	0,7	16,39	0,67	10,43	0,77	2,03	4
x ₅	АКМ+Ca 0,75 г/л	97,00	0,70	97,00	0,70	5,52	0,64	10,36	0,77	16,89	0,80	10,67	0,83	1,56	2
x ₆	АКМ+Ca 1,00 г/л	98,00	0,80	98,00	0,80	6,20	0,92	10,83	0,91	17,10	0,86	10,92	0,91	0,80	1
x ₇	АКМ+Ca 1,25 г/л	96,00	0,60	96,00	0,60	5,83	0,77	10,42	0,79	16,93	0,81	10,74	0,85	1,58	3
x ₈	АКМ+Ca 1,50 г/л	95,00	0,50	95,00	0,50	5,23	0,52	9,75	0,60	16,11	0,59	9,98	0,64	2,65	5
x ₉	АКМ+Ca 1,75 г/л	93,00	0,30	94,00	0,40	4,70	0,30	9,02	0,38	15,69	0,48	9,59	0,52	3,62	8
x ₁₀	АКМ+Ca 2,00 г/л	91,00	0,10	93,00	0,30	4,18	0,08	8,49	0,23	15,24	0,35	9,31	0,44	4,50	9
f _j ⁻		90,00		90,00		3,99		7,69		13,95		7,76			
f _j ⁺		100		100		6,39		11,15		17,61		11,25			
f _j (x ^u)			1		1		1		1		1		1		
f _j ^{onm}		100 (max)		100 (max)		6,39 (max)		11,15 (max)		17,61 (max)		11,25 (max)			

Таким чином, результати досліджень підтверджують дані інших науковців щодо впливу регуляторів росту та іонів кальцію на посівну якість насіння соняшнику. Отримані дані свідчать про перспективність подальшого дослідження впливу модифікованого регулятора росту рослин АКМ+Са у польових умовах де вивчатиметься продуктивність соняшнику та якість

отриманої продукції. Це дозволить забезпечити населення якісною продовольчою продукцією.

ВИСНОВКИ

Інкустація насіння соняшнику регулятором росту АКМ стимулює процеси проростання: збільшуються показники енергії проростання на 2,2 % і схожості на 3,3% відносно контролю. Насичення АКМ іонами кальцію (1,0 г/л) збільшують ці показники на 5,4 % і 7,7 % відповідно. Використання передпосівної обробки насіння активізує початкові етапи органогенезу соняшнику. Застосування препарату АКМ збільшує довжину гіпокотилу на 16,8 %, довжину кореня – на 24,2 % відносно контролю. Додавання до АКМ іонів кальцію (0,75, 1,0 і 1,25 г/л) збільшує довжину гіпокотилу відносно контролю в 1,34 – 1,51 рази, а довжину коренів в 1,31 – 1,37 рази.

Високі концентрації кальцію (2,0 г/л) пригнічують ростові процеси і спричиняють зниження енергії проростання на 4,4 %, зменшують довжину гіпокотилу (на 14,8 %) і довжину кореня (на 16,0 %), порівняно з передпосівною обробкою насіння соняшнику регулятором росту рослин АКМ. Використання регулятора росту рослин модифікованого іонами кальцію (0,5 – 1,25 г/л) сприяє інтенсивному накопиченню сухої речовини гіпокотилу у 1,14 – 1,19 рази і сухої речовини кореня в 1,30 – 1,37 рази відносно контролю.

При побудуванні ранжируваного ряду встановлено, що оптимальним варіантом досліду для передпосівної обробки насіння соняшнику за досліджуваними показниками виявився варіант обробки регулятором росту рослин АКМ з вмістом іонів кальцію 1,0 г/л.

Отже, подальше вивчення дії регулятора росту рослин АКМ у поєднанні з іонами кальцію у польових умовах є доцільним і перспективним для отримання високих врожаїв насіння соняшнику з підвищеними показниками якості.

Література:

[1] Ademola, E., Seršen, B. V., & Norman, W. (2020). Effects of inorganic salt solutions on vigour, viability, oxidative metabolism and germination enzymes in aged cabbage and lettuce seeds. *Plant*, 9, 1164. <https://doi.org/10.3390/plants9091164>

[2] Aqeel, U., Parwez, R., Aftab, T., Khan, M. M. A., & Naeem, M. (2022). Exogenous calcium repairs damage caused by nickel toxicity in fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) by strengthening its antioxidant defense system and other functional attributes. *South African Journal of Botany*, 150, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2022.07.025>

[3] Ashraf, M. A., Rasheed, R., Hussain, I., Hafeez, A., Adrees, M., ur Rehman, M. Z., & Ali, S. (2022). Effect of different seed priming agents on chromium accumulation, oxidative defense, glyoxalase system and mineral nutrition in canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Environmental Pollution*, 309, 119769.

[4] Bourioug, M., Ezzaza, K., Bouabid, R. et al. Influence of hydro - and osmo-priming on sunflower seeds to break dormancy and improve crop performance under

water stress. *Environ Sci Pollut Res* 27, 13215–13226 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07893-3>

[5] Catiempo, R. L., Photchanachai, S., Bayogan, E. R. V., & Wongs-Aree, C. (2021). Impact of hydropriming on germination and seedling establishment of sunflower seeds at elevated temperature. *Plant, Soil & Environment*, 67(9). DOI: 10.17221/163/2021-PSE

[6] Chen, X., Zhang, R., Xing, Y., Jiang, B., Li, B., Xu, X., & Zhou, Y. (2021). The efficacy of different seed priming agents for promoting sorghum germination under salt stress. *PloS one*, 16(1), e0245505. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245505>

[7] Choe, H., Sung, J., Lee, J., & Kim, Y. (2021). Effects of calcium chloride treatment on bioactive compound accumulation and antioxidant capacity in germinated brown rice. *Journal of Cereal Science*, 101, 103294.

[8] Convention on Biological Diversity. (1992, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030#Text.

[9] Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. (1979, June). Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_129#Text.

[10] Derzhavnyy reyestr pestytsydiv i ahrokhimikativ, dozvolenykh do vykorystannya v Ukraini (2023). Ofitsiyniy sait Ministerstvo zakhystu dovkilliya ta pryrodnykh resursiv Ukrainy [Official site of Ministerstvo zakhystu dovkilliya]. <https://mepr.gov.ua/> [in Ukrainian]

[11] Guo, S., Klinkesorn, U., Lorjaroenphon, Y., Ge, Y., & Na Jom, K. (2021). Effects of germinating temperature and time on metabolite profiles of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed. *Food Science & Nutrition*, 9(6), 2810-2822. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1983>

[12] Haj Sghaier, A., Khaeim, H., Tarnawa, Á., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Kende, Z. (2023). Germination and Seedling Development Responses of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds to Temperature and Different Levels of Water Availability. *Agriculture*, 13(3), 608. <https://doi.org/10.3390/agricultural13030608>

[13] Ivanova, I., Serdyuk, M., Malkina, V., Tymoshchuk, T., Shkinder-Barmina, A. Assessment of the Influence of Weather Factors on the Quantitative Indicators of Sweet Cherry Fruits by Ridge Regression. *Scientific Horizons*, 2022, 25(5), 60–73 p. DOI: 10.48077/scihor.25(5).2022.60-73

[14] Kalens'ka, S., Dmytryshak, M., Mokriyenko, V., Antal, T., & Mazurenko, B. (2023). Roslynnytstvo z osnovamy kormovyrobnytstva ta ahrometeorolohiyi. CH. 1 Roslynnytstvo, 611. URI <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/10641>

