

НУБІП України

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

05.10 – КМР. 973 «С» 2022.08.26 001 ПЗ

**ІВАНИЦЬКОГО ЄВГЕНІЯ ПЕТРОВИЧА**

2022 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Агробіологічний факультет  
УДК 631.84:633.11 «324»

**ПОГОДЖЕНО** Декан агробіологічного факультету  
(назва факультету (ННІ))

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ** Завдувач кафедри агрохімії та якості продукції рослинництва ім. О.І. Душечкіна  
(назва кафедри)

Тонха О.Л.  
(підпис) (ІПБ)

Бикін А.В.  
(підпис) (ІПБ)

“ ” 20\_\_ р. “ ” 20\_\_ р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(КОМПЛЕКСНА)

на тему: «Спектрально-фізіологічні дослідження сортових особливостей і ролі прапорцевого листка пшениці озимої»

Спеціальність 201 Агрономія  
(код і назва)

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиробництві  
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми Д.С.-Г.Н., проф. Бикін А.В.  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ІПБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Д.С.-Г.Н., проф. (науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Бикін А.В.  
(ІПБ)

Виконав Іваницький Є.П.  
(підпис) (ІПБ студента)

КИЇВ 2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрохімії та якості продукції  
рослинництва ім. О.І. Духечкіна

професор, д.с.-г.н.

(науковий ступінь, вчене звання) (підпис)

Бикін А.В.

(ПБ)

“ ” 20 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Іваницькому Євгенію Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність:

201 Агрономія

(код і назва)

Освітня програма Агрохімсервіс у прецизійному агровиборництві

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Спектрально-фізіологічні дослідження сортових особливостей і ролі прапорцевого листка пшениці озимої

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ” 20 р. №

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи агрономічні польові та лабораторні дослідження

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Огляд літературних джерел за темою магістерської роботи
2. Дослідити морфолого-фізіологічні параметри основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої;
3. Провести спектральні дослідження параметрів посівів пшениці;
4. Обрахувати економічну ефективність посівів за різних параметрів фотосинтезуючої поверхні.

Дата видачі завдання “ ”

20 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Бикін А.В.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Іваницький Є.П.

(прізвище та ініціали студента)

	<b>Зміст</b>	
┌	Реферат	5
└	ВСТУП	6
	<b>РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ, РОЛЬ ПРАПОРЦЕВОГО ЛИСТКА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА СПЕКТРАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ (огляд літературних джерел)</b>	
┌	1.1 Особливості живлення пшениці озимої на різних етапах онтогенезу	8
└	1.2 Функції і роль прапорцевого листа у формуванні врожаю	11
	1.3 Технологічні ризики підбору сортів пшениці озимої	14
	1.4 Дистанційний моніторинг пшениці озимої	17
┌	<b>РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	24
└	2.1 Погоднo-кліматичні умови проведення досліджень	24
	2.2 Ґрунтові умови проведення досліджень	26
┌	2.3 Технологічні умови проведення досліджень	28
└	2.4 Методика проведення досліджень	30
	<b>РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ</b>	
	3.1 Біометричні показники рослин різних сортів пшениці озимої	37
┌	3.2 Морфолого-фізіологічні параметри основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої	43
└	3.3 Супутниковий моніторинг спектральних параметрів посівів пшениці озимої	48
	3.4 Вміст макроелементів у рослинах пшениці озимої	66
┌	3.5 Урожайність, структура врожаю та якість за різних технологічно-спектральних параметрів сортів пшениці озимої	69
└	3.6 Економічна ефективність вирощування пшениці озимої за різних параметрів синтезуючої поверхні	73
	<b>ВИСНОВКИ</b>	78
┌	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	80
└	<b>ДОДАТКИ</b>	87

## Реферат

Комплексна магістерська кваліфікаційна робота з теми «Спектрально-фізіологічні дослідження сортових особливостей і ролі прапорцевого листка пшениці озимої» виконана на 91 сторінках друкованого тексту, містить 14 таблиць, 33 рисунки, 8 додатків, список літератури включає 62 джерела. Складається зі вступу, 3 розділів та висновків.

За написання підрозділів: 1.3; 1.4; 2.1; 2.3; 3.2; 3.3; 3.6 відповідальний Іваницький Є. П.

За написання підрозділів: 1.1; 1.2; 2.2; 2.4; 3.1; 3.4; 3.5 відповідальна

Чеоуніна Є. Д.

У огляді літературних джерел були представлені особливості живлення пшениці озимої, функції і роль прапорцевого листа, ризики підбору сортів та методи дистанційного моніторингу посівів. У другому розділі наведені дані про умови та методику проведення дослідження. Представлено інформацію про ґрунтові та погодно-кліматичні умови, схему досліду, аналізовано технологію вирощування, вказано вирощувані сорти та варіанти.

В методиці вказані методи проведення досліджень, включаючи лабораторні, польові та спектральні. Третій розділ містить результати експериментальних досліджень і їх аналіз. Викладено біометричні показники рослин різних сортів пшениці озимої, морфолого-фізіологічні параметри основної фотосинтезуючої системи рослин, супутниковий моніторинг спектральних параметрів посівів, вміст макроелементів в рослинному матеріалі, структуру урожайності дослідженої культури і якість зерна, результати лабораторних досліджень. В економічній частині представлений розрахунок економічних показників по варіантах досліджень, сформуований висновок. Наприкінці були сформуовані висновки щодо сортової реакції на умови вирощування, втрати площі прапорцевого листа рослин та спектральних досліджень.

*Ключові слова:* пшениця озима, спектральний аналіз, урожайність, прапорцевий лист, якість врожаю.

## ВСТУП

Актуальність: відомо, що на показники якості зерна пшениці озимої найбільший вплив мають листки верхнього ярусу. Зокрема, вони забезпечують близько половини від загальної маси зернівки асимілюючими речовинами, що утворені фотосинтетичною діяльністю прапорцевого листка. Неухильно, за високого рівня інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, виникає ризик технологічних втрат його площі. Також актуальним питанням є активне впровадження сучасних сортів та забезпечення високого ступеня реалізації їх потенціалу в різних ґрунтово-кліматичних умовах України [20].

параметрів посівів пшениці озимої різних сортів, їх урожайність та показники якості зерна у виробничих умовах.

## Завдання:

1. Встановити за допомогою спектрально-фізіологічних досліджень роль площі прапорцевого листа на якісний склад врожаю пшениці озимої.
2. Дослідити фенотипічні ознаки сучасних сортів, акцентуючи увагу на спектрально-фізіологічній ролі прапорцевого листа.
3. Провести експеримент із імітації технологічних втрат площі листової поверхні прапорцевого листа пшениці озимої.
4. Провести аналіз отриманої врожайності та посівних якостей зерна пшениці.

## Індивідуальні завдання для Іваницького Є. И.:

- дослідити морфолого-фізіологічні параметри основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої;
- провести спектральні дослідження параметрів посівів пшениці;
- обрахувати економічну ефективність посівів за різних параметрів фотосинтезуючої поверхні.

## Індивідуальні завдання для Чебуніної Є. Д.:

• дослідити основні біометричні показники рослин пшениці озимої згідно варіантів дослідів;  
 • провести лабораторні дослідження з визначення вмісту основних елементів живлення у рослинному матеріалі пшениці озимої;

• провести аналіз структури врожаю пшениці озимої, визначити якісні показники зерна.  
 Об'єктом досліджень є інтенсивність перебігу окремих органо-біохімічних процесів в рослинах м'якої озимої пшениці сортів Ахім, Тобак, Мілтон, Роял.

Предмет досліджень: морфо-біометричні характеристики рослин, агрохімічні показники рослинних зразків, структура врожаю і посівна якість зерна пшениці озимої.

Методи: польовий, лабораторний, супутниковий моніторинг, діалектичний метод (спостереження за ростовими процесами рослин при формуванні урожаю); метод гіпотез, метод експерименту, метод аналізу, метод синтезу.

НУБІП України

НУБІП України

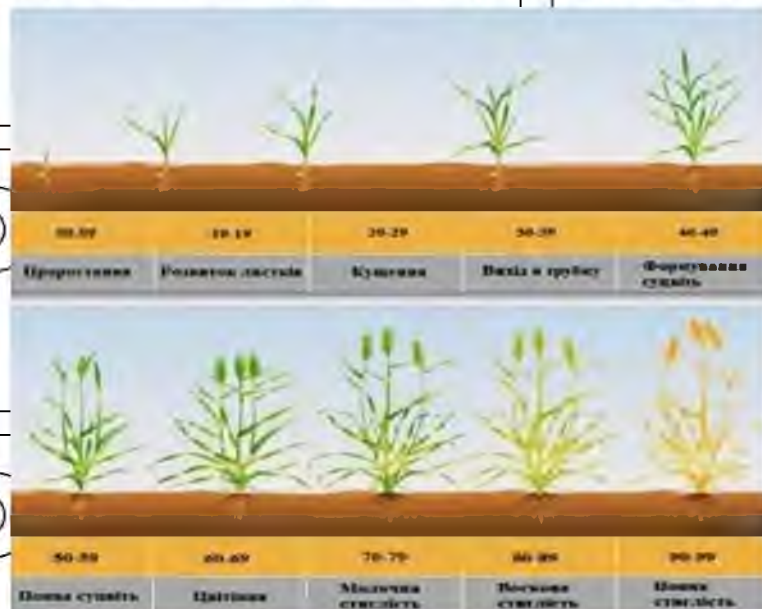
НУБІП України

## РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЖИВЛЕННЯ, РОЛЬ ПРАПОРЦЕВОГО ЛИСТКА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ТА СПЕКТРАЛЬНИ ДОСЛІДЖЕННЯ (обгляд літературних джерел)

### 1.1 Особливості живлення пшениці озимої на різних етапах онтогенезу

Пшениця озима має підвищену вибагливість до умов живлення у розрізі її фізіологічних особливостей. Це пояснюється тим, що мінкувата коренева система має невисоку здатність до засвоєння поживних елементів із важкорозчинних сполук. Коренева система пшениці має в особливостях своєї будови вкорочену зону росту клітин – менше 1 см, але підвищену швидкість росту. Така формація є важливою для подолання ґрунтового опору. Зародкові корені пшениці можуть нагнітати тиск до 8–16 атм /см<sup>2</sup>. Таким чином розгалуження коренів у поєднанні з високою швидкістю їх росту забезпечує безперервне поглинання води та іонів-розчинених поживних речовин.

У розрізі індивідуального розвитку рослин пшениці озимої простежується неодноразова потреба у елементах живлення на різних стадіях



розвитку [11, 22].

Рис. 1.1.1 Шкала ВЗСН росту та розвитку зернових культур

Під час розвитку пшениці озимої виокремлюють два критичні періоди



забезпеченості елементами живлення:

а) поява сходів - завершення осінньої вегетації: у цей період підвищена чутливість до нестачі азоту та фосфору (BVCH 09-29);

б) початок відновлення весняної вегетації - вихід у трубку: наявна гостра чутливість до нестачі азоту (BVCH 29-38)

До фази колосіння (BVCH 50), за даними науковців, пшениця засвоює 70 – 82% азоту, 75 – 85% фосфору і калію від максимальної кількості, в залежності від умов живлення [21].

*Проростання - завершення осінньої вегетації.* Під час осіннього живлення пшениця озима активно нарощує кореневу масу, при цьому помірно споживає елементи живлення з навколишнього середовища, адже користується запасними речовинами зернівки (ендоспермом). Але після проростання первинних рослинних органів (зародкового стебла, листа і корінця), рослини потребують достатнього фосфорного живлення. Це забезпечить активний розвиток кореневої системи, підвищить енергію кущіння та сприятиме продуктивному засвоєнню азоту [28].

Вуглеводний баланс відіграє важливу роль як на перших етапах розвитку пшениці, так і під час всього життєвого циклу рослин пшениці. Калій виконує різноманітні функції, зокрема контролює водний баланс клітин, активізує синтез та накопичення в рослинах вуглеводних сполук, має відношення до імунітету від хвороб різної природи, зокрема сажкових. Також впливає на зимостійкість рослин, що особливо важливо перед завершенням осінньої вегетації. Потреба рослин у калії корелюється із забезпеченням рослин достатньою кількістю води та азоту [20].

Різко негативним для перспективи рішень є внесення підвищених доз азотних добрив в осінній період. При таких умовах коренева система формується переважно у верхніх шарах ґрунту, що призводить до зниження стійкості рослин до несприятливих умов зимового циклу, а також до можливих стресів із вологозабезпеченням під час подальших етапів розвитку [29]. До того ж, це негативно впливає на щільності тканинної структури, в результаті

надмірного накопичення води клітинами [24, 26].

*Відновлення весняної вегетації.* Після відновлення вегетації весною, пшениця озима потребує посиленого азотного живлення для формування потужної вегетативної маси та проходження критичного етапу (ВВСН 29-38).

Додаткове внесення мінеральних добрив є однією із найважливіших операцій в умовах сучасного землеробства, адже його кількість у ґрунті є, у більшості випадків, недостатньою для забезпечення подальшої якісної диференціації колосу [11].

*Кущення-колосіння (ВВСН 20-50).* Під час інтенсивного росту вегетативних органів та диференціації колосу проходить активне засвоєння азотних та фосфорних добрив - до 78% від їх максимально доступної для рослини кількості [11, 23].

Особливе значення на етапі кущення-колосіння має калій - під час процесів створення нових клітин, загальної фотосинтетичної активності, а також транспорту органічних сполук. Калій завдяки своїм властивостям займає ключову позицію у регулюванні градієнту водного потенціалу між кореневою системою та ґрунтовим розчином [24]. Калійна нестача може провокувати амонійне отруєння рослин, в результаті токсичних утворень амінів - дисбалансу білкового синтезу (путресцин та алмантин).

Основну частину доступного фосфору пшениця завоює до початку 50 фази ВВСН (колосіння), щоб забезпечити рослинний організм якісним проходженням ферментативного каталізу, енергетичного обміну, проникністю клітинних мембран та інші важливі метаболістичні процеси [11, 24].

*Цвітіння-дозрівання зерна (ВВСН 60-80).* Споживання азоту пшеницею озимою у більшій мірі припиняється під час фази цвітіння. На цьому етапі онтогенезу, погодні умови та якість азотного живлення мають вагомое значення для остаточного формування колоса: озерненість, крупність, якість хімічного складу і т. д. Рослина активно реутилізує раніше засвоєний азот під час накопичення білкової маси, тому азотний дефіцит під час ранньовесняного етапу обумовлює істотні негативні наслідки та загальне зниження

продуктивності рослин. [11, 26].

На етапі формування зерна поновлюється потреба рослин в азотному живленні, але напрямок використання спрямований на підвищення білкового показника зернин. Але цей процес можливий лише при умові збалансованого живлення і відсутності тривалої дії негативних чинників різного походження [41, 49]. За час проходження 85-89 фаз ВВСН надходження елементів живлення із зовнішнього середовища до рослин повністю призупиняється. В цей час у зерні пшениці озимої відбуваються біохімічні перетворення органічних сполук [24, 41].

Отже, можна зробити висновок, що рослини пшениці озимої мають неоднакову потребу щодо елементів живлення на різних стадіях онтогенезу. Це обумовлюється різною потребою у поживних елементах для сортів різного типу та потенціалу, а також зміною активності перебігу певних фізіологічних процесів під час росту і розвитку рослин.

## 1.2 Функції і роль прапорцевого листка у формуванні врожаю

За даними HGCA (The wheat growth guide, 2008), прапорцевий листок займає 20% від площі рослини озимої пшениці і 30-40% від площі у період наливання зерна [10, 47]. За рахунок своєї асиміляційної площі, форми та розміщення, він на 45% відповідає за майбутній врожай.

Прапорцевий листок з'являється на 37 стадії ВВСН (згорнутий вигляд). Втрата цього листка у період формування колосу обумовлює втрати врожаю та зниження якості зерна.

Базові складові, які визначають рівень врожаю зерна:

- а) кількість продуктивних стебел на одиницю площі ( $m^2$ );
- б) кількість колосків і зернин у колосі;
- в) маса 1000 насінин (натура зерна).

На рис. 1.2.1 схематично зображені шляхи надходження асимілянтів до



колоса після цвітіння в період формування зернівок.

Рис. 1.2.1 Синтез і розподіл асимілянтів у рослинах пшениці під час репродуктивного періоду

У прапорцевому та підпрапорцевому листках, а також у колосі синтезуються запасні речовини, які потім транспортуються і накопичуються в ендоспермі зернівок. Не відбувається після завершення етапу колосіння.

Ефективність перебігу цього фізіологічного процесу безпосередньо впливає на формування маси 1000 насінин [35]. Близько половини (45%) від загальної маси зерна забезпечують пластичні речовини, що утворились у прапорцевому листку (рис. 1.2.2). Тоді як підпрапорцевий, третій і четвертий листки залучені до формування зернини на 35%, а решта з асимілянтів синтезується в колосі. Процес утворення і формування зернівок особливо активно проходить у перші тижні після цвітіння. Приблизно в період з 10 по 25 день після цвітіння утворюється і надходить до зернівки понад 50% органічних речовин.



Рис. 1.2.2. Основні джерела надходження асимілянтів до зернівки та їх частка у формуванні врожаю пшениці

Саме тому необхідно приділяти особливу увагу до збереження прапорцевого листка протягом періоду вегетації якнайдовше для максимального використання асиміляційної площі листків та збільшення надходження пластичних речовин до зернівки озимої пшениці. Збалансоване живлення, як один з основних чинників сталого розвитку рослин пшениці озимої, а отже високого рівня врожайності, також має безпосередній вплив на збереження площі прапорцевого листа [35].

Шляхи втрат прапорцевого листка можуть бути різноманітні: від пошкоджень в результаті діяльності збудників хвороб та шкідників, до некоректного застосування добрив та засобів захисту рослин, що спричиняють опіки та механічні пошкодження.

Найчастіше збереження прапорцевого листка розглядають із точки зору забезпечення його від різноманітних хвороб (рис. 1.2.3). Особливу увагу приділяють тим, що мають швидку динаміку поширення, такі як: септоріоз, іржа, піренопороз, борошниста роса і т. ін. Адже хвороби уражують листову тканину і чим більший ступінь ураження, тим гірший наслідок для майбутнього

урожаю. Тому дуже важливо проводити моніторинг посівів, вчасно виявляти ураження прапорцевого листка збудниками хвороб і приймати правильні, своєчасні рішення.



Рис. 1.2.3 Основні хвороби листя пшениці озимої, що можуть бути причиною передчасної втрати прапорцевого листа.

### 1.3 Технологічні ризики підбору сортів пшениці озимої

У ході складання технології вирощування пшениці озимої фундаментальним чинником є підбір сортів. Для цього необхідно враховувати конкретні ґрунтово-кліматичні умови господарства, попередників за 2-3 роки, строки сівби, рівень технологічного забезпечення та інші можливості господарства, особливості та характеристики сортів, досвід вирощування бажаних сортів у сусідніх господарствах, тенденції на ринку продажу зерна

тощо. Звичайно, на врожайність озимої пшениці вагомий вплив мають погодні умови, яких людина ще не навчилася регулювати, але прямим обов'язком аграріїв є формування майбутнього врожаю навіть за несприятливих умов [34].

Вплив вибору сорту на врожайність оцінюється, за різними даними, від 20-30% до 50%. Сорти відрізняються за реакцією на окремі елементи технології вирощування, стійкістю до несприятливих факторів, потенціалом врожайності, строками дозрівання та іншими характеристиками.

При виборі сорту варто враховувати найбільш суттєві чинники продуктивності, що можуть стати вирішальними для умов конкретної місцевості. За для отримання гарантованого та стабільного врожаю слід висівати сорти, що пройшли оцінку в умовах певного регіону та за відомого рівня агротехніки. [29]

За генетичним потенціалом (максимальним рівнем врожайності) та вимогами до умов вирощування (ступеня пристосованості до ґрунтово-кліматичних умов і технологій вирощування) сорти озимої пшениці поділяють на групи:

- Інтенсивні – мають дуже високий потенціал врожайності, потребують високих агрофонів (попередники, ґрунти, живлення, захист), на яких здатні розкрити свій потенціал в повній мірі;

- Проміжні (універсальні) – більш стійкі до несприятливих умов вирощування, мають кращі адаптивні властивості, можуть забезпечувати високий врожай за несприятливих умов. Ці сорти також добре реагують на високі агрофони.

- Пластичні (адаптивні) – мають високу агроекологічну пластичність, високу адаптивність, добру регенераційну здатність навесні. Побідні сорти, у екстремальних умовах перевищують інтенсивні та проміжні сорти за врожайністю. [33]

Важливо розуміти наявний рівень агротехнології у господарстві, для розуміння можливості реалізувати вимоги сортів. Агротехнології поділяють на:

- Екстенсивні;

# НУВБІП УКРАЇНИ

- Нормальні;
- Інтенсивні;
- Високоінтенсивні.

Крім того, в кожному господарстві варто вирощувати сорти різної групи стиглості. При використанні сортів різних за строками дозрівання, кожен із них збирають у різні строки (в міру дозрівання), краще і ефективніше використовується збиральна техніка, зменшуються втрати врожаю, покращуються логістичні умови. Ранньостиглі сорти, як правило, встигають сформувати врожай до настання суховіїв та посухи. Хоча в окремі роки, з посушливою весною, ранньостиглі сорти можуть постраждати більше, а опади, які випадуть пізніше, посприятимуть підвищенню врожайності середньо- та пізньостиглих сортів. Саме тому, в господарствах доцільно висівати 3-4 сорти різних груп стиглості. [22]

Сорти озимої пшениці необхідно підбирати не тільки за величиною врожайності, а й за якістю зерна. Залежно від показників якості зерна (ДСТУ 3768-2010) м'яку пшеницю поділяють на шість класів:

- класи 1-3 – група А;
- класи 4-5 – група Б;
- клас 6

М'яку пшеницю групи А використовують для продовольчих (переважно в борошномельній та хлібопекарській галузях) потреб та експорту. Пшеницю групи Б і 6-го класу використовують у продовольчих та непродовольчих потребах та для експорту. [17]

Крім вищеперерахованих критеріїв при виборі сорту озимої пшениці необхідно враховувати:

- якість насіння;
- стійкість до вилягання, посухи або надмірного зволоження;
- стійкість до осипання та проростання в колосі;
- остистість колосу;



- оптимальні строки сівби;
- вибагливість до ґрунтів та обробітку ґрунту;
- рекомендовану густоту стояння;
- стійкість до хвороб.

Отже, для конкретних технологій і умов вирощування необхідно підбирати конкретні сорти, які найбільше пристосовані саме для таких умов. Спадковий рівень інтенсивності сорту і відповідність технологій вирощування – основна умова ефективного використання генетичного потенціалу сорту. [15]

#### 1.4 Дистанційний моніторинг як інструмент точного землеробства

Нещодавно, єдиним способом отримання даних про стан культур був безпосередній вихід людини в поле, з метою подальшого проведення наземних

спостережень. Але останні кілька десятиліть характеризувалися динамічним

розвитком технологій в сферах машино-, літакобудування, автоматизації,

робототехніки, тощо. Було розроблено та застосовано до роботи: супутники,

пілотовані літаки, БПЛА, наземні датчики. Розробка та застосування таких

апаратів мали високий рівень інноваційної у науковій сфері. Деякі країни

вклали велику кількість коштів у ці проекти, а більшість з них мали гриф –

«секретно». Навіть зараз надсекретні програми у провідних країн світу

включають розробку потужних БПЛА, супутників, нових ефективних сенсорів,

мікросхем, тощо. Відомо, що такі системи в першу чергу мають застосування у

оборонному секторі та покликані підтримувати захисну здатність країни, її

імідж на світовій арені. Не рідко виникають протистояння між країнами

«Великої сімки» у цій сфері. Для потреб сільського господарства такі технології

забезпечили отримання нових типів даних, спрямованих на модернізацію

аграрних практик підприємств і їх перехід на нову технологічну сходинку.

Кожен з перерахованих джерел отримання даних має як переваги, так і

недоліки по відношенню до конкретної проблеми агровиробництва [40, 52].

«Системи дистанційного моніторингу – пристрої, які можуть визначати

стан рослин на певній відстані. Їх унікальність полягає у здатності надавати

інформацію про наявний стан рослин безпосередньо в полі. Результатом є базові дані для технологій точного землеробства. Відкритим пиғанням залишається достовірність, доступність та ефективність результатів. Під ефективністю розуміють можливість їх використання для прийняття конкретних рішень. Доступність даних характеризується їх наявністю в потрібному місці в запланований час, простотою сприйняття (потрібний формат даних), з прийнятною вартістю. Достовірність – мають відповідати наявному стану посівів в певний час. Задовольняючи всі критерії, такі дані мають високу цінність» [2, 34].

Види моніторингу:

- *Візит спеціаліста у поле.* Ефективність такого моніторингу найвища, за рахунок застосування індивідуального досвіду спеціаліста у сфері

діагностики стану посівів у виробничих умовах. Але доступність такого методу мінімальна, що обумовлюється фізичними обмеженнями спеціаліста в оцінці великого масиву даних.

- *Наземні датчики.* Здатні надавати більш точні вимірювання за певними показниками як вологість, температура, кислотність ґрунту тощо.

Характеризуються меншою працездатністю ніж людина, за рахунок спеціалізації у вузькому спектрі. Доступність датчиків вища, адже вони можуть розташовуватися у великих кількостях по полю і надавати дані цілодобово. Вагомими обмеженнями застосування великої кількості приладів слугують ряд організаційних, економічних, а також фізичних причин. У останньому випадку із застосуванням сільськогосподарської техніки.

- *Дистанційні сенсори (супутники, авіація, БПЛА).* Дозволяють виконувати цілісний моніторинг поля, з максимальною деталізацією та ефективністю.

Такі системи працюють за принципом вимірювання кількості поглинутого світла рослинним покривом. Отримані дані використовуються для визначення якісного складу пігментів рослини, а відхилення можна вважати проявом певного виду стресу, викликаного

технологією чи природними факторами. Нерідко виникають неприйнятні похибки, що пояснюються складністю вимірювань. Помилки в даних зумовлюють помилкову діагностику і прийняття невірних рішень.

Обмежуючий фактор цих технологій – розподільча здатність знімків, обумовлена відстанню між сенсором і об'єктом. В залежності від висоти розташування розподільна здатність зростає: від супутника до БПЛА.

Останні можуть вимірювати розміри та форми окремих рослин, наприклад для уточнення даних поширення шкідника чи хвороби. [2]

*Вегетаційні індекси для моніторингу агроценозів.* На сьогодні,

вегетаційні індекси для супутникових платформ є найпоширенішими, що пояснюється їх використанням впродовж останніх десятиліть. Розробники вегетаційних індексів висунули 2 принципових припущення:

- стан рослин можливо визначити за рахунок спектральних показників;

- полий ґрунт на знімку здатен формувати лінію у спектральному просторі із лінійним характером залежності. Так звана «ґрунтова лінія».

Ґрунтова лінія – це гіпотетична лінія спектрального простору, що описує варіацію спектра пустого ґрунту на знімку. Встановлюється шляхом визначення 2 чи більше параметрів відкритого ґрунту на знімку, що мають різницю у відображенні із оптимальною лінією у спектральному просторі [2, 35, 36].

Для визначення RED-NIR ґрунтової лінії створюють графік залежності ІЧ та червоного каналів. Пряма, яка найточніше описує графік – і є «ґрунтова лінія». В трикутній області спектрального простору RED-NIR, для вищої точки трикутника, яка знаходиться в області низького відображення у червоній зоні спектра та високого відбиття в ближньому інфрачервоному, відповідає зонам з густим рослинним покривом, а пласка частина трикутника – пустого ґрунту [2].

Існують 2 кардинально різні підходи по направленню ліній однотипного масиву рослинності (ізо вегетаційних ліній):

- ізо вегетаційні лінії збігаються в одній точці. Похідні з цього припущення індекси вимірюють нахил ліній між точкою RED-NIR і точкою

конвергенції для побудови піксельного зображення. Приклади індексів: SAVI, NDVI тощо.

ізо вегетаційні лінії проходять паралельно «лінії ґрунту». Такі індекси вимірюють відстань від точки RED-NIR до ГЛ. Приклади: WdVI, PVI, DVI.

Розглянемо принцип роботи індексів на прикладі відомого широкому загалу вегетаційного індексу NDVI, що вимірює нахил ГЛ. Його застосовують для кількісної оцінки рослинного покриття, щільність покриття якого має бути більше ніж 30%. Індекс надає дані про фізіологічний стан рослин за вмістом хлорофілу і зволоженості. Фактично вказує на кількість фотосинтетично активної біомаси. Обчислюють за формулою:

$$NDVI = (NIR - \text{червоний}) / (NIR + \text{червоний})$$

де NIR – ближнє інфрачервоне світло;

Red – видиме червоне світло.

Індекс розраховують по двох найстабільніших ділянках спектральної кривої. Чим більша густина посівів, а отже фотосинтетична активність, тим більше відбиття в інфрачервоній і менше у червоній областях спектру (рис.

1.4.1). Отримані показники дозволяють аналізувати стан та відокремлювати рослини від інших об'єктів [50].

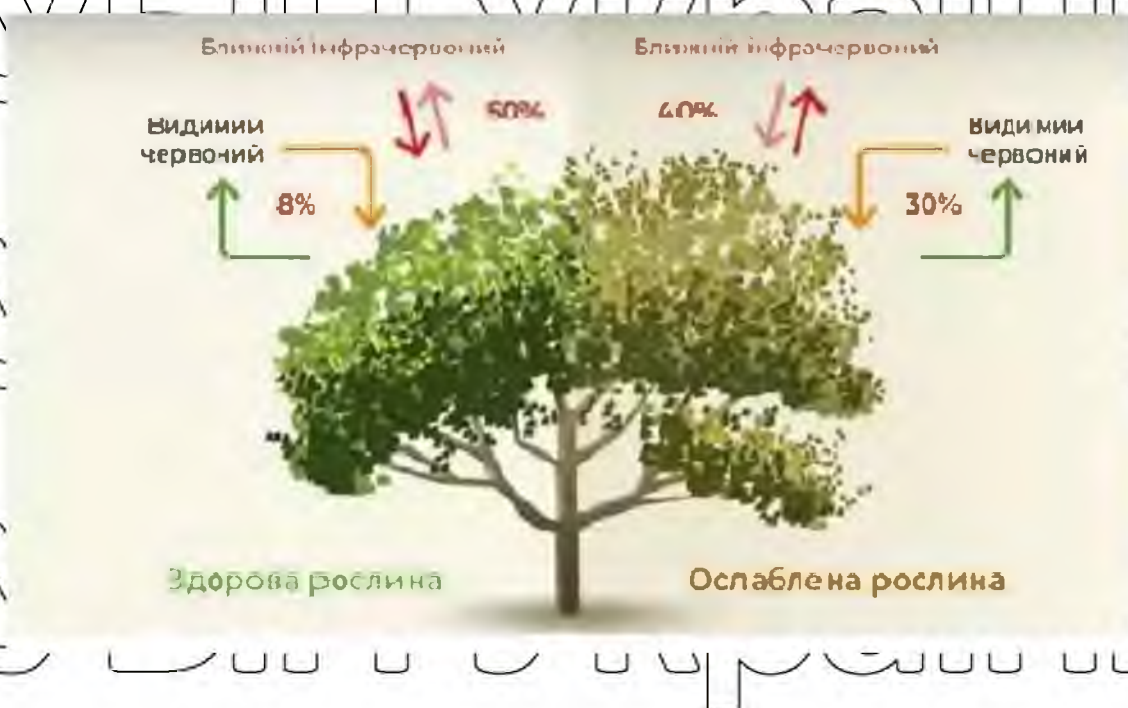


Рисунок 1.4.1. Механізм роботи індексу NDVI.