[15] Karamushka V, Boychenko S, Kuchma T, Zabarna O. Trends in the Environmental Conditions, Climate Change and Human Health in the Southern Region of Ukraine. *Sustainability*. 2022; 14(9):5664. <https://doi.org/10.3390/su14095664>

[16] Kinza Tanveer, Sobia Gilani, Zawar Hussain, Rozina Ishaq, Muhammad Adeel & Noshin Ilyas (2020) Effect of salt stress on tomato plant and the role of calcium, *Journal of Plant Nutrition*, 43:1, 28-35, DOI: 10.1080/01904167.2019.1659324

- [17] Kulyk, G., Trykina, N., & Malakhovska, V. (2022). Formation of productivity of sugar beets when using growth regulator Biolan in Central Ukraine. *Scientific Progress & Innovations*, (1), 55-61. doi.org/10.31210/visnyk2022.01.06
- [18] Lypovy, V., Mazur, O., & Mordvaniuk, M. (2020). Methodology and organization of scientific research in agronomy with the basics of intellectual property. education guide. Vinnytsia: VC VNAU, 2020. 243 p./*Zat. to be printed by the Supreme Administrative Court of VNAU. (Protocol No. 11 dated April 28, 2020).* <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/25585.pdf>
- [19] Matskevych, V., Filipova, L., Oleshko, O. (2022) Physiology and biotechnology of plants. Bila Tserkva: BNAU, 427. <http://rep.btsau.edu.ua/handle/BNAU/9764>
- [20] Mostafa, H., Afify, M.T. Influence of water stress on engineering characteristics and oil content of sunflower seeds. *Sci Rep* 12, 12418 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16271-7>
- [21] Mulaudzi, T., Hendricks, K., Mabiya, T., Muthevhuli, M., Ajayi, R. F., Mayedwa, N., & Iwuoha, E. (2020). Calcium improves germination and growth of Sorghum bicolor seedlings under salt stress. *Plants*, 9(6), 730. <https://doi.org/10.3390/plants9060730>
- [22] *National standard of Ukraine. Seeds of agricultural plants. Methods for seed testing* [National standard of Ukraine]. (2004). DSTU 4138: 2002 from 28st December 2002. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian]. <http://uas.org.ua>
- [23] Palamarchuk, V., Doronin, V., Kolisnyk, O., & Alekseev, O. (2022). Basics of seed science (theory, methodology, practice). Vinnytsia: Druk Printing House, 2022. 392 p. <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/30594.pdf>
- [24] Pichura, V., Potravka, L., Vdovenko, N., Biloshkurenko, O., Strachuk, N., Baysha, K. (2022). Changes in Climate and Bioclimatic Potential in the Steppe Zone of Ukraine. *Journal of Ecological Engineering*, 23(12), 189-202. <https://doi.org/10.12911/22998993/154844>
- [25] Polyakov, O., & Shcherbak, A. (2022). Sunflower productivity under the influence of mineral fertilizers and growth regulators. *Scientific & Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, (33). DOI: 10.36710/IOC-2022-33-11
- [26] Reddy, Kolli Venkateswara and Bara, Bineeta M. and Lavanya, G. Roopa (2023) *Effect of Seed Hardening on Seed Germination and Morphological Parameters in Linseed (Linum usitatissimum L)*. International Journal of Environment and Climate Change, 13 (10). pp. 2874-2881. ISSN 2581-8627. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2023/v13i102953>
- [27] Silveira, N.M., Ribeiro, R.V., Prativiera, P.J.C. *et al.* Germination and initial growth of common bean plants under water deficit as affected by seed treatment with S-nitrosoglutathione and calcium chloride. *Theor. Exp. Plant Physiol.* 32, 49–62 (2020). <https://doi.org/10.1007/s40626-020-00166-x>
- [28] Singh, A., Banerjee, A. & Roychoudhury, A. Seed priming with calcium compounds abrogate fluoride-induced oxidative stress by upregulating defence pathways in an indica rice variety. *Protoplasma* 257, 767–782 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00709-019-01460-5>

[29] Tsylyurik, O., & Ostapchuk, Ya. (2023). Growth regulators in sunflower crops of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian innovations*, (22), 108-117. doi.org/10.32848/agrar.innov.2023.22.18

[30] Vancostenoble, B., Blanchet, N., Langlade, N. B., & Bailly, C. (2022). Maternal drought stress induces abiotic stress tolerance to the progeny at the germination stage in sunflower. *Environmental and Experimental Botany*, 201, 104939. <https://doi.org/10.1016/j.enveexpbot.2022.104939>

[31] Vasylenko, M., Ternovy, Yu., Shvidenko, I., & Dushko, P. (2020). Application of the biological stimulator of plant growth «*Ekosti*» in agricultural production. *Agroecological Journal*, (3), 96-101. doi.org/10.33730/2077-4893.3.2020.211532

[32] Yeremenko O., Pokoptseva L. (2018). Improvement of oilseed crops sowing qualities at the effect of physiologically active antistress substances. *Scientific Horizons*, 1(64), 41–48.

[33] Yeremenko, O., & Onyshchenko, O. (2020). Dynamics of changes in biometric indicators of sunflower plants depending on basic tillage methods and growth regulator in the Southern steppe of Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 4, 93-103. doi.org/10.31210/visnyk2020.04.11.

Список публікацій за розділом 1.2.2.

1. Покопцева Л.А., Онищенко О.В., Гамаюнова В.В., Геркасько Т.В., Зоря М.В. Посівні властивості насіння соняшнику гібриду *Talento* за дії модифікованого регулятору росту рослин. *Наукові горизонти*. Т.27. №8. 2024.

Тема 1.3. Вдосконалення технології вирощування зернобобових культур

Розділ 1.3.1. Формування фотоасиміляційного апарату посівів гороху (*Pisum sativum* L.) за дії біостимуляторів в посушливих умовах Південного Степу України

Керівник теми
Виконавці

М.О. Колесніков
Ю.П. Пащенко
М.В. Капінос
М.Ю. Лихошерст

Бобові культури посідають третє місце у світовому рослинництві після зернових та олійних культур і є важливим джерелом їжі, кормів. Білок бобових культур становить 33% в раціоні людини, а бобові рослини здатні фіксувати атмосферний азот, підвищуючи родючість ґрунту. Україна вирізняється тим, що горох є найбільш поширеною культурою, здатною до формування високих і

стійких врожаїв зерна порівняно з іншими видами зернових бобових культур. В 2018 році посівні площі під горохом становили 431 тис. га. і майже половина з них припадає на зону степу. У певної кількості господарств урожайність його становить 30-50 ц/га.

Горох посівний (*Pisum sativum* L.) виявляє високі вимоги до світла, вологості та ґрунту, тому часто не може повністю реалізувати свій генетичний потенціал продуктивності при несприятливих навколишніх умовах, особливо зони ризикованого землеробства. Абіотичні фактори є основними факторами, що обмежують врожайність культурних рослин та спричиняють до 70% втрат урожаю. Зона Південного Степу України характеризується низкою несприятливих абіотичних факторів, які негативно впливають на ріст та розвиток сільськогосподарських культур і значно зменшують їх продуктивність. Разом з тим, як зазначає Mazur *et al.* (2021) введення в сівозміни такої високобілкової культури як горох сприяє екологізації виробництва та покращує стан агроценозів.

Посуха стала одним з найбільш неконтрольованих і непередбачуваних факторів, який постійно обмежує виробництво сільськогосподарських культур і має негативний вплив на посіви бобових. Дослідження Nadeem *et al.* (2019) показали, що умови посухи знижують появу сходів, фотосинтетичну активність, порушують транспорт фотоасимілятів у бобових культур, також відмічено гальмування ростових процесів на початкових етапах онтогенезу рослин (Kolesnikov *et al.*, 2023).