У цифровому вигляді відображення індексу здійснюється за допомогою дискретної шкали діапазоном від -1 до 1 а також масштабованні – від 0 до 255. Негативні значення мають водні поверхні, гори, будови, хмари і сніг; для ґрунтів та сухої рослинності – близько 0, або 0,1, 0,2. Для рослин – це завжди позитивні значення 0,2 – 1. Показник здорової, густої рослинності має бути вище 0,5; для розрідженої – цифра коливатиметься в межах 0,2 – 0,5 (рис. 1.4.2) [2, 50].

Однак, такий розрахунок лише наближений до реальних умов. Завжди слід брати до уваги конкретний сезон, культуру та технологічні особливості, щоб точно розуміти, що означають отримані дані. Процес аналізу стану посівів за індексами потребує певних навичок спеціаліста цієї галузі. Рівень достовірності наведених висновків по конкретній ситуації на полі зростає з



Рис. 1.4.2. Відображення стану рослин за дискретною шкалою

NDVI може бути розрахований на основі знімків, які включають спектральні канали в інфрачервоному і червоному діапазонах. Застосовується для спостережень за станом посівів впродовж вегетації [2, 47, 50].

З моменту створення алгоритму NDVI і до сьогодні, з'явилося багато модифікацій з мінімізацією негативних чинників. Зменшення впливу атмосфери - ARVI, стійкий до відбиття від ґрунтового шару – SAVI і його модифікації. Серед перпендикулярних індексів відомі – PVI, WDI (чутливі до впливу атмосфери) [2].

Також на ринку послуг на сервісах з дистанційного моніторингу доступні такі індекси як:

$$\text{ReCI} (\text{ReCI} = (\text{NIR}/\text{RED}) - 1)$$

Відображає фотосинтетичну активність вегетативного покриву, корисний на стадії активного розвитку рослинності.

$$\text{NDRE} (\text{NDRE} = (\text{NIR} - \text{RED EDGE}) / (\text{NIR} + \text{RED EDGE}))$$

Для моніторингу посівів на стадії дозрівання. Рекомендується комбінувати NDRE та NDVI.

$$\text{GNDVI} (\text{GNDVI} = (\text{NIR} - \text{GREEN}) / (\text{NIR} + \text{GREEN}))$$

Точніший, ніж NDVI. Використовують для моніторингу рослинності з густим покривом чи на стадії дозрівання.

$$\text{EVI} (\text{EVI} = 2.5 * ((\text{NIR} - \text{RED}) / ((\text{NIR} + (\text{C1} * \text{RED}) - (\text{C2} * \text{BLUE}) + \text{L})))$$

Створений для коригування результатів NDVI з урахуванням фонових та атмосферних шумів, особливо в районах з густою рослинністю.

$$\text{VARI} (\text{VARI} = (\text{GREEN} - \text{RED}) / (\text{GREEN} + \text{RED} - \text{BLUE}))$$

Використовується для оцінки стану рослинності в умовах різної товщини атмосфери (похибка менше 10%).

$$\text{LAI} (\text{LAI} = \text{площа листя (M2)} / \text{площа землі (M2)})$$

Для аналізу стану культур у якості вступного параметра для моделі прогнозування продуктивності.

$$\text{SIPI} (\text{SIPI} = (\text{NIR} - \text{BLUE}) / (\text{NIR} - \text{RED}))$$

Для моніторингу стану рослин на території з великою варіабельністю вегетаційної структури або в поєднанні з ЦАІ для виявлення ранніх ознак захворювань сільськогосподарських культур та інших факторів стресу [47,50].

*Вплив ґрунту на вегетаційні індекси.* Беручи до уваги всю різноманітність вегетаційних індексів, при роботі на масивах з розрідженим рослинним покривом впливають певні недоліки їх застосування. Що пояснюється залежністю спектру знімка від ґрунту, спектральні показники якого залежать від умов навколишнього середовища: в першу чергу рівня зволоження. Ґрунт як фон сильно впливає на індекси: чим яскравіше – значення індексу менше і навпаки. Ускладнюючим фактором є присутність на одному полі різних підтипів ґрунту. Фонові матеріали як каміння, ґрунт, рослинні рештки тощо, варіюють в ближньому інфрачервоному діапазоні, що істотно змінює показники вегетаційних індексів. Для вирішення проблеми застосовують аналіз різних спектральних каналів [2].

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1 Погодно-кліматичні умови проведення досліджень

Відомо, що сільське господарство вагомо залежить від змін клімату, а результатом впливу є зменшення продуктивності сільськогосподарських культур. Що візуально помітно через зміщення природних зон. За підвищення температури на 1 °С природні зони зміщуються близько на 160 км. За останні 100 років температура зросла на 0,8 °С, тож зміщення природних зон вже інтенсивно відбувається в Україні [31].

Загалом погодні умови періоду вирощування пшениці озимої (2021-2022рр.) зберігали основні тенденції останніх десятиліть: затяжна осінь з невеликою кількістю опадів, відносно м'якою зимою без стійкого снігового покриву. Весняний період відрізнявся невисокими температурами і наявністю опадів. Початок літо був прохолодним, дощовим. Це відображено відповідними даними у табл. 2.1.1 та рис. 2.1.1, 2.1.2.

Таблиця 2.1.1

Розподіл температури, опадів на території проведення досліджень, 2022 р.

Місяць	Температура повітря, °С			Сума опадів, мм
	середня	максимальна	мінімальна	
Вересень	12,4	23,2	0,5	78,0
Серпень	22,2	35,2	12,9	45,4
Липень	20,66	36,2	10,1	67,0
Червень	21,5	37,0	9,4	44,4
Травень	14,5	30,2	0,5	28,8
Квітень	8,1	22,2	-3,2	53,6
Березень	2,1	19,6	-10,1	5,8
Лютий	1,5	10,7	-11,4	8,4
Січень	-1,5	10,1	-18,1	29,2



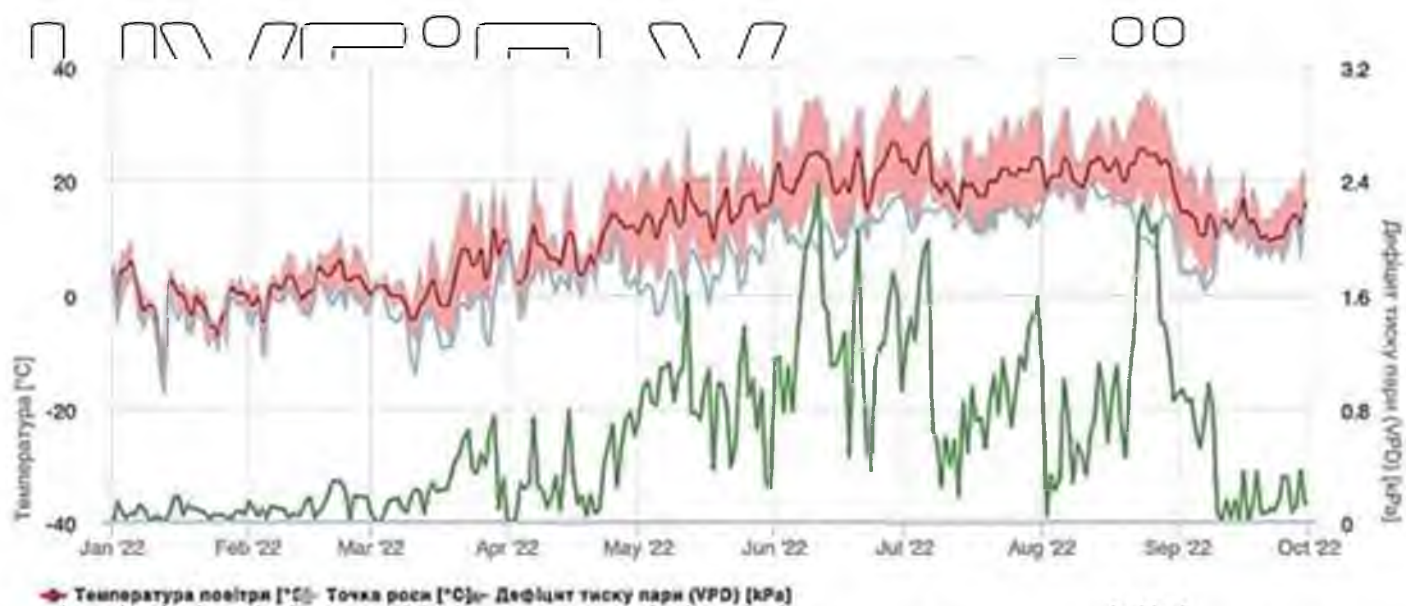


Рис. 2.1.1 Графік розподілу температури по місяцях, с. Городище, Київська обл., 2022 р.

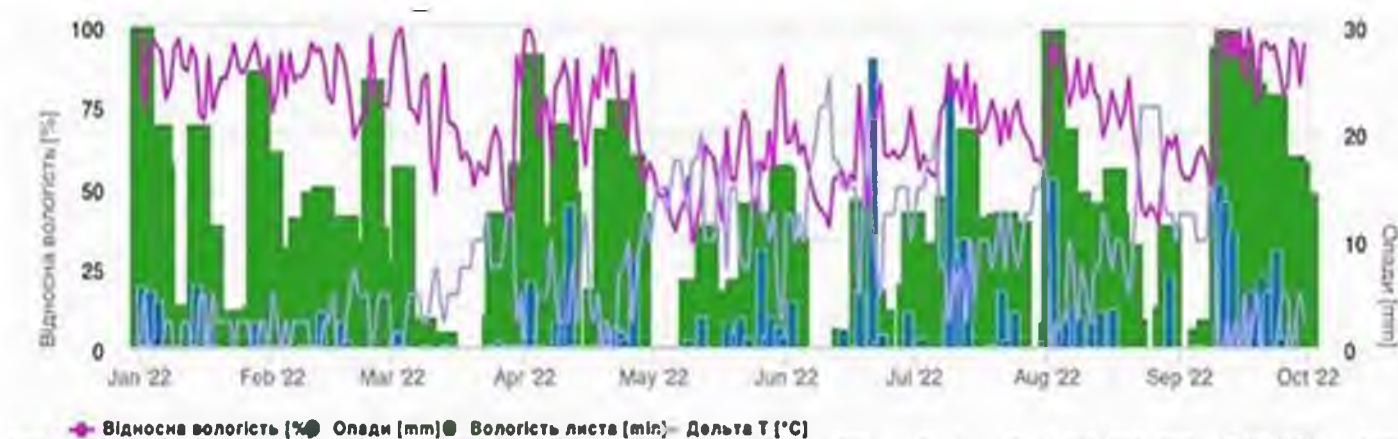


Рис. 2.1.2 Графік розподілу опадів по місяцях на території землекористування ТОВ «Біотех ЛТД», 2022 р.

**Висновок:** в цілому ж погодні умови території проведення досліджень цілком задовольняють потреби пшениці озимої у забезпеченні сонячної активністю, температурою та вологою. Тенденції зміни клімату зумовлюють різкі температурні стрибки, посушливі періоди, короткочасні зливи з випаданням місячних норм опадів, відсутність снігового покриву переважний час тощо. Часто традиційні строки проведення технологічних операцій зазнають змін через погодні умови. Погодні умови періоду вегетації пшениці

відрізнялися високою вологістю повітря навесні і влітку, значними опадами та помірною температурою.

## 2.2 Ґрунтові умови проведення досліджень

Виробничий дослід закладено на темно-сірому опідзоленому ґрунті. За структурним формуванням ґрунт має середню водостійкість агрегатів та схильність до заплывання та утворення кірки. Реакція ґрунтового розчину в гумусово-елювіальному горизонті наближена до нейтральної. Органічну вміст органічної речовини становить 2,1% і відповідає середньому рівню забезпечення. Ґрунту, в цілому, повністю має забезпечення азотом (проаналізована нітратна форма як найдоступніша для рослин), високе забезпечення калієм та дуже високе забезпечення фосфором. Отже, ґрунтові умови повністю придатні для вирощування пшениці озимої.

Таблиця 2.2.1

Результати агрохімічного обстеження ґрунтів ТОВ «АГРІАБ», 2018р.

Показник	Одиниці виміру	Результат	Рівень забезпечення
рН ґрунту	од.	6.4	-
рН буферний	од.	6.9	-
Органічна речовина	%	2.1	середній
Нітрати (NO <sub>3</sub> )	мг/кг	6.6	середній
Фосфор	мг/кг	100	дуже високий
Калій	мг/кг	176	високий
Кальцій	мг/кг	1417	середній
Магній	мг/кг	140	середній
Натрій	мг/кг	8,0	середній



Рис. 2.2.2. Рівень забезпечення ґрунту вологою в період вегетації пшениці озимої, 2022 р.

На рис. 2.2.2 зображений графік розподілу вологи у шарах 10, 20 і 30 см. Аналізуючи дані, робимо висновок про те, що ґрунтова волога у шарі 20-30 см є менш мінливою, ніж в 10 см. Найнижча кількість вологи по всім шарам спостерігалася у кінці липня. Натомість, вологість ґрунту верхнього шару мала нестійкий характер і періодично зникала через випаровування і так само з'являлася. В цілому, забезпечення рослин пшениці озимої на всіх етапах вегетації вологою було задовільне. Також спостерігалася велика кількість ґрунтової вологи у кінці червня-середині липня, в зв'язку з рясними опадами.

### 2.3 Технологічні умови проведення досліджень

Технологічні параметри посіву пшениці озимої були визначені 31.05 (точне визначення кількості рослин на обліковій ділянці 1 м п. та відстані між

рослинами на обсівах). У результаті підрахунку отримані дані, що наведені нижче (табл. 2.4.1)

# НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 2.4.1

Технологічні параметри посіву пшениці озимої, 2022 р

№ з/п	Сорт	Ширина міжрядь, см	Кількість погонних метрів на 1 га, м.пог./га	Кількість рослин шт./1 м <sup>2</sup>	Кількість рослин шт./га	Кількість пропусків сівалкою шт./га	Частка пропусків сівалкою, %	Середня відстань між рослинами, см
1	Ахім	17,5	57143	350	350000	100000	4,3	1,5
2	Тобак							
3	Мілтон							
4	Роял							

Сівба пшениці озимої проводилася 27-29.09.21 при нормі висіву 220 кг/га

Сівба здійснювалася на глибину 3,5 см, за рахунок чого отримується

оптимальний розвиток кореневої системи без подовження колеоптиле та витрат

енергії на проростання. Міжряддя скрізь сталі і становить 17,5 см для зручності

проведення підживлень. Підрахунок густоти проводився на 1 м.п. у чотирьох

повторностях на кожному сорті. Місця для визначення густоти обиралися так

щоб вони були типовими за розташуванням та станом рослин. Густота стояння

рослин пшениці озимої на гектарі задовільна. Підрахунок густоти стояння

рослин проводився на 1 м. п. у 4 повторностях на кожному сорті у типових

місцях

Технологія вирощування пшениці озимої на господарстві напрацьована

роками і повністю підлаштована під умови району вирощування, потребу

сортів, наявного матеріально-технічного забезпечення. (табл. 2.4.2) У другому

періоді вегетації підживлень окрім азотних, не виконувалося, що пояснюється

# НУБІП УКРАЇНИ

економією ресурсів під час військового стану. Посів пшениці відбувався сівалкою Super Walter.

# НУБІП України

Таблиця 2.4.2

Технологія вирощування пшениці озимої, 2022 р.

Технологічні операції	Норма внесення, л, кг, т/га	Засоби захисту, назва добрив	Трактор + агрегат
Подрібнення решток попередника	-	-	JD 8300 + КП
Внесення деструктора	1,2	Екостерн	Valtra + Inuma
Внесення КАС	0,1	КАС 32	Valtra + Inuma
Внесення РКД	0,1	10:34	Valtra + Inuma
Дискування	-	-	JD 8300 + дискатор
Протруєння зерна	1,7 + 2	Селест Макс + Грос Коренеріст	
Посів	-	-	JD 6195 M + Super Walter
Внесення азотних добрив	0,2	КАС 24 + 2,4S	Valtra + Unigreen
Внесення	0,6 + 0,5 + 0,15	Фалькон + Пріма Форте + Карате Зеон	Valtra + Unigreen
Внесення	1 + 0,15	Оріус + Фастак	Valtra + Unigreen
Збирання врожаю	-	-	JD 7800

Висновок: за розробки технології вирощування пшениці озимої на виробничому полі господарства враховувалися ґрунтово-кліматичні умови вирощування, потребу сортів для реалізації біологічного потенціалу.

# НУБІП України

можливостей господарства. Сформовано план проведення операцій з обробітку ґрунту у відповідності до напрацьованих методів на господарстві. У сівсзміні пшениця виконує роль проміжної культури, де основною високомаржинальною культурою вважається картопля. Виконує важливу функцію накопичення великої кількості органічної речовини, потребує невеликих витрат на вирощування, після жнив дозволяє виконати сидерацію тощо.

#### 2.4 Методика проведення досліджень

Поле пшениці озимої знаходиться поруч із автомобільним шляхом національного значення - Н08 (Бориспільський район, Київська область). Загальна лоща поля становить 40,5 га.

Вирощувані сорти пшениці на полі: Ахім (9,2 га), Тобак (9,8 га), Мілтон (6,8 га) та Роял (6,2 га). Репродукція сортів — еліта. Попередником пшениці є картопля. Поверхня поля характеризується переважно рівнинним рельєфом. Виробничий дослід було закладено 31.05.22. На сортах Ахім, Тобак, Мілтон та Роял були виділені прямокутні ділянки 1,0 x 1,5 м в типових місцях на кожному сорті. На дослідних ділянках було проведено видалення прапорцевого листя у всіх рослин.



Рис. 2.3.1 Закладання дослідів із видаленням прапорцевих листків, 2022 р.

Закладені досліді розташовані на межі двох сортів вгніб поля на 50 м і по 10 м від технологічної колії. Дослідні ділянки відмежовувалися шляхом видалення рослин по периметру.

Координати поля - 50°27'33"N 31°00'34"E.



Рис. 2.3.2 План розміщення дослідного поля з пшеницею озимою із дослідом:

супутниковий знімок (зліва); дослід (справа)

Схема досліду із сортами пшениці озимої:

1. Ахім (з прапорцевим листком)
2. Ахім (без прапорцевого листка)
3. Тобак (з прапорцевим листком)
4. Тобак (без прапорцевого листка)
5. Мілтон (з прапорцевим листком)
6. Мілтон (без прапорцевого листка)
7. Роял (з прапорцевим листком)
8. Роял (без прапорцевого листка)

Пояснення до варіантів досліду дослідження присвячене вивченню сортової реакції пшениці озимої на пошкодження прапорцевого листка. Досвід двофакторний: аналіз та порівняння показників сортів Ахім, Тобак, Мілтон, Роял та сортова реакція на видалення прапорцевого листа. П- позначення варіантів без прапорцевого листа. Виробничим фоном є технологія

вирощування пшениці озимої в господарстві. Аналіз технології вирощування та виробничих умов подані у підрозділі 2.4.

У зв'язку із тимчасовою заборобою розміщення нових геометок та збереження GPS-даних на період воєнного стану, було вирішено зробити мітки на полі та на лісосмугах, додатково занотувавши шлях та координати на електронні носії.

Відбір рослинних зразків для пшениці озимої проводився по діагоналі поля на 4 типових ділянках, на 2 суміжних рядках, на довжину 25 см.



Рис. 2.3.3. Схема дослідження на пшениці озимій, 2022 р.

**Опис сортів**



У досліді вирощувалося 4 сорти пшениці озимої: Ахім (9,2 га), Тобак (9,8 га), Мілтон (6,8 га) та Роял (6,2 га). Посіви вирівняні, рослини на полі мали



задовільний, однорідний вигляд.

Рис. 2.3.4 Сорт Ахім (ТОВ «Біотех ЛТД»), 2022 р.

**Сорт Ахім.** Це сучасний сорт німецької компанії ЗААТЕН-ЮНІОН, високоінтенсивної групи з відмінними адаптивними якостями. Сорт м'якої безосткої озимої пшениці (різновидність лютеценс). Формує рослини середньої висоти, проте потребує регуляторів росту на високих агрофонах. Забезпечує стабільно високий врожай за посушливих умов.

Має добрі хлібопекарські якості (група А). Вегетаційний період становить 270-280 днів (середньостиглий). Маса 1000 насінин — 42-45 г. Потенціал продуктивності — 130-138 ц/га. Вміст білка — 14,0-14,5%. Вміст клейковини — 26,8-27,7%.



Рисунок 2.3.5 Сорт Тобак (ТОВ «Біотех ЛТД»), 2022 р.

**Сорт Тобак.** Виробник: ЗАТНН-УНІОН (Німеччина). Сорт м'якої безості озимої пшениці (різновидність лютесценс), інтенсивного типу.

Середньостиглий сорт, вегетаційний період становить 269-282 днів.

Маса 1000 – 42,0-43,5 г. Потенційна врожайність 110-120 ц/га. Зерно містить 13,0-13,5% білка, 27,0-27,4% клейковини. Стійкий до осипання зерна в колосі. Має високу зимостійкість та посухостійкість, а також високий рівень стійкості

до

фузаріозу

бурої  
іржі



колоса,  
листявої

борошнистої роси.

Рис. 2.3.6 Сорт Мілтон (ТОВ «Біотех ЛТД»), 2022 р.

**Сорт Мілтон.** Інтенсивний середньоранній сорт остистої озимої пшениці канадського походження (Seed Grain Company). Різновидність

еритроспермум. Висота 111-124 см. Форма зерна овальна, колір - червоний.



Вміст  
клейко

вини

35-

39%

сирого  
білка

13,3 –

14,2%

рис. 2.3.7 Сорт Роял (ТОВ «Біотех ЛТД»), 2022 р.

**Сорт Роял.** Високоврожайна м'яка безоста озима пшениця канадської селекції від Seed Grain Company. Дуже висока стійкість до септоріозу, фузаріозу, бурої іржі. Кількість білка – 13-15%

**Методи проведення досліджень:**

У ході проведення виробничого досліду були використані польові, лабораторні, статистичні методи досліджень, супутниковий моніторинг.

В процесі проведення обліку біометричних показників культури, були відібрані рослинні зразки у трикратній повторності для забезпечення більшої точності досліджень. Відбір з одного варіанту складав в середньому 15-20 рослин

- Фосфор в рослинах був визначений фотометрично за методом Деніже в модифікації А. Левицького. Підготовкою для цього аналізу було проведення мокрого озолення рослинного матеріалу за методом К. Гінзбурга після якого сполуки фосфору переходять у мінеральну форму у вигляді ортофосфорної кислоти та її розчинних солей [41]. В ході аналізу, при взаємодії фосфорної кислоти з молібдатом амонію в присутності відновника, утворюється молібденова сіль, яка має синє забарвлення. Інтенсивність якого є

пропорційною концентрації фосфору в досліджуваному розчині, який досліджується на фотоелектроколориметрі.

- Визначення калію проводилося за допомогою полуменевого фотометра. Попередньо була побудована шкала зразкових розчинів і відкалібровано пристрій за шкалою.

- Визначення азоту проведено фотометрично гіпохлоридним методом із використанням робочого забарвлюючого розчину та робочого розчину гіпохлориду натрію. Для зразкових розчинів використовували амонійний азот 0,25 мг/мл. Азот визначали фотометрично.

- Визначення показників якості зерна пшениці проводилося за допомогою приладу FOSS Infratec 1241 лабораторний експрес-аналізатор якості зерна. Прилад аналізує цілісне зерно пшениці. Параметри що вимірювалися: білок, вологість, клейковина, кількість падіння, показник седиментації. Швидкість виконання тесту – 1 хвилина. За цю годину прилад 10 разів швидко промірює зерно та обчислює усереднений результат.

- Визначення площі листової поверхні за допомогою мобільного додатку LeafArea. Хід проведення обстежень зображено на рисунку 2.3.8.

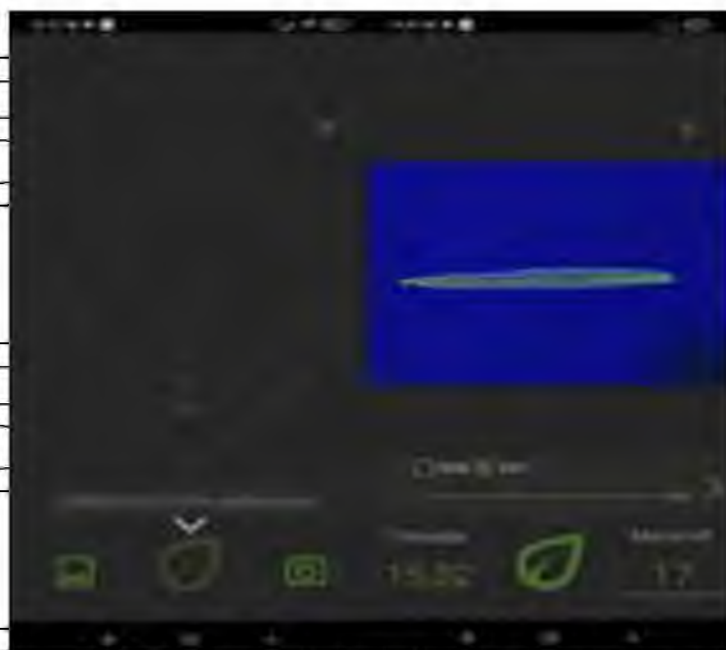


Рис. 2.3.8 Інтерфейс програми LeafArea і результат дослідження

### Супутниковий моніторинг

Для виконання супутникового моніторингу було використано платформу EOSDA Land Viewer. Це інструмент для роботи зі супутниковими даними, який дозволяє оперативно шукати, обробляти та добувати інформацію із супутникових знімків для потреб сільського, лісового господарств тощо. Важливими функціями є можливість аналітики геопросторових даних різної давності, з різних супутників відкритого доступу; обробка результатів/зрахунок застосування комбінацій індексів. Застосунок зручний у використанні, має безліч інструментів для роботи, зручний інтерфейс, обмежено-безкоштовний режим роботи [34].

Знімки були отримані із відкритого доступу супутника Sentinel-2, який входить до космічної місії з дистанційного зондування Землі. Запуск якої здійснило Європейське космічне агентство (ESA) у рамках програми «Коперник». Метою роботи є здійснення підтримки та дистанційного спостереження таких сервісів, як фіксування змін покриття Землі, моніторинг лісів, відстеження наслідків стихійних лих тощо. Однією з ключових галузей застосування звичайно є сільське господарство. Ця місія складається з двох однакових супутників — Sentinel-2A та Sentinel-2B [33].

У ході проведення моніторингу спочатку підбирався приблизний період спостереження, враховуючи наявний стан рослин у полі та інформативність даних. При визначенні дати проведення моніторингу, складнощами можна назвати: фізичну відсутність знімків у бажаний термін, що пов'язано із специфікою роботи супутників, невдалими знімками (незадовільний кут падіння, сутінки, хмарність, туман тощо). Аналіз знімку починався із видимого спектру (RGB), далі застосовувалися доступні вегетаційні індекси і враховувалася їх доречність до певної фази росту і розвитку культури. Отримані знімки були додатково оброблені у програмі Google Earth Pro, де і проводився візуальний аналіз.

## РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Біометричні показники рослин різних сортів пшениці озимої

Усі аналізовані сорти мають значний потенціал продуктивності – понад 10 т/га, але більш важлива їхня висока посухостійкість та здатність формувати стабільний урожай завдяки ефективному використанню наявної вологи, а отже вчасно переходити від вегетативного етапу розвитку до генеративного. На момент проведення першого біометричного обліку, середньоранні сорти Мілтон і Роял майже завершували викидання колосу (ВВСН 57-59), в той час як сорти Ахім і Тобак знаходилися на початку його викидання (ВВСН 51).

Перший біометричний облік був проведений 31.05.22 року під час проходження рослинами пшениці озимої фази колосіння (ВВСН 51-59) (рис. 3.1.1).



Рис. 3.1.1 Біометричний облік рослин пшениці озимої у фазу колосіння

Для проведення морфологічного аналізу рослин були визначені параметри: висота, загальна кількість пагонів, кількість продуктивних пагонів, кількість листків, діаметр соломини та довжина колосу.

У таблиці 3.1.2 представлені дані біометричного обліку рослин пшениці озимої у фазу колосіння (ВВСН 51-59).

Таблиця 3.1.1

Середні біометричні показники рослин різних сортів пшениці озимої у фазу колосіння (ВВСН 50), 31.05.2022р

Сорт	Висота, см	Загальна кількість пагонів, шт./рослину	Кількість продуктивних пагонів, шт./рослину	Кількість листків, шт./рослину	Діаметр соломини, мм	Довжина колоса, см
1 Ахім	72,2	3,1	1,9	9,3	3,8	9,4
2 Тобак	84,3	4,0	2,3	8,2	4,2	9,5
3 Мілтон	87,0	3,0	2,0	6,1	3,9	10,3
4 Роял	86,4	2,9	1,8	6,0	4,0	8,6

Висота рослин пшениці озимої є важливим біометричним показником, що визначає стійкість сорту до вилягання, засвоєння необхідних елементів живлення та продуктивність в цілому. Висота рослин пшениці озимої має генетичну основу та високу спадковість [38]. На час проходження цієї стадії, сорти між собою відрізнялися за висотою. Найбільша висота рослин спостерігалася у сорту Мілтон, найменша у сорту Ахім. Сорти Тобак і Роял мали наближені дані за висотою.