Біорегулятори відіграють важливу роль у реакції рослин на фактори навколишнього середовища у формуванні стійкості рослин до екстремальних умов. В оглядових роботах Kumar *et al.* (2021) та Dubey *et al.* (2020) показана роль біостимуляторів у механізмах захисту рослин Fabaceae від дії абіотичних стресів, стимуляції ростових процесів, реутилізації елементів живлення, покращенні якості зерна та підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Накопичено багато фактичного матеріалу, що демонструє позитивні результати використання регуляторів росту при вирощуванні сої (Shepilova *et al.*, 2021), гороху (Nebaba, 2023), бобів (Pyda *et al.*, 2021), злакових зернових (Lemishko *et al.*, 2022), які сприяють значному підвищенню активності симбіотичної та асоціативної азотфіксації, збільшенню врожайності. Автори Khan *et al.* (2020) показали, що рослини нуту, оброблені регуляторами росту (саліцилова кислота, путресцин) мали більшу висоту та масу надземної частини рослин, підвищений вміст хлорофілу, білка та цукрів, при цьому збільшувалася врожайність. Автори Onyshchenko *et al.* (2023) повідомляють про вплив регулятору росту антиоксидантного типу на збільшення індексу листової поверхні, накопичення сухої речовини, вмісту хлорофілу в листках, зростання фотосинтетичного потенціалу в посівах соняшнику. В роботі Kolesnikov *et al.* (2019) показано, що передпосівна обробка насіння кукурудзи метілурацилом сприяла польовій схожості, збільшувала індекс площі листя посівів кукурудзи, оптимізувала продуктивність нетто-фототинтез та препарат підвищував урожайність на 16-27%. Khodanitska *et al.* (2019) показали, що застосування трептолеми (комплексу

ауксину, гібереліну, цитокінінових сполук) в період бутонізації *Linum usitatissimum* L. призводить до підвищення врожайності льону олійного за рахунок посилення процесу морфогенезу вегетативних органів з одночасною перебудовою анатомічної будови стебла і листя. Стимулятор сприяв посиленню розвитку фотосинтетичного апарату: утворенню більшої кількості листків, подовженню їх активного функціонування, збільшенню розмірів клітин хлоренхіми та покращенню хлоропластогенезу.

В роботі Pyda *et al.* (2021) досліджено вплив передпосівної обробки насіння біостимуляторами Стимпо, Регоплант на накопичення олії у насінні та вуглеводів в листках бобових культур, активації ростових процесів та формування листкового апарату бобів. В роботах Makogonenko *et al.* (2019) та Tsygankova *et al.* (2021) виявлено, що данні біостимулятори володіли біозахисними властивостями, підсилювали ростові процеси, солерезистентність культур, сприяли значній активізації азотфіксації шляхом утворення більш потужного бобово-ризобіального симбіозу. За результатами Kulyk *et al.* (2020) комплексна передпосівна та позакореневі обробки регуляторами росту Стимпо та Регоплант інтенсифікували ріст і розвиток цукрових буряків, збільшували масу коренеплодів, що забезпечило прибавку врожайності коренеплодів до 6 т/га в умовах центральної частини України. В дослідях із сорго жовтим Karpenko *et al.* (2018) довів, що найбільше підвищення концентрації зелених пігментів (хлорофілів а і b) та збільшення індексу чистої продуктивності фотосинтезу в листках відмічено при застосуванні гербіциду Пік 75 ВГ сумісно з Регоплантом. Проте, Pidlisnyuk *et al.* (2022) не виявив помітного впливу Стимпо і Регоплант на ріст і розвиток *Miscanthus × giganteus* при їх вирощуванні на збіднелих ґрунтах.

Мета дослідження

Метою було з'ясувати особливості впливу біостимуляторів («Стимпо», «Регоплант») на зміни індексу листкової поверхні, чистої продуктивності фотосинтезу та вмісту хлорофілу в посівах *Pisum sativum* L. сорту Оплот в екологічних умовах Південного Степу України.

Об'єкт дослідження: процес формування фотосинтетичного апарату в посівах гороху при використанні біостимуляторів та в умовах зони південного степу України.

Предмет дослідження: індекс листкової поверхні, вміст хлорофілу в листках, чиста продуктивність фотосинтезу.

Матеріали та методи дослідження

На дослідних ділянках висівали горох посівний (*Pisum sativum* L.) середньостиглого сорту Оплот з безлисточковою морфологією. Сорт гороху Оплот був внесений до Реєстру сортів рослин України у 2011 році та рекомендований для культивування у зоні Степу України. Оригінатор – Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Територія Мелітопольського району

характеризується помірно-континентальним кліматом із високими температурними показниками. За даними, отриманими з метеостанції, середньобагаторічна температура повітря регіону становить $9,9^{\circ}\text{C}$. За роки проведення дослідження в період вирощування гороху, середньодобові температури повітря перевищували середньобагаторічні значення. За даними місцевої метеостанції було побудовано клімадіаграми Госсена-Вальтера в модифікації (Cobon *et al.*, 2020), що відображають гідротермічний режим упродовж трьох років досліджень (рис. 1).

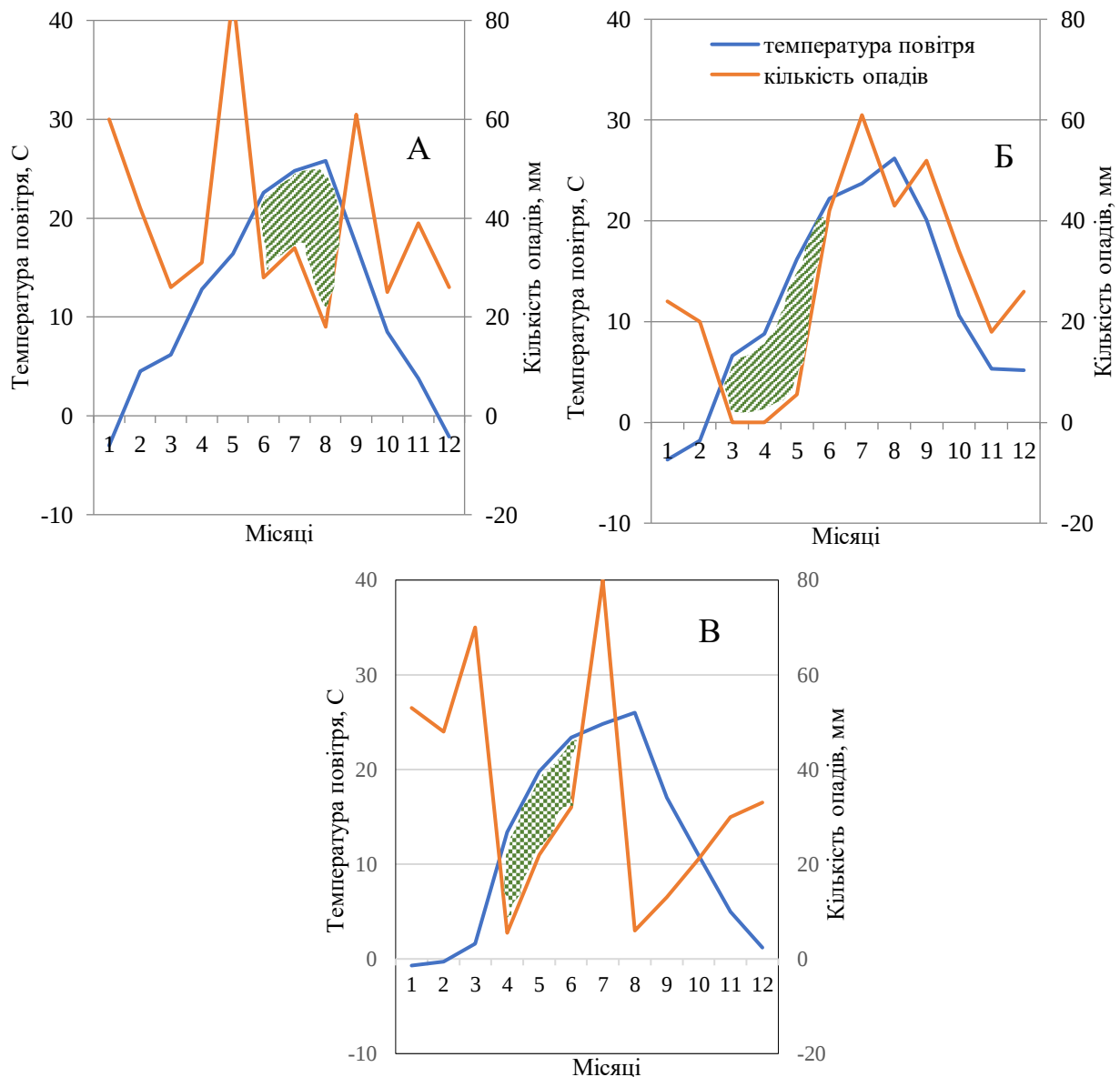


Рисунок 1.3.1. Клімадіаграми Госсена–Вальтера за 2016 рік (А), 2017 р. (Б), 2018 р. (В).

Впродовж трьох років досліджень спостерігали характерний дефіцит опадів на фоні високих температур з низьким гідротермічним потенціалом у весняний або літні періоди. Якщо річна кількість опадів в регіоні за даними багаторічних спостережень становила 475 мм, то за 90 днів вегетаційного періоду вирощування гороху в 2016 р. випало 168 мм, в 2017 році – 48 мм, а в

2018 році – 56 мм. Загалом, весняні кліматичні умови сприяли росту та розвитку ранніх ярих культур, і тому ефективність продукційного процесу протягом років досліджень в основному залежала від наявності ґрунтової вологи, системи утримання ґрунту та інших агротехнічних методів.

Ґрунт дослідних ділянок – південний наносний чорнозем, що характеризувався такими показниками: уміст гумусу (за Тюрнімом) – 2,6%, азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом) – 111,3 мг/кг, рухомих форм фосфор (за Чириковим) – 153,7 мг/кг і обмінного калію (за Чириковим) – 255 мг/кг сухого ґрунту. Реакція ґрунтового розчину була нейтральна (рН водне/сольове 7,0/7,3). Профіль ґрунту не засолений, але був слабосолонцюватим (обмінний натрій 7% від ЄКО). Ґрунт відносився до земель високої якості, був достатньо насичений поживними елементами та мав сприятливі фізико-хімічні та агрофізичні властивості, що робило його придатним для вирощування зернобобових. Однак для отримання високих врожаїв якісної продукції використання регуляторів росту рослин є виправданим.

Біостимулятори Стимпо (Stimpo) та Регоплант (Regoplant) є складними полікомпонентними препаратами, що мають різнобічні властивості, які пояснюються синергетичним ефектом взаємодії компонентів (суміш вуглеводів, полісахаридів, жирних кислот, амінокислот, фітогормонів, мікроелементів) життєдіяльності гриба-мікроміцета *Cylindrocarpon obtusiusculum* 680, який одержується з коренів женьшеню та аверсектинів, які є продуктами метаболізму ґрунтового *Streptomyces avermitilis*. (Ропомаренко *et al.*, 2015). Вивчали вплив біостимуляторів на формування фотоасиміляційного апарату посівів гороху в експериментальних мікроділянкових умовах. Норма висіву - 110 шт/м². Розташовували варіанти в експерименті за систематично із чотирма повтореннями. Схема дослідження включала три варіанти. Насіння гороху контрольної групи (варіант 1) перед посівом обробляли розчином Ліпосам (5 г/л) та позакореневу обробку посівів здійснювали розчином Ліпосам (5 г/л). У варіанті 2 застосовували: передпосівна обробка насіння - Стимпо (25 мл/т) на розчині Ліпосам (5 г/л); позакоренева обробка - Стимпо (20 мл/га) на розчині Ліпосам (5 г/л). Передпосівну обробку насіння гороху варіанту 3 проводили препаратом Регоплант (250 мл/т) на розчині Ліпосам (5 г/л), а позакореневу обробку проводили Регоплант (50 мл/га) на розчині Ліпосам (5 г/л).

Перед посівом насіння експериментальних варіантів обробляли за допомогою методу інкрустації біостимуляторами у концентраціях рекомендованих виробниками, після підсушування висівали протягом доби. Перша листкова обробка посівів гороху виконувалася у фазі сформованих 5-6 прилистків, а друга листкова обробка проводилася на етапі бутонізації до цвітіння. Проби рослинних зразків відбирали протягом вегетаційного періоду рослин гороху у 5 фазах: 12-13 ВВСН, 15-16 ВВСН, 51-55 ВВСН, 61-65 ВВСН, 75-79 ВВСН. Витрати робочого розчину становили 300 л/га під час позакореневих обробітків посівів гороху.

Початок кожної фази росту й розвитку гороху фіксували після її настання у 10% рослин, повну фазу – у 75% рослин та застосовували шкалу ВВСН (Meier,

2018). Наприкінці фази сходів (ВВСН 09) визначали польову схожість насіння гороху. Підраховували кількість проростків на площі 1 м² та розраховували польову схожість по відношенню до кількості висіяного насіння на даній площі, як описано у Yeshchenko *et al.* (2005). Площу листової поверхні рослин гороху визначали гравіметрично методом висічок. Гравіметричний метод співвідносить вагу листя з 10 зразків рослин до ваги висічок листя (D=10 мм). Знаючи площу листових висічок, розраховували площу листової поверхні та визначали індекс листової поверхні (ІЛП) посіву в м² на 1 м² посівної площі.

Вміст загального хлорофілу визначали флуориметричним методом з використанням N-тестера ("Yara", Japan). Точку вимірювання обирали в середині першого розвиненого листка. За результатами 30 випадкових вимірювань, виконаних за звичайною схемою «W» отримували середнє значення та результати представляли в умовних одиницях за методикою Rodriguez & Miller (2000). Чисту продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) обчислювали як відношення наростання маси сухої речовини рослин за певний період часу до напівсуми площ листової поверхні на початку та в кінці періоду. Розрахунок ЧПФ здійснювали за формулою:

$$NPP = \frac{B_2 - B_1}{0.5(S_1 + S_2)n}$$

де, NPP – чиста продуктивність фотосинтезу, г / м² * доба;

B₁ and B₂ – суха маса рослин на початку і наприкінці періоду, г;

(B₂ – B₁) – зростання сухої маси рослин за n кількість діб, г;

S₁ та S₂ – площа листової поверхні на початку та наприкінці періоду, м²;

0,5 (S₁ + S₂) - середня площа листової поверхні за час експерименту;

n – період між двома спостереженнями, доби.

Сушу масу речовини визначали гравіметрично за загальноприйнятими методиками (Ram, 2023). При проведенні статистичного аналізу результатів досліджень визначали середню арифметичну, середню похибку середньої арифметичної (±m), t-критерій Ст'юдента, найменшу істотну різницю (H_{IP0,95}) з рівнем вірогідності 95% (Yeshchenko *et al.*, 2005). Результати були піддані статистичній обробці за допомогою програм Microsoft Office Excel 2013 та «Agrostat».