Загальна сформована кількість пагонів на рослинах репрезентує здатність рослин пшениці до кущення. За різних умов і технологій вирощування, кількість сформованих пагонів на одній рослині може коливатися від 1 до 4, а при умові зріджених посівів - до 10 і більше. У нашому випадку загальна кількість пагонів коливалась у межах 3-4 штук на рослину. Кількість продуктивних пагонів в середньому становила по 2 штуки на рослину.

Листок пшениці озимої - основний фотосинтезуючий апарат рослини, що забезпечує перебіг процесу фотосинтезу, газообміну, транспірації тощо. Під час

проходження фази колосіння найбільшу кількість листків мали сорти Ахім і Тобак - в середньому 8-9 листків, сорти Мілтон та Роял, в середньому, по 6 листків. Найбільш активна і здорова синтезуюча поверхня була у прапорцевого і підпрапорцевого листків на всіх сортах.

Значення товщини соломини дає змогу зробити висновки про активність засвоєння поживних елементів та проаналізувати загальний стан рослини. Формування міцності соломини обумовлюється у більшій мірі кількістю закритих судинно-волокнистих пучків, а також величиною їхнього діаметру.

Найбільший діаметр соломини формується при високому фоні підживлення. У нашому випадку, значення діаметру соломини, на цьому етапі розвитку, майже скрізь коливається у межах 3,5-5,0 мм.

Довжини колоса має пряму залежність від ознак сорту. На значення довжини колоса також істотно впливають метеорологічні умови під час його формування на етапі сегментації, коли утворюються первинні колосові горбочки [30]. При аналізі отриманих результатів слід враховувати те, що сорти Мілтон і Роял мали пришвидшену динаміку розвитку. Таким чином, найбільшу довжину колосу мав сорт Мілтон, майже однакові значення були отримані від сортів Ахім і Тобак. Найменша довжина колосу була у сорту Роял. Слід зауважити, що його найбільш рихлий колос був у сорту Мілтон, найбільш щільний у сорту Роял.

Також важливим етапом органогенезу є фаза цвітіння (ВВСН 61-70), коли відбувається перехід від генеративної фази розвитку до репродуктивної: запилення квіток у колосках і розпочинається процес формування зернівки. Ураження в цей період зернових культур хворобами та пошкодження шкідниками призводить до зменшення кількості зерен у колосі та їхньої маси (натури зерна). Відбір рослин проводився 15.07.22, біометричний облік - 16.07.22.

У таблиці 3.1.2 представлені дані біометричних досліджень пшениці озимої у фазу цвітіння - формування зернівки (ВВСН 60-69).



За значенням висоти усі сорти зберегли попереднє співвідношення між собою. Найбільш інтенсивне збільшення висоти було виявлено у рослин сортів Мілтон і Роял - на 10 см. Аналізуючи показники висоти сортів Ахім і Тобак виявили у середньому приріст до 5 см.

Таблиця 3.1.2

Середні біометричні показники рослин різних сортів пшениці озимої у фазу цвітіння-утворення зернівки (ВВСН 61-69), 15.06.2022р

Сорт	Висота, см	Загальна кількість пагонів, шт/росл.	Кількість продуктивних пагонів, шт/росл.	Кількість листків, шт/росл.	Діаметр соломки, мм	Довжина колоса, см
1 Ахім	77,2	3,2	2,0	4,0	4,0	9,8
2 Тобак	89,0	4,0	2,3	4,2	4,3	10,8
3 Мілтон	97,9	3,2	2,0	3,3	4,0	10,6
4 Роял	95,6	2,9	1,9	3,1	4,0	9,5

Отримані результати можна пояснити підвищеною інтенсивністю росту середньоранніх сортів, достатнім рівнем забезпечення вологою та поживними елементами. Загальна кількість пагонів та кількість продуктивних пагонів при проведенні другого біометричного обліку, в результаті усереднення отриманих даних, майже не зазнали змін. На одній рослині загальна кількість стебел коливається у межах від 2 до 4, у той час як кількість продуктивних пагонів в середньому становила по 2 штуки на рослину.

Протягом онтогенезу у всіх сортів площа листової поверхні скоротилась, що є закономірною властивістю під час переходу до генеративного етапу розвитку. В середньому, на рослинах усіх сортів залишилось по 3-4 листки, де

основні функції фотосинтетичного апарату належать прапорцевому та підпрапорцевому листкам, а інші частково виконують свої функції.

Найбільша товщина соломини була характерною рослинам сорту Тобак - 4,5 см. Інші сорти мали середнє значення 4,0 см. Діаметр та міцність стебла

безпосередньо пов'язані з такою проблемою на пізніх строках вегетації пшениці як вилягання посівів. Вилягання рослин пшениці є одним із лімітуючих факторів, що обмежує урожайність високопродуктивних сортів на збільшених фонах удобрення та при достатньому чи надмірному зволоженні.

При цьому високі втрати виникають в результаті ускладнень при збиранні врожаю [26,38]. Під час проведення огляду посівів, високий відсоток вилягання було помічено на сортах Роял та Мілтон. Також слід зауважити, що сорт Роял мав найбільш ламке стебло серед аналізованих сортів. Найбільш міцні стебла мали рослини сорту Тобак.

Істотні зміни були спостережені при аналізі довжини колосу. В середньому сорти мали таке збільшення довжини колосу: сорт Мілтон мав



приріст на 0,3 см, Ахім - 0,4 см, Роял - 0,9 см, Тобак - 1,3 см (рис. 3.1.2).

Рис. 3.1.2 Динаміка збільшення довжини колосу різних сортів пшениці озимої

(ВВСН 51-91) під час вегетації, 2022 р.

На завершення етапу вегетації, поряд із визначенням структури врожаю, був проведений заключний біометричний облік за такими параметрами як діаметр соломини та довжина колоса (табл. 3.1.3).

Дані параметри були обрані під час проведення візуальної порівняльної оцінки дослідних ділянок із сортами, в результаті чого виявлені певні відміни.

Найбільш суттєва різниця в діаметрі соломини була помічена при порівнянні варіанту 1 та 2 і складала 0,4 мм. Також у 2 варіанту була помічена підвищена ламкість у порівнянні з 1 варіантом. Можна зробити припущення, що це явище

було викликано уповільненням синтезу необхідних пластичних речовин для зміцнення судинно-волокнистих пучків стебла. Варіант 3 мав на 0,3 см більший показник, ніж варіант 4.

Показник довжини колосу мав схожу кореляцію даних, як і у випадку з діаметром стебла (табл. 3.1.3). Найбільша різниця у довжині колосу була помічена при порівнянні варіанту 1 та 2 і складала 0,7 см. Варіант 3 мав на 0,5 см більшу довжину колосу, ніж варіант 4. Для варіантів 5 і 6, 7 і 8 різниці у довжинах помічено не було.

Таблиця 3.1.3

Середні біометричні показники рослин різних сортів пшениці озимої у

фазу технічної стиглості (ВВСН 91-95), 27.06.2022р

Варіант	Діаметр соломини, мм	Довжина колоса, см
1 Ахім (з прапорцевим листком)	4,0	10,0
2 Ахім (без прапорцевого листка)	3,6	9,3
3 Тобак (з прапорцевим листком)	4,3	10,8
4 Тобак (без прапорцевого листка)	4,0	10,3
5 Мілтон (з прапорцевим листком)	4,0	10,7
6 Мілтон (без прапорцевого листка)	4,1	10,7

7	Роял (з прапорцевим листком)	4,0	00 9,8
8	Роял (без прапорцевого листка)	4,0	9,8

Отже, у зв'язку з тим, що варіанти 1-4 це сорти Ахім та Тобак - середньостиглі, можна зробити висновок, що видалення прапорцевого листа безпосередньо вплинуло на подальший метаболізм та перебіг біохімічних процесів у рослині. В той же час, варіанти 5-8 це сорти Мілтон Роял - ранньостиглі, і для них видалення прапорцевого листа у фазу колосіння мало незначний вплив на ці показники.

### 3.2 Морфолого-фізіологічні параметри основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої

У більшості випадків між величиною надземної маси та кількістю врожаю зерна існує залежність – чим більша вегетативна маса, тим вищий урожай. Але не завжди це має позитивний вплив на врожайність культури. Збільшення продуктивності фотосинтезу є важливим фактором формування високого рівня врожайності пшениці озимої. Основні органи рослини, що залучені до процесу фотосинтезу: листки, колоси і стебла. В роботах багатьох науковців зазначається значний вплив асиміляційної площі на формування врожаю [37, 38]. Встановлено, що площа листової поверхні має бути в 4-5 разів більша за одиницю площі, де зростає рослина. Наприклад, оптимальною площею листя посівів пшениці озимої на 1 га ріллі має бути не менше 40-50 тис. м<sup>2</sup>/га. Збільшення покриття вважається недоцільним, оскільки рослина переадаптується на вегетативний ріст, зменшуючи розвиток генеративних органів, тому зростання врожайності очікувати не слід. Причиною цього явища може слугувати, наприклад, надмірне азотне живлення [38, 39, 40].

За проведення біометричного обліку рослин пшениці у фазу колосіння, показники площі листової поверхні мали значення: найбільше у сорта Тобак - 130 см<sup>2</sup>/росл., на другому місці сорт Ахім з площею 124 см<sup>2</sup>/росл, сорти Роял Мілтон мали схожі значення, що коливалися в межах 115 см<sup>2</sup>/росл. (табл. 3.2.1)

Загальний листовий індекс склав 4,6 для Тобаку, 4,3 для Ахіму і для сортів Роял та Мілтон в межах 4-4.1. При цьому найбільша довжина прапорцевого листка складала 26,0 см для Мілтона, інші сорти мали споріднені значення від 17,8 см у Тобака до 18,5 у Рояла. Для отримання точних даних впливу листків верхнього ярусу на формування якісних показників врожаю, було обраховано довжину та площу підпрапорцевого листка. Сума площі прапорцевого та підпрапорцевого листків має найбільші значення у сортів Мілтон та Роял - 109,8 і 112,0 см<sup>2</sup>. Для сорту Тобак 80,4 см<sup>2</sup>, для Ахіму - 64,5 см<sup>2</sup>. Листовий індекс прапорцевого і підпрапорцевого листків більший у Мілтона та Рояла: 3,8 і 3,9 відповідно, менший у Ахіма і Тобака 2,3 та 2,8.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.2.1

Біометричні параметри основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої у фазу колосіння (ВВСН 50), 31.05.2022р

Сорт	Площа листової поверхні, см <sup>2</sup>	Загальний листовий індекс	Довжина прапорцевого листка, см	Довжина підпрапорцевого листка, см	Площа прапорцевого та підпрапорцевого листків, см <sup>2</sup>	Листовий індекс прапорцевого і підпрапорцевого листків
1 Ахім	124	4,3	18,3	21,7	64,5	2,3
2 Тобак	130	4,6	17,8	22,4	80,4	2,8
3 Мілтон	116	4,1	26,0	24,9	109,8	3,8
4 Роял	114	4,0	18,5	23,6	112,0	3,9

НУБІП України

НУБІП України

Цікавим є результат візуального спостереження за станом листя верхнього ярусу, для сортів Роял та Мілтон характерна довга листова пластинка, що в більшості випадків була скручена до центру і загнута по спіралі. Слід припустити, що площа фотосинтетично активного апарату листка значно скоротилася. Прапорцевий листок сорту Тобак мав значну товщину і помірну довжину 17,8 см, але продуктивність фотосинтетичного апарату вища за рахунок його розгорнутості і горизонтальної орієнтації.

Наступний біометричний облік рослин проводився у фазу цвітіння-утворення зернівки (ВВСН 60-70) (табл. 3.2.2). Характерною особливістю фази була активність саме верхнього ярусу рослини: прапорцевого і підпрапорцевого листків. Площа прапорцевого та підпрапорцевого листків мала найбільше значення для сорту Мілтон - 94,2 см<sup>2</sup>, на другому місці сорт Роял - 80,1 см<sup>2</sup>, менші показники мали рослини сортів Ахім і Тобак - 62,3 і 74,5 см<sup>2</sup> відповідно.

Листовий індекс зазнав найбільших значень у сорту Мілтон - 3,3, найменших у сорту Ахім - 2,2. Причому довжина прапорцевого листку складала для Мілтона 28,3 см, для Ахіма і Тобаку - 18,8 і 18,9 см. Особливості форми і конфігурації прапорцевих листків зберігалися з попереднім обліком, що, можна припустити, пов'язано із сортовими особливостями сортів.

Отже, визначення біометричних параметрів основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої у наведені фази стало важливим етапом дослідження. Адже у результаті отримано як площу листової поверхні рослин загалом, так і площу прапорцевого і підпрапорцевого листків різних сортів. На основі цих даних можна зробити висновки про сортову реакцію на умови вирощування, генетичні особливості сортів, вклад листків верхнього ярусу у проходженні процесу фотосинтезу на різних етапах вегетації пшениці тощо.

НУБІП України

Таблиця 3.2.2

Біометричні параметри основної фотосинтезуючої системи пшениці озимої у фазу цвітіння-утворення зернівки (ВВСН 60-70), 15.06.2022р

Сорт	Площа листової поверхні, см <sup>2</sup>	Загальний листовий індекс	Довжина прапорц.листа, см	Довж.підпрапорц. листа, см	Площа прапорцевого та підпрап. листків, см <sup>2</sup>	Листовий індекс прапорцевого і підпр. листків
1 Ахім	62,3	2,2	18,8	23,4	62,3	2,2
2 Тобак	74,5	2,6	18,9	26,8	74,5	2,6
3 Мілтон	94,2	3,3	28,3	29,0	94,2	3,3
4 Роял	80,1	2,8	25,0	28,7	80,1	2,8



### 3.3 Супутниковий моніторинг спектральних параметрів посівів пшениці озимої

Повсякденні складнощі аграріїв, полягають у потребі безперервного контролю стану посівів та якості виконання польових робіт, особливо на великих площах. Виробники не можуть з високою ефективністю стежити за ситуацією на полях та швидко реагувати на зміни з кількох причин: недостатньою кількістю фахівців, їх зайнятістю; не завжди сприятливими погодними умовами тощо. Актуальним вирішенням проблеми є дистанційний моніторинг за допомогою супутникових даних. [32]

Моніторинг полів за допомогою даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) – дослідження її поверхні з використанням оптичних та радарних супутників. Це дозволяє агровиробникам отримувати постійні оновлення про ситуацію будь-якого поля господарства без необхідності особистої присутності.

Основною перевагою супутникового моніторингу полягає саме в охопленні. Космічні знімки надають можливість отримувати оперативну та чітку інформацію про стан посівів на значних площах, що кратно відрізняється від наземних вимірів, які зазвичай є точковими [32].

Для повноти проведення аналітичних спостережень за посівами пшениці озимої, слід використовувати дані за всі етапи вегетації. Відомо, що вегетація пшениці поділяється на два етапи: осінній період та період весняного відновлення вегетації. З огляду на пізнє збирання попередника, що проявляється все частіше через ряд причин, і враховуючи біологічні особливості сортів, посіви пшениці озимої потребують постійних досліджень для кожного нового сорту. Осіння вегетація має тривати 40–60 діб, тоді рослини до сталого переходу через 5°C наберуть необхідну суму ефективних температур (300–350°C). У такому разі рослини встигають накопичити на період зимівлі необхідну кількість пластичних речовин, завдяки яким спроможні краще протистояти умовам зимівлі. У 2021 році сівба пшениці проводилася 27-29 жовтня і, враховуючи помірні температури осені і початку зими, рослини пройшли необхідні стадії. Рослини увійшли в зиму у фазі початку купання (ВВСН 20) [35].