Результати досліджень

В ході дослідження встановлено, що біостимулятори Стимпо та Регоплант при передпосівній обробці насіння гороху вже в фазі 2-3 прилистків збільшили ІЛП посівів на 12% та 17% відповідно в умовах вегетації за роки дослідження (табл. 1).

Таблиця 1.3.1. Зміна індексу листової поверхні (м²/м²) посівів *Pisum sativum* L. сорту Оплот за дії біостимуляторів

Фази розвитку	Роки	Варіанти			НІР ₀₅
		контроль	Стимпо	Регоплант	
ВВСН 12-13	2016	0,10±0,04	0,16±0,05*	0,18±0,05*	-
	2017	0,21±0,01	0,21±0,01	0,22±0,01	-
	2018	0,19±0,01	0,20±0,01	0,19±0,01	-
	середнє	0,17	0,19	0,20	0,05
ВВСН 15-16	2016	0,39±0,06	0,45±0,05*	0,46±0,07*	-
	2017	0,45±0,01	0,77±0,01*	0,62±0,01*	-
	2018	0,56±0,01	0,83±0,02*	1,03±0,02*	-
	середнє	0,47	0,68	0,70	0,21
ВВСН 51-55	2016	2,01±0,11	2,30±0,12	2,76±0,13*	-
	2017	2,26±0,07	3,27±0,07*	3,05±0,05*	-
	2018	1,21±0,03	1,30±0,03	1,45±0,03*	-
	середнє	1,82	2,29	2,42	0,44
ВВСН 61-65	2016	3,80±0,25	5,70±0,31*	5,20±0,35*	-
	2017	4,16±0,04	6,49±0,09*	5,65±0,10*	-
	2018	2,51±0,08	3,93±0,12*	3,58±0,11*	-
	середнє	3,49	5,37	4,81	0,75
ВВСН 75-79	2016	4,03±0,31	6,10±0,29*	4,95±0,35	-
	2017	5,96±0,04	7,65±0,13*	7,47±0,09*	-
	2018	3,58±0,12	4,78±0,15*	4,20±0,14*	-
	середнє	4,52	6,18	5,54	0,88

Примітка. * - різниця вірогідна порівняно з контролем при $P \leq 0,05$.

Джерело: власна розробка.

Встановлено позитивну дію біостимуляторів на формування листкової поверхні протягом вегетативної фази розвитку рослин гороху. Значення ІЛП посівів гороху зростало на 15% та 18% за дії Стимпо та Регопланту відповідно в умовах 2016 року, на 71% та 38% в умовах 2017 року та на 48% та 84% в умовах 2018 року в фазі ВВСН 15-16. Під час подальшого вегетативного розвитку рослин гороху (фаза ВВСН 15-16) відмічалось вірогідне збільшення ІЛП в 1,45 рази при застосуванні Стимпо та в 1,48 рази при застосуванні Регопланту порівнюючи з контрольними значеннями.

При переході до генеративного етапу розвитку також відмічено активне формування площі листкової поверхні рослин гороху, які були оброблені біостимуляторами на що вказує зростання ІЛП в посівах дослідних варіантів порівняно з контрольними значеннями. Так, в фазі бутонізації ІЛП посівів гороху в середньому збільшився в 1,26 рази під впливом Стимпо і в 1,32 рази під впливом Регопланту. Зафіксовано максимально ефективне збільшення ІЛП посівів гороху при застосуванні Стимпо в 1,54 рази (за три роки спостережень) та при застосуванні Регопланту в 1,38 рази (за три роки спостережень) у фазі цвітіння (ВВСН 61-65). Площа листкової поверхні посівів гороху оброблених

біостимуляторами залишалася вірогідно збільшеною до фази бобоутворення порівняно з контролем.

Вплив біостимуляторів на зміни вмісту загального хлорофілу в прилистках гороху характеризувався певною неоднозначністю. Так, на етапах вегетативного розвитку рослин гороху Стимпо призводив до незначного підвищення вмісту хлорофілу в прилистках, який збільшувався у середньому з 1,6% до 2,7% порівняно з контролем. Проте, за роки дослідження зафіксовано вірогідне зростання вмісту хлорофілу під впливом Стимпо з 4,1% до 10,4% порівняно з контрольними значеннями, починаючи з фази бутонізації (ВВСН 51-55) до фази бобоутворення (ВВСН 75-79) (табл. 2).

Таблиця 1.3.2. Зміни вмісту загального хлорофілу (ум. од.) в прилистках рослин *Pisum sativum* L. сорту Оплот за дії біостимуляторів

Фази розвитку	Роки	Варіанти			НІР ₀₅
		контроль	Стимпо	Регоплант	
ВВСН 12-13	2016	483±4	505±8*	496±7	-
	2017	402±4	415±2*	405±2	-
	2018	560±5	565±5	568±4	-
	середнє	482	495	490	9
ВВСН 15-16	2016	459±6	466±5	480±6*	-
	2017	489±7	502±7	480±3	-
	2018	566±6	570±6	579±7	-
	середнє	505	513	513	9
ВВСН 51-55	2016	549±11	540±10	534±9	-
	2017	489±6	555±8*	562±9*	-
	2018	583±6	590±7	595±8*	-
	середнє	540	562	564	15
ВВСН 61-65	2016	661±9	676±8	679±9	-
	2017	562±4	619±10*	606±10*	-
	2018	610±9	627±9*	623±9*	-
	середнє	611	641	636	18
ВВСН 75-79	2016	368±4	385±3*	374±4	-
	2017	624±11	741±12*	721±11*	-
	2018	650±10	685±9*	693±7*	-
	середнє	547	604	596	24

Примітка. * - різниця вірогідна порівняно з контролем при $P \leq 0,05$.

Джерело: власна розробка.

Біостимулятор Регоплант не проявив істотного впливу на концентрацію хлорофілу в прилистках гороху на етапах вегетативного росту та розвитку рослин. В досліді проведеному у 2016 року не було виявлено статистично значущих змін у рівні хлорофілу під впливом Регопланту також в генеративному періоді росту рослин. У той же час, у дослідженнях 2017 року після

позакореневих обробок посівів Регоплантом зафіксовано збільшення концентрації хлорофілу на 7,8-15,5% від фази бутонізації до фази бобоутворення порівняно з контрольними значеннями. Тотожні результати було отримано і в дослідженнях 2018 року, коли вміст загального хлорофілу вірогідно збільшився на 2,1 – 6,6% під впливом Регопланту в фази бутонізації, цвітіння та бобоутворення.

Встановлено, що досліджені біопрепарати підвищували ефективність фотосинтезу на початкових фазах вегетації гороху через збільшення чистої продуктивності фотосинтезу (табл. 3).