# НУБІП України

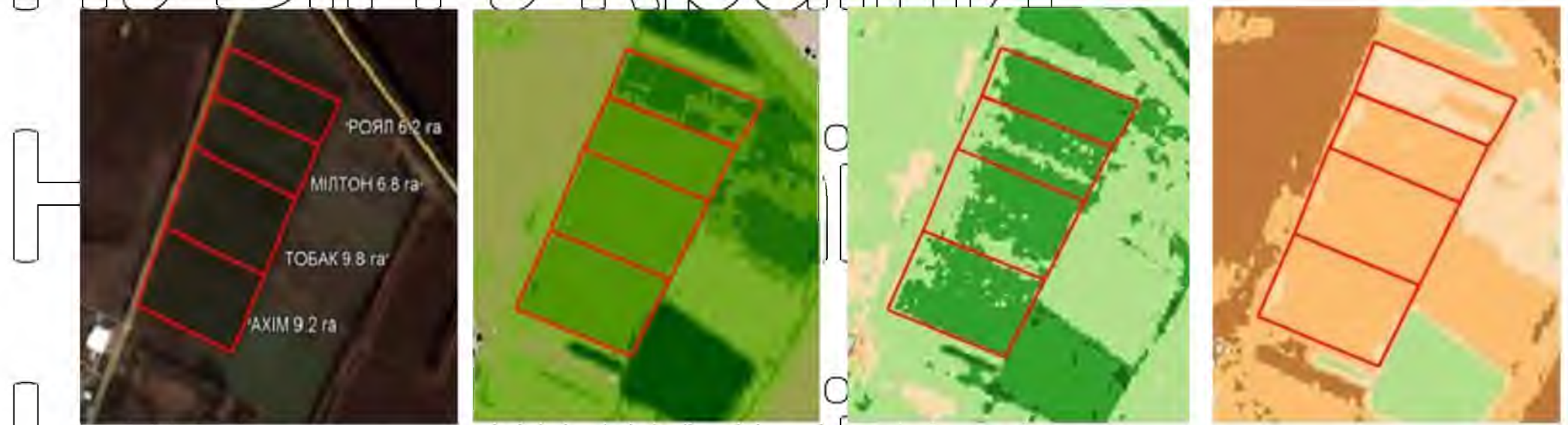


Рис.3.3.1 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої. у фазу розвитку листа (ВВСН 10), 13.11.2021 р

# НУБІП України

На рис. 3.3.1 зображено знімки першого обліку рослин пшениці озимої у період осінньої вегетації, що проводився 13/11.2021 року. Рослини знаходяться у фазі розвитку листя (BBCH 16). Перший знімок відображає стан рослин у видимому спектрі. Можна помітити розріджену рослинність з присутністю «голового» ґрунту. Помітно світлі плями на сортах Мілтон та Роял, що можна пояснити ґрунтовою неоднорідністю, або технологічним чинником. Адже ці сорти сяяли в останню чергу, серед інших. На цьому етапі аналізуючи знімок моделі RGB, було застосовано популярні вегетаційні індекси платформи EOSDA Land Viewer: SAVI, ARVI, NDVI класичний. Опис специфіки роботи та функцій кожного з них вже зазначалися.

У результаті побудови індексу SAVI, який у розрахунках має поправку на «ґрунтову лінію», виявилось, що сорт Роял значно відрізняється від інших за рахунок вищого показника індексу. Хоча сівба сорту проводилася в останню чергу. Можна припустити, що сорт Роял за однакового забезпечення у живленні серед сортів, однакових погодних, схожих ґрунтових умовах та інших елементів технології, швидше почав процеси росту і розвитку на осінньому етапі вегетації. Відображення високого показника індексу на ділянці спостерігається на 80-85% території. На інших сортах дослідів прослідковуються відстаючі зони до 5% покриття на кожному. Місцезнаходження цих зон характеризується наближенням до лісосмуги.

Як зазначалося раніше, індекс NDVI має специфіку застосування у пік вегетації культури, але у процесі підбору доречних індексів для дати моніторингу, його також було застосовано для опису стану рослин восени. Результатом є підтвердження даних розрахованого індексу SAVI щодо більш інтенсивного розвитку рослин сорту Роял. Помітна більша деталізація по шкалі відображення індексу. Ділянки з іншими сортами мають однорідне забарвлення.

Індекс ARVI, на який слабо впливають атмосферні фактори (наприклад, аерозолі), був розглянутий через можливість поправки даних від погодних умов осені. У результаті отримані дані не досить точні. Можна прослідкувати схожу

динаміку, як у індексу SAVI, щодо ділянок біля лісосмуги. Але більшість посівів майже однорідна. Цікавим фактом є чітке відображення ґрунтової чи технологічної неоднорідності на сорті Мілтон у вигляді полоси, яка є потім помітною в травні.

Супутниковий моніторинг рослин в зимовий період майже не використовують через погодні умови, паузу вегетації культури, отже низьку доречність. Але через наявність чіткого знімку без снігового покриву, можна проаналізувати стан зимівлі рослин у вигляді результату інтенсивності проходження осіннього кушення, що і було виконано 2.01.2022 року.

Результати наведено на рис.3.3.2.

Знімок видимого спектру відображає сталий розвиток сортів пшениці озимої за однорідним зеленим забарвленням.

На цьому етапі було проаналізовано результати побудови індексу NDVI, що непогано показав себе при осінньому обліку. Сорт Роял зберігає лідерство серед сортів із близько 80% посівів вищого значення індексу. Преслідковується відставання розвитку полоси у кінці ділянки з видовженням до середини, зберігаючи тенденцію від осінніх результатів. Сорти Мілтон та Тобак мають більш однорідне покриття, але чітко простежуються перепади рельєфу («блюдця»), де рослини мають гірший розвиток. Цікавим фактором є утворення зон кращого розвитку на сорті Ахім.

За результатами побудови індексу ARVI, лідируючу позицію займає сорт Роял. Інші сорти мають візуально близькі значення розподілення індексу, відображаються ґрунтові неоднорідності. Рослини інших сортів, крім Роял, гірше розвиваються на площах біля лісосмуги. На другому місці за показниками індексу є сорт Ахім.

Проаналізувавши показники індексу SAVI, можна зробити висновок щодо недоречності його використання, через низький рівень інформативності.

Це пояснюється його специфікою роботи з малоприсутнім на цьому етапі видимим ґрунтом, хоча випадючі зони рельєфу на сорті Тобак досить чітко відображені.

# НУБІП України

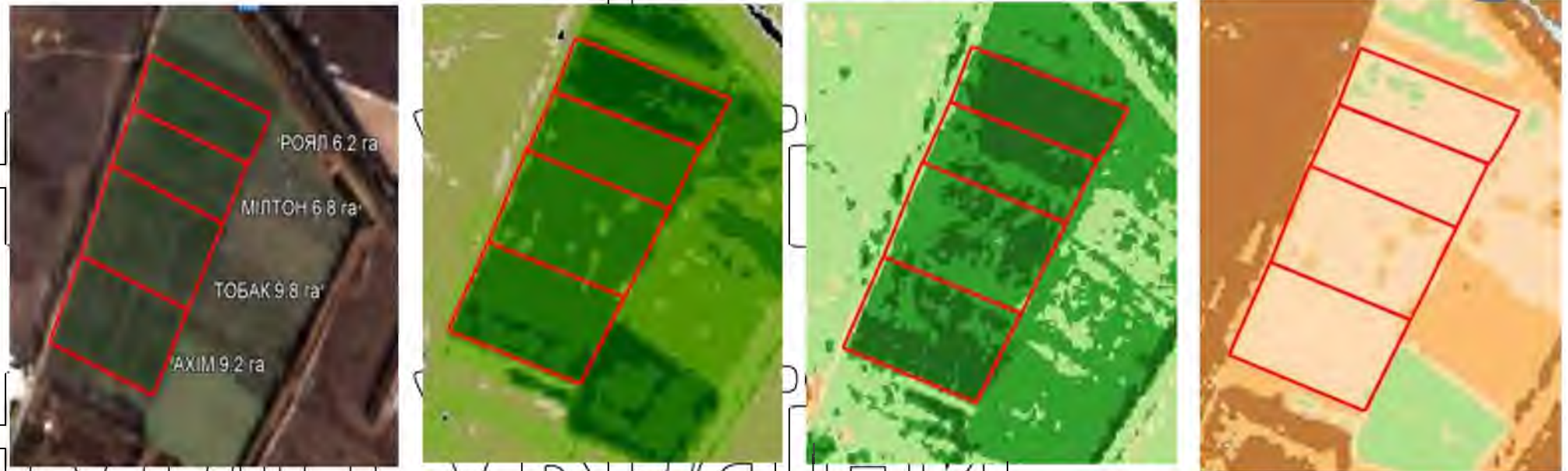


Рис. 5.3.2 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої у фазу початку кушення (ВВСН 20), 02.01.2022 р.

# НУБІП України

За весняного відновлення вегетації аграріям важливо розуміти стан посівів, що вийшли із перезимівлі, а саме число пошкоджених рослин, коефіцієнт кушення, темпи початку активного росту, для планування агрооперацій тощо. Датою першого весняного моніторингу було обрано 23.03.2022 року. Умови березня дали можливість рослинам пшениці пройти вторинне кушення, а потепління в кінці березня – початку квітня стало фактором відновлення вегетації (рис. 3.3.3).

На знімку видимого спектру можна побачити як більша частина площі сорту Роял має зеленіший колір у порівнянні з іншими. Також, на сорті Ахім є зона (близько 25% покриття) з вищими показниками індексу. На полі помітні зміни рельєфу у вигляді понижень, так званих «блюдець». Візуально простежуються ґрунтові неорнорідності. Порівнюючи стан посівів із моніторингом 2.01.22, можна зробити висновок про або знаходження рослин у стані спокою, або проходження процесів весняного кушення, що не помітно на супутникових знімках на період 23.03.22.

Взявши до уваги розподіл індексу NDVI, чітко відображено активний розвиток посівів сорту Роял та  $\frac{1}{4}$  частини ділянки сорту Ахім. Наявна зона активнішого розвитку рослин у сорту Ахім має різкий перехід, що вірогідніше стосується до технологічних причин. Сорти Мілтон і Тобак розвиваються однорідно, без розподілення на зони.

Вегетаційний індекс ARVI також показав найактивніший розвиток рослин сорту Роял та частини ділянки сорту Ахім на період кінця березня.

Помітний активний розвиток ділянок з пониженням на сорті Мілтон, що пояснюється наявністю більшої кількості вологи.

Аналізуючи показники індексу SAVI, де враховується присутність ґрунту на знімку, отримано схожий розподіл ділянок з активною вегетацією по сортах: найбільш розвинутий сорт Роял та сорт Ахім, причому площа продуктивніших зон на ділянці останнього сорту збільшилася до 75%.

# НУБІП України

RGB

NDVI classic

ARVI

SAVI

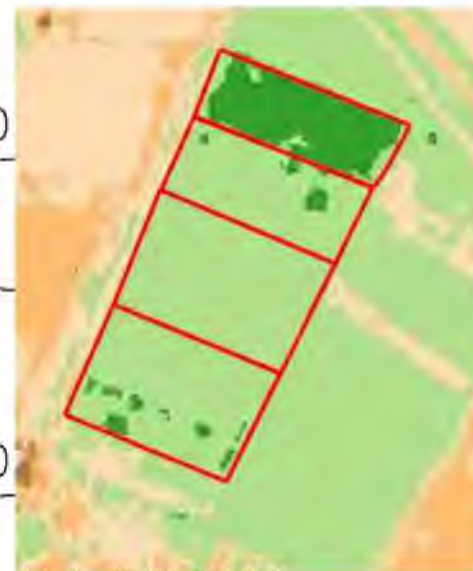


Рис. 3.3.3 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої, у фазу кущення (BBCH 20), 23.03.2022р

# НУБІП України

Наступною датою дистанційного моніторингу було 7 травня 2022р. Через хмарну і дощову погоду у квітні моніторинг не проводився, схожа проблема спостерігалася у травні. Особливістю цього моніторингу є стан рослин у період наближення до піку власного росту. Пшениця озима активно росте, маючи яскраве зелене забарвлення. Для проходження процесу фотосинтезу кількості сонячної активності виявилось достатньо. Пшениця у I декаді травня знаходиться у фазі початку трубкування (BBCH 30). Результати моніторингу зображені на рис. 3.3.4.

Для цього випадку зображення видимого спектру виявилось інформативніше перед вегетаційними індексами. На знімку помітна чітка різниця кольору сорту Мілтон, порівнюючи з іншими: рослини мають світліший колір. Забігаючи наперед, знаючи кінцеву врожайність сорту, можна припустити, що колір рослин швидше пов'язаний із його фізіологічними особливостями, а не низькою фотосинтетичною активністю.

У результаті побудови індексу SAVI, отримано чітко виражену полосу зеленого кольору на сорті Мілтон, що корелює із зображеннями попередніх моніторингів та може бути пов'язано із зміною рельєфу і кращим вологозабезпеченням.

Було застосовано ряд вегетаційних індексів, серед яких NDVI, EVI, GCI, індекс з комбінаціями каналів NIR, RED, GREEN. Отримані результати від індексів NDVI, EVI показали однорідне забарвлення посівів, хоча у рекомендаціях щодо їх використання зазначена висока ефективність саме під час інтенсивного росту і розвитку рослин. Вирішенням проблеми є корегування шкали обрахунку значень, адже з підвищенням розвитку фотосинтетичного апарату, певні масиви рослин можуть відрізнитися між собою не сильно. У цифровому вигляді різниця може складати соті частини. Корегування шкали доступне у інших програмах аналізу супутникових знімків, що недоступне на платформі EOS. Всі індекси орієнтовані на визначення стану різних культур, то ж мають певний рівень уніфікації.



Для аналізу розподілу хлорофілу у листках пшениці було застосовано вегетаційний індекс GCI. Отримане зображення показало менш продуктивні зони на краях поля та у пониженнях. Вискремлення сорту Мілтон не відбулося.

Також було застосовано індекс з комбінацією каналів NIR, RED, GREEN, що в застосунку має назву «штучні кольори». Результат показав зміну кольору посівів сорту Мілтон, що відображено на рис. 3.34

Наступне спостереження за станом рослин пшениці озимої відбулося 11.06.2022р. у фазу цвітіння – формування зерен (BBCH 60-70).

Зображення видимого спектру показало зменшення інтенсивності забарвлення 75% посівів сорту Мілтон, на іншій частині ділянки, що співпадає із пониженням рельєфу, рівень вегетації вищий. Також прослідковується зниження насиченості посівів пшениця сорту Роял (рис. 3.35)

Індекс NDVI показав найвищі показники у вегетуючих рослин сортів Ахім та Тобак, помітно відстають сорти Роял і Мілтон, що швидше за все свідчить про розподіл діяльності листків верхнього ярусу за інтенсивністю проходження фотосинтезу по сортах. На цьому етапі можна припустити, що сорти Роял і Мілтон мають раніші строки дозрівання, адже розвивалися швидше від інших сортів на декілька мікростадій BBCH, що було доведено біометричними обліками.

Також, у ході проведення моніторингу було використано індекс «штучні кольори» та SAVI, які повністю підтвердили розподіл ділянок із сортами за інтенсивність фотосинтетичної активності листового апарату. Лідерами визначено сорти Ахім і Тобак. Рослини на всіх ділянках затримувалися в рості на площах біля лісосмуги.

RGB



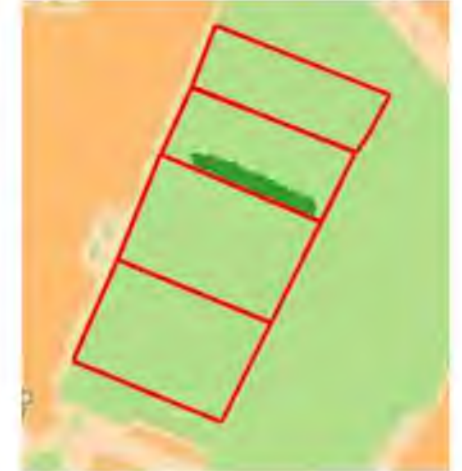
NDVI classic



EVI



SAVI



Інфрачервоний, червоний, зелений



GCI

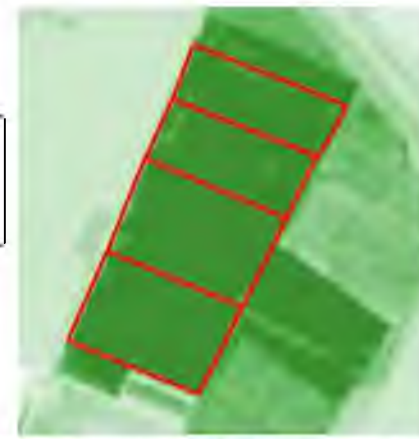


Рис. 3.3.4 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої, у фазу трубкування (ВВСН 30), 07.05.2022р

# НУБІП України

RGB

NDVI classic

Инфракрасный, красный, зеленый

SAVI

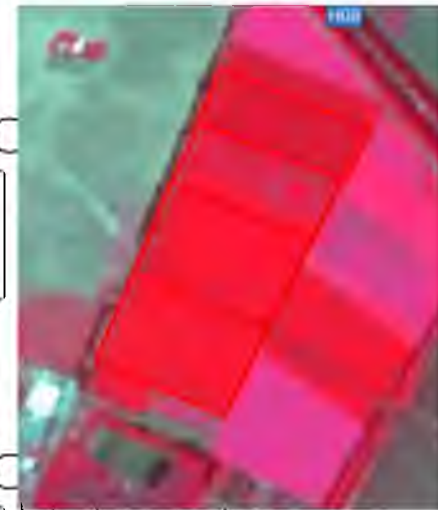


Рис. 3.3.5 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої у фазу цвітіння – утворення зерен (ВВСН 60-70),

11.06.2022р.

# НУБІП України

Формування зерна як фаза росту і розвитку пшениці озимої, важлива для отримання зерна необхідної якості, що нерозривно пов'язано із діяльністю фотосинтетичного апарату прапорцевого листа. Вивчення ролі якого було вказано у меті нашої роботи. Важливість дистанційного моніторингу в цей час надзвичайно висока. Інформація, яку можна отримати про стан посівів, буде свідчити про фізіологічні особливості сортів в плані тривалості активного прапорцевого листа, вплив технологічних, ґрунтово-кліматичних умов.

Навіть проаналізувавши знімок видимого спектру, можна бачити зміну забарвлення всіх сортів на полі у бік зменшення інтенсивності прояву зеленого кольору. Помітно, що сорт Мілтон має найбільш світле забарвлення (рис. 3.3.6).

При аналізі індексу NDVI, виділяються ділянки сортів Роял і Мілтон, що мають низький рівень вегетації, на відміну від невеликих зон пониження рельєфу, де є затримка розвитку. Слід зазначити початок зниження значення індексу NDVI для інших сортів (Тобак, Ахім). Так для сорту Ахім зони низької вегетації складають 50%, а для сорту Тобак 35-40%. Для порівняння площа таких зон у Рояла складає 70%, а для Мілтона 85%.

Для закріплення наведених даних, було взято до уваги вегетаційні індекси ARVI, EVI, що підтвердили площі розподілені за NDVI.

Отже, можна припустити, що близько 85% рослин сорту Мілтон на 21.06.22р. в повній мірі проходить фазу формування зерна, на другому місці сорт Роял, а інші сорти закінчують цвітіння. На даному етапі була суха погода, що стимулює фізіологічні процеси в рослині, то ж пшениця має інтенсивніший перебіг стадій розвитку.

# НУБІП України



# НУБІП України

Рис. 3.3.6 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої. у фазу формування зерна (BBCH 70), 21.06.2022р

# НУБІП України

Фінальним етапом супутникового моніторингу було обрано 6 липня 2022 року. Рослини знаходилися у фазу дозрівання зерна (рис. 3.3.7).

Отримавши знімки видимого спектру, простежуються зелені плями на ділянках сортів. Особливо помітно на сортах Ахім, Тобак, Роял. Найбільша площа випадаяючих зон відображена на сорті Тобак. Прослідковується збільшення інтенсивності жовтого відтінку рослинного покриву сорту Мілтон, особливо світло-жовтої полоси, яка займає 25% площі на переході Мілтон/Тобак.

Розподіл індексу NDVI показав найвищі показники вегетації у сорту Ахім, такі ж значення мають 70% площі сорту Тобак, різкі зміни вегетації в сторону зменшення мають сорти Роял і Мілтон, причому найнижчі показники вегетації серед сортів у Мілтоне на площі близько 35%.

Було взято до уваги індекси ARVI та SAVI, чий розподіл зон по вегетації збігається до NDVI.

Тож можна зробити висновок у підтвердження припущень щодо ранньостиглості сортів Роял та Мілтон з найбільшим проявом у останнього. На даному етапі діяльність фотосинтетичного апарату обидвох сортів майже не відбувається, рослини наближаються до закінчення фази дозрівання зерна.

Діяльність же верхнього ярусу сортів Тобак і Ахім спостерігається і досі, судячи з розподілу значень вегетаційних індексів. Що, можна припустити, за накопичення більшої суми активних температур може вплинути на кількість асимілюючих речовин у зерні і надалі вплине на його якісний склад.

Простежуючи факт приналежності сортів Тобак і Ахім до німецької селекції, також можна зробити висновок про кращий ступінь районованості, порівнюючи з канадською селекцією інших.

НУБІП України

# НУБІП України

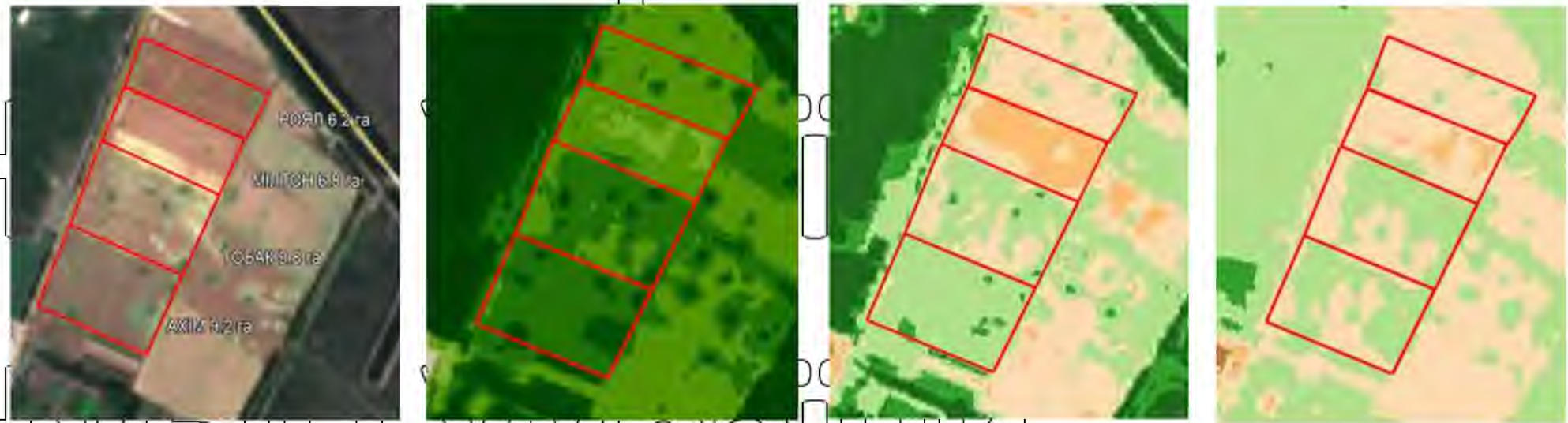


Рис. 3.3.7 Супутниковий моніторинг посівів пшениці озимої. у фазу дозрівання зерна (ВВСН 80), 06.07.2022р

# НУБІП України

Для підведення підсумків розподілу значень вегетаційних індексів на ділянках обстежуваних сортів Ахім, Тобак, Мілтон, Роял у сезоні 2021 – 2022, відображено графік розподілу індексу NDVI на рис. 3.3.8.

Аналізуючи графік на рис. 3.3.8 і табл. 3.3.1, слід спочатку охарактеризувати осінній період вегетації. Помітний різкий старт рослин сорту Роял, показники вегетації якого на входженні в зиму досягали 0,5. Сорти Ахім і Мілтон розвивалися схожим чином і мали показники близько 0,45. Найменш розвинуті рослини на початку зими мав сорт Тобак з показником 0,43.

Під час відновлення весняної вегетації, сорт Роял почав набирати вегетативну масу раніше інших сортів, що може свідчити про меншу потребу суми ефективних температур для старту. Наприкінці березня розвиток всіх ділянок почав збігатися і у цифровому це виражалось від 0,6 і вище, що свідчить про сталий розвиток.

Близько середини травня відбулися зміни у бік збільшення показнику вегетації сорту Тобак. А вже в червні – на початку липня сорти Роял та Мілтон різко відставали у рості в порівнянні з Ахімом і Тобаком. Тенденція зберігалася і надалі з найменшою вегетацією у сорту Мілтон і найбільшою у сорту Тобак, судячи з показників на рис. 3.3.8. На момент збору врожаю, наприкінці липня, сорти повністю пройшли всі стадії росту і розвитку.



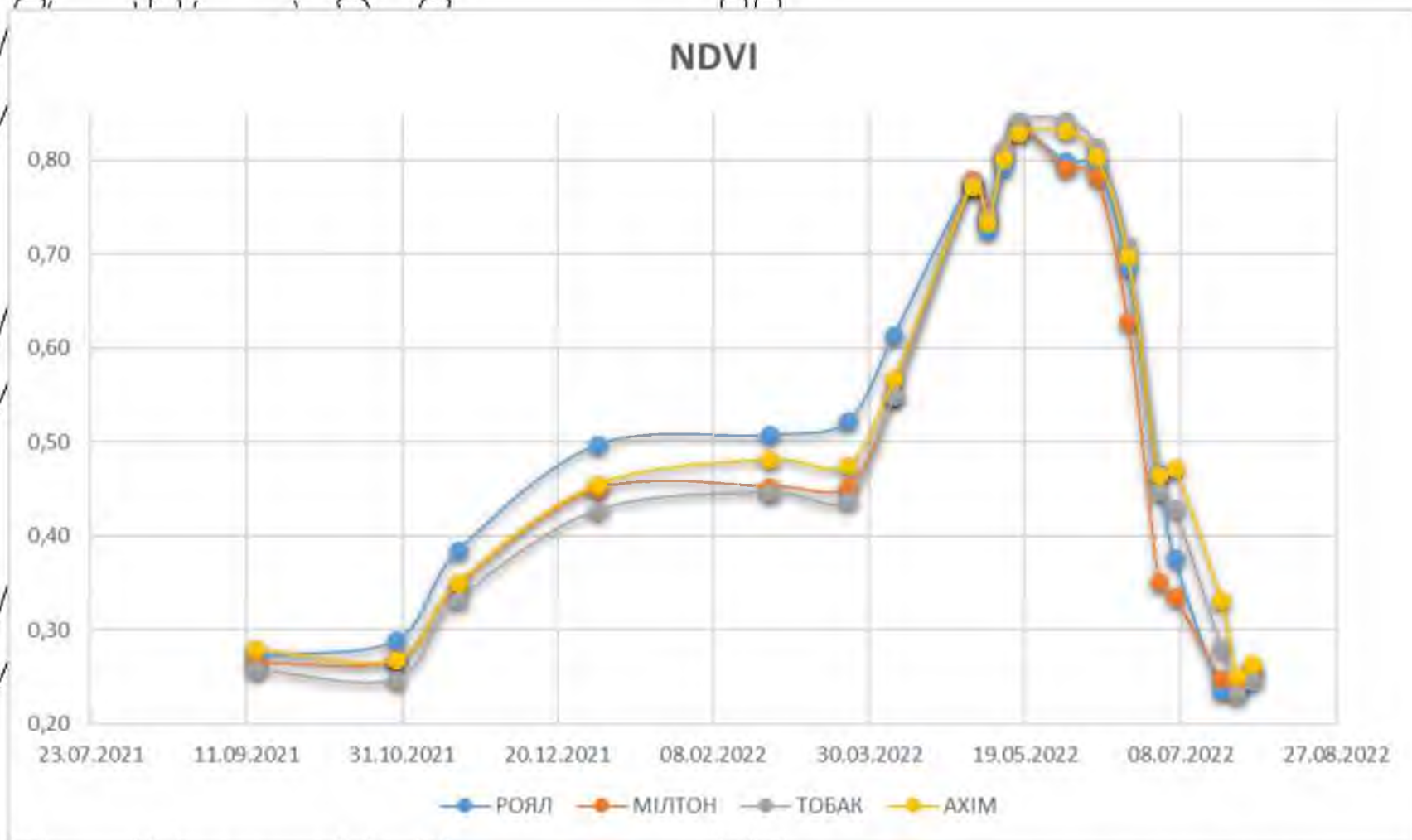


Рис. 3.3.8 Графік розподілу значень індексу NDVI різних сортів пшениці озимої, 2022 р.

# НУБІП УКРАЇНИ

Розподіл середніх значень вегетаційного індексу NDVI у цифровому вигляді по сортах.

Таблиця 3.3.1

Дата знімку	РОЯЛ	МІЛТОН	ТОБАК	АХІМ
-------------	------	--------	-------	------

# НУБІП УКРАЇНИ

# НУБІП УКРАЇНИ

З даних таблиці 3.3.1 помітний етап проходження активної фази вегетації пшениці озимої, через високі показники індексу NDVI (вище 0,6), що тривав з початку травня і закінчився вкінці червня.

Отже, вегетаційні індекси – важливий інструмент управління врожаєм. За рахунок швидкості отримання даних та доступності набирає все більшу популярність на електронних платформах для аграріїв. Судячи з проведеного аналізу стану посівів пшениці, для пересічного аграрія достатньо застосовувати

універсальні вегетаційні індекси, але для отримання детальної інформації слід проводити комплексну індексну оцінку, що потребує високої кваліфікації.