Таблиця 1.3.3. Зміна чистої продуктивності фотосинтезу (г/см²*доба) посівів *Pisum sativum* L. сорту Оплот за використання біостимуляторів

Варіанти		Міжфазні періоди (за ВВСН)			
		12(13) – 15(16)	15(16) – 51(55)	51(55) – 61(65)	61(65) – 75(79)
Контроль	2016	6,5±0,2	8,4±0,4	8,3±0,4	1,6±0,1
	2017	6,4±0,3	8,8±0,4	11,2±0,5	3,8±0,3
	2018	4,6±0,2	12,7±0,6	15,3±0,7	6,3±0,4
	середнє	5,8	10,0	11,6	3,9
Стимпо	2016	5,8±0,3	8,4±0,3	9,4±0,5*	1,7±0,1
	2017	7,3±0,3*	9,2±0,5	12,6±0,8	1,9±0,2*
	2018	5,2±0,3*	12,6±0,7	25,1±0,8*	6,2±0,3
	середнє	6,1	10,1	15,7	3,3
Регоплант	2016	6,9±0,2*	8,5±0,3	9,7±0,4*	3,3±0,2*
	2017	7,5±0,4*	9,3±0,5	13,0±0,7*	2,0±0,3*
	2018	5,4±0,3*	13,9±0,6	19,7±0,8*	8,3±0,4*
	середнє	6,6	10,6	14,1	4,5
НІР ₀₅		0,4	0,6	1,9	0,5

Примітка. * - різниця вірогідна порівняно з контролем при $P \leq 0,05$.

Джерело: власна розробка.

З даних представлених в таблиці 3 видно, що ЧПФ перевищувала на 6,2% (2016 р.), на 17,2% (2017 р.) та на 17,4% (2018 р.) його значення в контрольному варіанті рослин гороху посівного між фазами 2-3 і 5-6 прилистків під впливом біопрепарату Регоплант. Разом з тим, ЧПФ була зниженою на 10,8% в 2016 році при застосуванні Стимпо і достовірно перебільшувала значення ЧПФ в контрольних посівах в 2017 р. на 14,0% і в 2018 р. на 13,0% в періоди вегетативного росту.

Під час наступної онтогенетичної фази бутонізації не відмічено статистично достовірних змін ЧПФ в посівах гороху під впливом біостимуляторів.

В міжфазний період бутонізація - цвітіння гороху ВВСН 51(55) – 61(65), відбулися істотні зміни в показниках ЧПФ між досліджуваними та контрольним варіантами посівів гороху. Протягом зазначеного періоду середні показники

ЧПФ посівів гороху за роки досліджень перевищували контрольні показники в 1,35 рази за дії Стимпо та в 1,22 рази за дії Регопланту.

ЧПФ посівів гороху оброблених біостимулятором Стимпо не перевищувала контрольні значення в період цвітіння – бобоутворення, тоді як за дії біостимулятора Регоплант, середнє значення ЧПФ за роки досліджень перебільшувало на 15,4% цей показник в контрольних посівах гороху.

Отже, при інтенсивних технологіях вирощування гороху, застосування біостимуляторів рослин, отриманих із природної сировини, дозволяє краще формувати листову поверхню посівів, стимулювати фотосинтетичні процеси, ефективно використовувати енергію ФАР та безпосередньо впливати на врожайність культури в зоні Степу України.

Основною перевагою сучасних регуляторів росту рослин, які включають в себе збалансований комплекс метаболічно активних речовин, полягає в їхній здатності спрямовано керувати ключовими процесами росту і розвитку рослин, а також ефективно реалізовувати потенційні можливості конкретного сорту чи гібриду.

Досліджувані органічні біопрепарати, представляють собою регулятори росту рослин третього покоління, вирізняються широким спектром дії та біозахисним ефектом. Механізм дії даних препаратів ґрунтується на синергії продуктів культивування грибів-мікроміцетів та аверсектину, що позитивно впливає на фізіолого-біохімічні показники рослин і збільшує їхню стійкість у випадку стресових впливів (Medkov *et al.*, 2015). Це підтверджується отриманими нами результатами дослідження впливу зазначених біостимуляторів на формування фотоасиміляційного апарату різних сортів гороху посівного в посушливих умовах півдня України (Kolesnikov *et al.*, 2022).

Аналіз клімадіаграм Госсена-Вальтера за роки проведення досліджень показує, що під час вегетаційного періоду гороху спостерігається стійка тенденція до зміни агрокліматичних параметрів у напрямі потепління та зростання посушливості. Суттєвий вплив на продукційний процес гороху посівного і, зокрема, формування фотоасиміляційної поверхні та ефективності її функціонування мають погодні умови: температура навколишнього середовища, кількість і рівномірність випадання опадів, що знаходить підтвердження в роботах низки дослідників (Kolosovskaya, 2019; Vozhegova *et al.*, 2021).

Сучасні методи вирощування сільськогосподарських культур ґрунтуються на концепції формування врожаю як фотосинтезуючої системи та розробляються, враховуючи біологічні особливості конкретної культури. Розміри асиміляційної поверхні посівів безпосередньо впливають на урожайність зернобобових культур та є важливим діагностичним показником.

Наукові дані свідчать, що оптимальна площа листової поверхні рослин сільськогосподарських культур становить 40 тис. м²/га і вона дозволяє забезпечувати максимальну продуктивність посівів. Інші дослідження вказують на те, що для сучасних сортів та гібридів, що вирощуються за інтенсивними технологіями і широко впроваджені до сільськогосподарського виробництва,

оптимальна площа листків знаходиться у діапазоні від 50 до 60 тис. м²/га (Kim & Narimanov, 2021).

Площа листової поверхні посіву гороху за 3 роки досліджень збільшувалася протягом вегетації та ІЛП сягав максимальних значень саме на стадії формування бобів. Саме в цей період відмічено найбільш ефективний вплив біостимулятора Стимпо на збільшення листової поверхні, ніж за дії Регопланту. Позитивний вплив біостимуляторів росту на показник площі листової поверхні посівів гороху підтверджується результатами досліджень К. Nebaba (2020).

Слід зазначити, що зростання ефективності фотосинтезу гібридів сорго зернового при позакореновому застосуванні даних біостимуляторів підтверджено О.С. Titarenko, & L.M. Karpuk (2022). Дія досліджуваних біостимуляторів на накопичення хлорофілу в прилистках гороху була ефективною лише після застосування позакоренових обробок проведених у фазі ВВСН 51-55. Імовірно, на думку N.V. Novytska і O.V. Ponomarenko (2022) покращення симбіотичної азотфіксації за умов застосування біостимуляторів збільшувало ефективне засвоєння азоту, що позитивно впливало на накопичення хлорофілу. Позитивний вплив досліджених біостимуляторів пов'язаний із стимулюючою дією цитокінінів на хлорофілогенез (через посилення синтезу його попередника – протохлорофіліда) та на інтенсивність фотосинтезу і дихання (Dubey *et al.*, 2020; Khan *et al.*, 2020).

Як відомо, не вся площа листової поверхні, що формується в посівах культур, може ефективно використовуватися для синтезу сухої речовини. Це переважно пов'язано з різною ярусністю листків та проблемами, що виникають у забезпеченні ефективного доступу сонячної енергії до них. Хоча оцінка освітленості окремих листків утруднена, зміна показників чистої продуктивності фотосинтезу все ж може служити підставою для деяких припущень.

Продукційний процес сільськогосподарських культур корелює певним чином з фотосинтетичними показниками (Wu *et al.*, 2019). Проте, знаходження кількісного співвідношення між продуктивністю рослин в агроценозах та інтенсивністю фотосинтезу часто ускладнене, оскільки ці аспекти переважно піддані впливу умов оточуючого середовища. Зростання ЧПФ до міжфазного періоду ВВСН 51(55) – 61(65) відмічено в усіх досліджуваних варіантах і змінюється різким зменшенням у міжфазний період ВВСН 61(65) – 75(79) в посівах гороху.

В ході даних спостережень, лише передпосівна обробка насіння біостимуляторами загалом не мала суттєвого впливу на зростання ІЛП, тоді як показники ЧПФ збільшувалися під час вегетативної фази онтогенезу рослин гороху.

Досліджувані біостимулятори покращували параметри нетто-фотосинтезу рослин гороху при застосуванні позакоренових обробок, що підтверджується результатами 3-х річних досліджень та відміченим в інших дослідженнях зростанням ЧПФ (Kulyk *et al.*, 2020; Pyda *et al.*, 2021; Netwal *et al.*, 2022). Слід відмітити, що біостимулятор Регоплант ефективніше сприяв формуванню сухої

біомаси через фотосинтетичну діяльність листкового апарату гороху в порівнянні з Стимпо протягом всього періоду вегетації.

Таким чином, результати досліджень підтверджують дані інших вчених про вплив регуляторів росту на формування фотосинтетичного апарату зернобобових культур та їх ефективність в посушливих умовах півдня України.

ВИСНОВКИ

Результати проведених досліджень свідчать про те, що застосування біостимуляторів Стимпо та Регоплант при вирощуванні гороху посівного є одним з ефективних агрозаходів для підвищення ефективності продукційного процесу через вплив на функціонування фотоасиміляційного апарату.

Отже, на основі отриманих 3-х річних результатів дослідження можна зробити висновок, що застосування біостимуляторів Стимпо (25 мл/т + 20 мл/га) та Регоплант (250 мл/т + 50 мл/га) збільшувало індекс листкової поверхні у різних фазах вегетації гороху сорту Оплот в 1,12-1,54 та 1,18-1,38 рази відповідно та порівняно з контролем.

Біостимулятори Стимпо та Регоплант за умов позакоренових обробок максимально збільшували ЧПФ посівів гороху в 1,35 та 1,22 рази відповідно в міжфазний період бутонізація – цвітіння.

Вплив біостимуляторів на концентрацію загального хлорофілу в прилистках гороху виявився неоднозначним та зазнав варіацій в залежності від років. Вірогідність змін вмісту хлорофілу була відмічена лише після фоліарної обробки посівів біостимуляторами. Так, зафіксовано в середньому за роки спостережень збільшення вмісту хлорофілу за дії біостимуляторів на 4,0% в міжфазний період бутонізація-цвітіння ВВСН 51(55) – 61(65) та за дії Стимпо на 10,4% та Регоплант на 9,0% у міжфазний період бутонізація-бобоутворення ВВСН 61(65) – 75(79).

Література

- [1] Cobon, D. H., Baethgen, W. E., Landman, W., Williams, A., van Garderen, E. A., Johnston, P., ... & Davis, P. (2020). Agroclimatology in grasslands. *Agroclimatology: Linking Agriculture to Climate*, 60, 369-423. doi:10.2134/ACSESS2016.0013.
- [2] Dubey, A., Kumar, A., & Khan, M. L. (2020). Role of biostimulants for enhancing abiotic stress tolerance in Fabaceae plants. *The Plant Family Fabaceae*. Springer, Singapore, pp. 223-236. doi: 10.1007/978-981-15-4752-2_8.
- [3] Karpenko, V. P., & Shutko, S. S. (2018). Chlorophyll content and photosynthetic productivity in soriz while applying of Pik 75 WG herbicide and Regoplant plant growth regulator. *Proceedings of Uman National University of Horticulture*, 93(1), 23-32. doi: 10.31395/2415-8240-2018-93-1-23-32.
- [4] Khan, N, Bano, AMD, & Babar, A. (2020). Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture. *PLoS ONE*, 15(4), 1-32. doi: 10.1371/journal.pone.0231426.

- [5] Khodanitska, O.O., Shevchuk, O.A., Tkachuk, O.O., & Shevchuk, V.V. (2019). Features of the anatomical structure of the autonomic organs and flax oil yield (*Linum usitatissimum* L.) at applications growth stimulants. *Science Rise: Biological Science.*, 4(20), 35-40. [doi:10.15587/2519-8025.2019.188317](https://doi.org/10.15587/2519-8025.2019.188317).
- [6] Kim, V.V., & Narimanov, A.A. (2021). [Influence of different growth stimulators on the formation of a photosynthetic apparatus in vegetable soybean plants](#). *Central Asian Journal of Medical and Natural Science*, 2(6), 125-130.
- [7] Kolesnikov M., Gerasko T., Paschenko Yu., Pokoptseva L., Onyschenko O., Kolesnikova A. (2023). Effect of water deficit on maize seeds (*Zea mays* L.) during germination. *Agronomy Research*, 21(1), 156-174. doi: org/10.15159/AR.23.016.
- [8] Kolesnikov, M., & Pashchenko, Yu. (2022). The production process of peas (*Pisum sativum* L.) under the influence of Ryzohumin and biostimulants in the Southern Steppe of Ukraine. *Agrobiology*, 1, 24-35. doi: 10.33245/2310-9270-2022-171-1-24-35.
- [9] Kolesnikov, M., Pashchenko, Y., Ninova, H., Kapinos, M., & Kolesnikova, A. (2019). Effect of Preparations Methyure (6-Methyl-2-Mercapto-4-Hydroxypyrimidine) on Corn (*Zea mays* L.) Biological Productivity Under Saline Soil Conditions. In V. Nadykto (Eds), *Modern Development Paths of Agricultural Production* (719-728). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-14918-5_70.
- [10] Kolosovskaya, V.V. (2019). [Agroecological features of the formation of pea productivity in conditions of climate change in the forest-steppe zone of Ukraine](#). In I.O. Yasnolob, T.O. Chayki, O.O. Gorba (Eds), *Alternative energy sources in increasing energy efficiency and energy independence of rural areas: collective monograph* (87-94). Poltava: Astraya Publishing House.
- [11] Kulyk, H. A., Reznichenko, V. P., Trykina, N. M., & Malakhovska, V. O. (2020). Efficiency of applying growth regulators at sugar beet cultivation in the Central Ukraine. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 2, 43-49. doi: 10.31210/visnyk2020.02.05.
- [12] Kumar, B. (2021). Plant bio-regulators for enhancing grain yield and quality of legumes: a review. *Agricultural Reviews*, 2(2), 175-182. doi: 10.18805/ag.R-2068.
- [13] Lemishko, S.M., Chernykh, S.A., & Yarchuk, I.I. (2022). Increasing the manifestation of the effect of symbiotic nitrogen fixation of peas and the productivity of crops using growth regulators, preparations of nitrogen-fixing bacteria and organic biostimulators in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. *Agrarian innovations*, 15, 47-52. [doi: 10.32848/agrar.innov.2022.15.7](https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.15.7).
- [14] Makogonenko S.Yu., Baranov V.I., & Terek O.I. (2019). [Influence of Regoplant and Stimpo on content of free amino acids and intensity of lipid peroxidation in *Brassica napus* L. at cultivation on technozem](#). *The bulletin of Kharkiv national agrarian university. Series biology*, 1(46), 47-53.
- [15] Mazur, V., Tkachuk, O., Pantsyreva, H., Kupchuk, I., Mordvaniuk, M., & Chynchyk, O. (2021). Ecological suitability peas (*Pisum Sativum*) varieties to

- climate change in Ukraine. *Agraarteadus. Journal of Agricultural Science*, 2, XXXII, 276–283. doi: 10.15159/jas.21.26.
- [16] Medkov, A. I., Stefanovska, T. R., & Borodai, V. V. (2021). Optimization of the micromycete cultivation process - basics of growth regulators and biotesting their growth-stimulating activity concerning to *Miscanthus giganteus*. *Agrology*, 4(1), 40–46. doi: 10.32819/021005.
- [17] Meier, U., 2018. Growth stages of mono- and dicotyledonous plants: BBCH Monograph. Open Agrar Repository, Quedlinburg. doi: 10.5073/20180906-074619.
- [18] Nadeem, M., Li, J., Yahya, M., Sher, A., Ma, C., Wang, X., & Qiu, L. (2019). Research progress and perspective on drought stress in legumes: A review. *International journal of molecular sciences*, 20(10), 2541. doi: 10.3390/ijms20102541.
- [19] National standard of Ukraine. Soil quality. Indicators of soil fertility: DSTU 4362:2004. Kyiv, Ukraine (2006).
- [20] Nebaba, K. S. (2020). The formation of the photosynthetic apparatus of seed pea depending on technological methods in the conditions of the Western Forest Steppe. *Balanced nature management*, 3, 139-145. doi: 10.33730/2310-4678.3.2020.212616.
- [21] Nebaba K. S. (2023). Influence of mineral fertilizers and growth regulators on the quality of sowing pea grain in the forest-steppe. *Podilian Bulletin: agriculture, engineering, economics*, (38), 99-103. doi: 10.37406/2706-9052-2023-1.14.
- [22] Netwal, M., Choudhary, M.R., Jakhar, R.K., Garhwal, O.P., & Choudhary, G. (2022). Effect of bio-regulators and plant growth promoting bacteria on growth attributes of Indian bean (*Lablab purpureus* L. var. typicus). *International Journal of Horticulture and Food Science*, 4(2), 219-222. doi: 10.33545/26631067.2022.v4.i2c.140.
- [23] Novytska, N. V., & Ponomarenko, O. V. (2022). Photosynthetic parameters of winter pea sowings under the effect of nitrogen fertilization and seed inoculation in the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Papers of the Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet*, 30, 43-53. doi: 10.47414/np.30.2022.270118.
- [24] Onyshchenko, O., Pokoptseva, L., Kolesnikov, M., & Gerasko T. (2023). Photosynthetic activity of sunflower hybrids under growth regulators in the Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 26(6), 58-70. doi: 10.48077/scihor6.2023.58.
- [25] Pidlisnyuk, V., Stefanovska, T., Zhukov, O., Medkov, A., Shapoval, P., Stadnik, V., & Sozanskyi, M. (2022). Impact of plant growth regulators to development of the second generation energy crop *Miscanthus*×*giganteus* produced two years in marginal post-military soil. *Applied Sciences*, 12(2), 881. doi: 10.3390/app12020881.
- [26] Pyda, S.V., Kononchuk, O.B., Tryguba, O.V., & Gurska, O.V. (2021). The effectiveness of Ryzobofit and Ryzohumin microbiological preparations use for beans biometric indicators (*Faba bona Medic*). *Agrobiology*, 1, 115-121. doi: 10.33245/2310-9270-2021-163-1-115-121.

- [27] Ram, H. H. (2023). [Principles of plant breeding](#). New India Publishing Agency. 384 p.
- [28] Rodriguez, I. R., & Miller, G. L. (2000). [Using a chlorophyll meter to determine the chlorophyll concentration, nitrogen concentration, and visual quality of St. Augustinegrass](#). *HortScience*, 35(4), 751-754.
- [29] Shepilova, T. P., Petrenko, D. I., Leshchenko, S. M., & Artemenko, D. Yu. (2021). Formation of soybean productivity depending on sowing time and plant growth regulators. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (4), 30–35. doi: 10.31210/visnyk2021.04.03.
- [30] Titarenko, O.S., & Karpuk, L.M. (2022). Photosynthetic efficiency of sorghum (*Sorghum bicolor*) under the effect of elements of cultivation technology. *Advanced Agritechnologies*, 10(3). doi: 10.47414/na.10.3.2022.287179.
- [31] Tsygankova, V. A., Spivak, S. I., Shysha, O. M., Pastukhova, N. L., Yemets, A. I., & Blume, Y. B. (2021). [The application of biostimulants regoplant and stimpo to increase wheat resistance to salinity conditions](#). *Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv*, 28, 117-122.
- [32] Vozhegova, R.A., Netis, I.T., Onufron, L.I., Sakhatsky, G.I., & Sharata, N.H. (2021). Climate change and aridization of the Southern Steppe of Ukraine. *Agrarian innovations*, 7, 16-20. doi: 10.32848/agrar.innov.2021.7.3.
- [33] Wu, A., Hammer, G. L., Doherty, A., von Caemmerer, S., & Farquhar, G. D. (2019). Quantifying impacts of enhancing photosynthesis on crop yield. *Nature plants*, 5(4), 380-388. doi: 10.1038/s41477-019-0398-8.
- [34] Yeshchenko V.O., Kopytko P.G., Opryshko V.P. (2005). *Fundamentals of scientific research in agronomy*. K.: Action. 288 pp.

Список публікацій за розділом 1.3.1.

1. Kolesnikov, M., Tymoshchuk, T., Moisiienko, V., Vyshnivskyi, P., & Rudenko, Yu. (2024). Formation of the photoassimilation apparatus of pea (*Pisum sativum* L.) crops under biostimulants in arid conditions of the Southern Steppe of Ukraine. *Scientific Horizons*, 27(4), 76-85. doi: 10.48077/scihor4.2024.76.
2. Колесніков М.О., Пащенко Ю.П. Вплив біостимуляторів на формування фотоасиміляційного апарату *Pisum sativum* L. в умовах Південного Степу України. *Органічне виробництво і продовольча безпека. Збірник праць учасників XI Міжнародної науково-практичної конференції*, (23-24 травня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 109-111.
3. Пащенко Ю.П., Колесніков М.О., Білоусова З.В. Формування бобово-різобіального симбіозу гороху посівного за дії комплексних стимуляторів росту. *Органічне виробництво і продовольча безпека. Збірник праць учасників XI Міжнародної науково-практичної конференції*, (23-24 травня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 124-126.
4. Колесніков М.О., Пащенко Ю.П. Врожайність гороху посівного під впливом комплексних стимуляторів росту в умовах Південного Степу України. *Проблеми виробництва і переробки продовольчої сировини та якості і*

безпе́чність харчових продуктів: Збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції, (6-7 червня 2024 року). Житомир: Поліський національний університет. 2024. С. 78-80.

5. Савельєва Н.В., Колесніков М.О., Нежнова Н.Г. Аналіз елементів структури врожаю сортів ячменю ярого при вирощуванні в умовах Південного степу України. [«Наукові пошуки молоді у ХХІ столітті. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві»](#): матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції магістрантів і молодих дослідників, 30 жовтня 2024 року. Біла Церква: БНАУ. С. 31-33.
6. Лихошерст М.Ю., Колесніков М.О. Вплив антистресантів на врожайність сої в умовах Правобережного Лісостепу України. [«Наукові пошуки молоді у ХХІ столітті. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві»](#): матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції магістрантів і молодих дослідників, 30 жовтня 2024 року. Біла Церква: БНАУ. С. 33-35.
7. Колесніков М.О., Лихошерст М.Ю. Досвід підвищення врожайності сої під впливом антистресових препаратів в зоні лісостепу України. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Поліські наукові читання – 2024». (27–29 листопада 2024 р., м. Чернігів).* Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка. 2024. С.
8. Колесніков М.О., Пащенко Ю.П. Вплив препарату на основі токоферолу на врожайність сої в умовах степової зони України. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології в рослинництві». (27–28 листопада 2024 року, м. Харків).* Харків. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. 2024. С.
9. Лихошерст М.Ю., Колесніков М.О. Врожайність сої за дії антистресових препаратів в умовах правобережного лісостепу України. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасні технології в рослинництві». (27–28 листопада 2024 року, м. Харків).* Харків. Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. 2024. С.