# НУБІП УКРАЇНИ

14.09.2021	0,27	0,26	0,26	0,28
29.10.2021	0,29	0,27	0,25	0,27
18.11.2021	0,38	0,35	0,33	0,35
02.01.2022	0,50	0,45	0,43	0,46
26.02.2022	0,51	0,45	0,45	0,48
23.03.2022	0,52	0,45	0,44	0,48
07.04.2022	0,61	0,55	0,55	0,57
02.05.2022	0,78	0,78	0,77	0,77
07.05.2022	0,72	0,74	0,74	0,73
12.05.2022	0,79	0,81	0,81	0,80
17.05.2022	0,83	0,84	0,84	0,83
01.06.2022	0,80	0,79	0,84	0,83
11.06.2022	0,79	0,78	0,81	0,80
21.06.2022	0,69	0,63	0,71	0,70
01.07.2022	0,47	0,35	0,45	0,46
06.07.2022	0,38	0,34	0,43	0,47
21.07.2022	0,24	0,25	0,28	0,33
26.07.2022	0,24	0,24	0,23	0,25
31.07.2022	0,25	0,26	0,25	0,27

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

### 3.4 Вміст макроелементів у рослинах пшениці озимої

Відбір рослинних проб був здійснений, коли рослини пшениці озимої знаходились у стадії ВВСН 61-70 (цвітіння-формування зерна). Були відібрані рослини з сортового варіанту та з кожної облікової ділянки. Проводився аналіз озолоного матеріалу відібраних колосів.

Таблиця 3.4.1  
Вміст макроелементів в рослинах пшениці озимої різних сортів за наявності й відсутності прапорцевого листка (ВВСН 61-70), %

Варіант дослідження		Азот	Фосфор	Калій
сорт	наявність прапорцевого листка			
Ахім	+	1,65	0,78	0,85
	-	1,52	0,64	0,79
Гобак	+	1,67	0,75	0,87
	-	1,55	0,69	0,81
Мілт он	+	1,59	0,71	0,84
	-	1,56	0,68	0,81
Рояд	+	1,54	0,65	0,83
	-	1,53	0,63	0,82

З табл. 3.4.1 видно, що показники варіантів 2,7,8 мають менший відсоток вмісту фосфору. Важливість цього елемента для рослин важко переоцінити. Якщо порівнювати варіанти з прапорцевим та без прапорцевого листа, можна зробити висновок, що зменшення площі фотосинтетичної поверхні негативно впливає на засвоєння та використання рослиною фосфору. Аналогічне заключення і з наявністю в рослинах азоту та калію, адже накопичені у прапорцевому листку азот, після його видалення, не може брати участі у процесі реутилізації і в результаті утворення білкових сполук стає обмеженим.

### Показники якості зерна пшениці озимої

Під час вирощування пшениці озимої, важливо підвищувати не лише кількість зерна, але й показники його якості, що визначають технологічні, борошномельні властивості, а отже товарну цінність зерна.

Вміст білку та клейковини в зерні пшениці озимої є показником борошномельних та хлібопекарських властивостей, а також впливає на клас зерна. Усі варіанти без прапорцевого листа мають різке зниження кількості білку у зерні, у порівнянні із варіантами з прапорцевим листом. Це можна пояснити тим, що накопичені у прапорцевому листу азот, після його видалення, не брав участі у процесі реутилізації, а отже, утворення білкових сполук було обмежено.

Показник седиментації або метод Зелені доповнює дані, що були отримані під час вимірювання клейковини. Він об'єктивно характеризує її якісний та кількісний склад клейковини у зерні пшениці, де зі збільшенням значення, тим швидше відбувається набухання клейковини та кращі хлібопекарські властивості загалом.

Число падіння - це показник що використовується для визначення придатності пшениці для випікання хліба. За ним вимірюють активність ферменту альфа-амілази, що діє на молекули крохмалю, розщеплюючи їх до цукрів, в результаті утворюється газ, який надає пористість хлібному виробу. Рівень вмісту альфа-амілази повинен бути низьким, а отже показник числа падіння тим кращий, чим вищий. Варіанти без прапорцевого листа показали гірший результат, ніж з прапорцевим.

Результати проведення аналізу наведені у таблиці 3.4.2.

# НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.4.2

Показники якості зерна пшениці різних сортів, 2022 р.

Варіант досліджу		Вміст, %			Число падіння, сек	Показник седиментації (метод Зелені)
сорт	наявність прапорцевого листка	білку	вологи	клейко вини		
Ахім	+	13,7	13,4	24,8	254	51,0
	-	13,4	13,4	24,0	240	49,4
Тобак	+	14,7	13,2	27,1	314	60,9
	-	13,5	13,4	24,5	268	52,4
Мілтон	+	10,6	13,3	19,3	210	31,4
	-	10,0	13,6	18,5	175	27,3
Роял	+	10,5	13,6	18,6	193	30,3
	-	9,2	13,4	16,7	152	24,7

Сухим вважається зерно пшениці озимої, вміст води у якому за стандартом не перевищує 14%. Зазвичай під час тривалого зберігання показник вологості може збільшуватись, у зв'язку з сорбцією води з повітря. Останні роки період збирання супроводжується рясними опадами і агропродуcentи чекають вдалого моменту, щоб зібрати врожай. Найкраща стійкість для зберігання зерна забезпечується при вмісті води 12 – 13%. Аналізуючи отримані показники можна зробити висновок, що вологість у всіх варіантах була нижче 14%, а отже задовільна і не потребує доробки за цим параметром.

Отже, можна зробити висновок, що видалення прапорцевого листа особливо негативно впливає на якісні показники зерна пшениці, що може призвести до пониження класу реалізації врожаю за діючими стандартами.

### 3.5 Урожайність, структура врожаю та якість за різних технологічно-спектральних параметрів сортів пшениці

Для характеристики елементів структури врожаю пшениці озимої були обрані такі параметри як кількість продуктивних пагонів, кількість колосків та зерен, маса 1000. В результаті отриманих даних, була розрахована урожайність по кожного сорту та з дослідних ділянок і виведене середнє значення по варіантах (табл. 3.5.1).

Для обрахунку була застосована формула:

$$Y = (P * Z * G) / 10000,$$

де P - кількість рослин, шт/м<sup>2</sup>;

Z - кількість зерен з колоса, шт;

G - маса 1000, г)

Також був врахований перерахунок на стандартну вологість.

Таблиця 3.5.1

Характеристика елементів структури врожаю пшениці озимої, 2022 р.

Варіант	Кількість продуктивних пагонів, шт/росл	Кількість колосків, шт/м <sup>2</sup>	Кількість колосків, шт/колосу	Кількість зерен, шт/колос	Кількість зерен, шт/росл	Маса 1000 насінин, г	Маса зерен, г/м <sup>2</sup>	Урожайність, т/га*
1 Ахім (з прапорцевим листком)	2,0	11200	32	52	104	43,3	1576	6,8
2 Ахім (без прапорцевого листка)	2,0	10500	30	48	96	38,2	1284	5,0
3 Тобак (з прапорцевим листком)	2,3	11900	34	60	120	42,0	1764	7,4
4 Тобак (без прапорцевого листка)	2,3	11900	34	62	124	34,1	1480	5,0
5 Мілтон (з прапорцевим листком)	2,0	11200	32	45	90	48,7	1534	7,5
6 Мілтон (без прапорцевого листка)	2,0	11200	32	44	88	46,0	1417	6,5
7 Роял (з прапорцевим листком)	1,9	11900	34	41	82	44,7	1283	5,7
8 Роял (без прапорцевого листка)	1,9	11200	32	40	80	44,0	1232	5,4

\* у перерахунку на стандартну вологість



Кількість колосків у пшениці є важливим компонентом для загальної продуктивності і прямо впливає на урожайність зерна пшениці озимої. Вважається, що вона пов'язана з кількістю судинноволокнистих пучків, кожен з яких забезпечує живлення одного колоску [14]. Найбільша кількість колосків з рослини була виявлена на 3,4 та 7 варіантах і становила 34 штуки, найменша у 2 варіанті - 30 штук (рис. 3.5.1).

1 Ахім      2 Ахім П-      3 Тобак      4 Тобак П-  
5 Мілтон      6 Мілтон П-      7 Роял      8 Роял П-

35

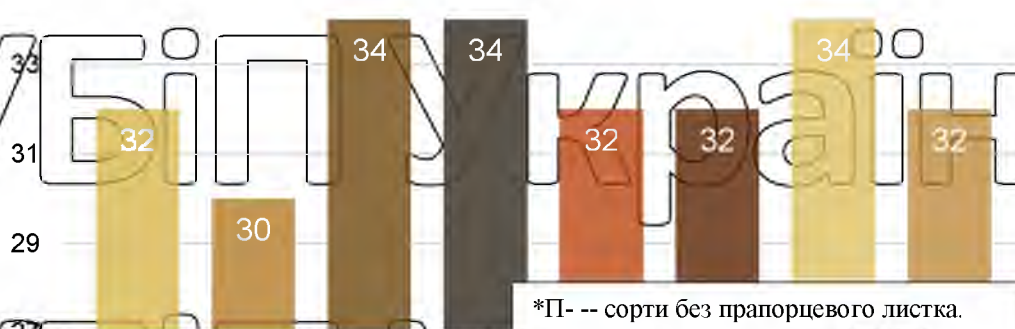


Рис. 3.5.1 Кількість колосочків на рослинах варіантів дослідів, шт/колос

1 Ахім      2 Ахім П-      3 Тобак      4 Тобак П-  
5 Мілтон      6 Мілтон П-      7 Роял      8 Роял П-

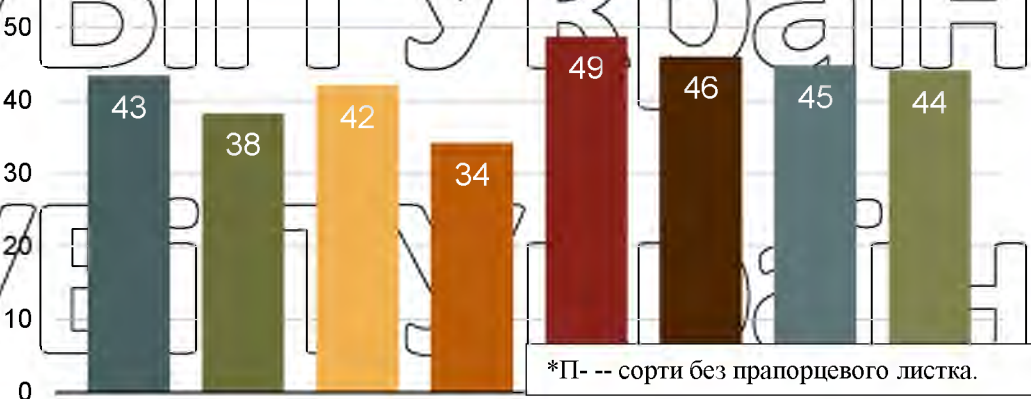


Рис. 3.5.2. Маса 1000 насінин пшениці озимої різних сортів (г), 2022 р.

Рослини 1 варіанту сформували на 2 колоски більше, ніж другого. Рослини варіантів 3 і 4, 5 і 6 за усередненими даними, мали однакову кількість

колосків, а рослини 7 варіанту сформували на 2 колоски більше, ніж у восьмому.

На завершальних фазах росту та розвитку рослин збільшення врожайності досягається виповненістю зерна. Найкраще виповненість зерен

пшениці озимої характеризується показником маса 1000 насінин. Аналізуючи

отримані показники, можна зробити висновок, що у варіантах, в яких був видалений прапорцевий листок, параметр маси 1000 насінин був суттєво

нижчим. Також за візуальною оцінкою зерен було помічено, що зерна у

варіантів 2 і 4 були недовиповненими, був наявний певний відсоток щуплих

зерен. У той час як при візуальній оцінці 1,3,5,6,7,8 варіантів зерна були нормальні, достатньо виповнені.

Основним результатом праці агровиробників є отримання зерна. На його кількість з певної площі та якість впливає ряд біотичних та абіотичних

чинників. При забезпеченні оптимальної технології вирощування пшениці

озимої, можна розкрити біологічний потенціал сорту та превентивно недопустити технологічні ризики втрат врожаю. Досліджувані сорти є

високоінтенсивними з високим потенціалом продуктивності. Розподіл

врожайності по варіантах наведений на рисунку 3.5.3.

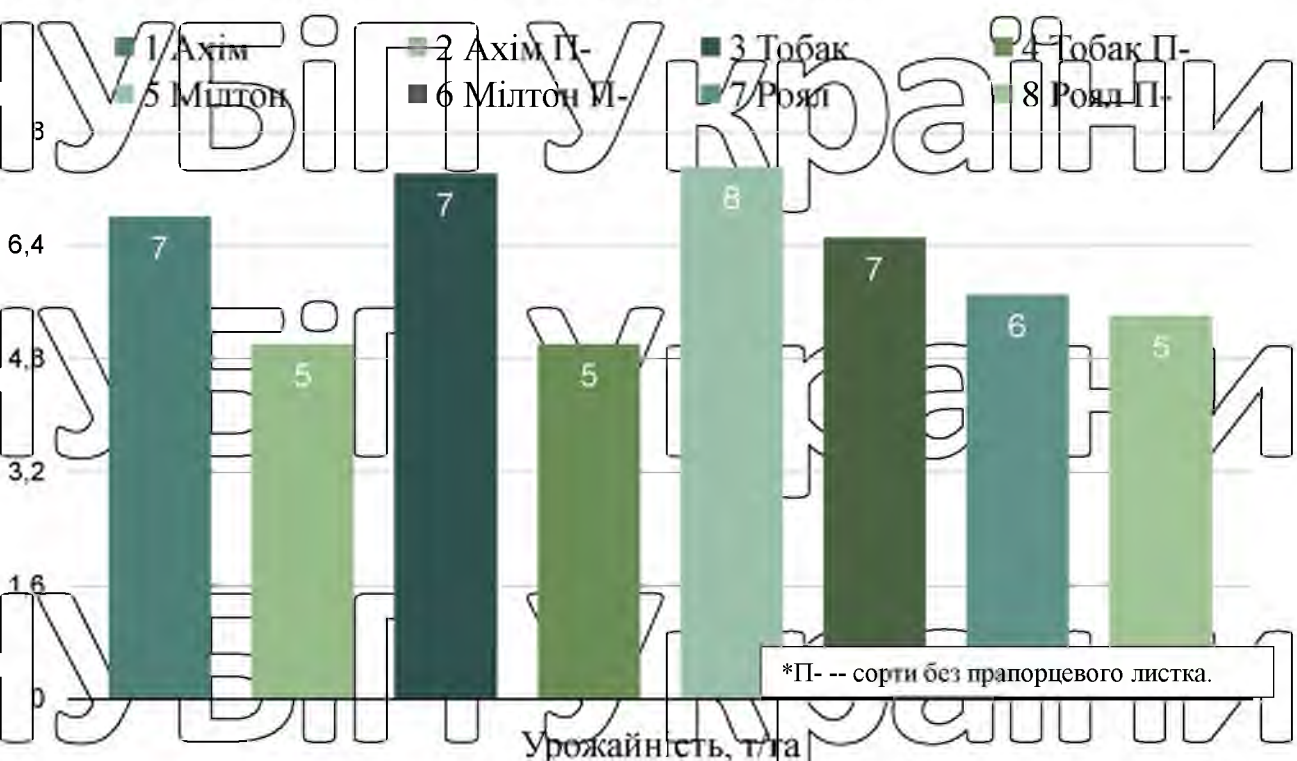


Рис. 3.5.3 Розподіл врожайності у варіантах дослідів, 2022 р.

Найвища врожайність була отримана у 5 та 2 варіантах із сортами Мілтон і Тобак відповідно. Врожайність у другому варіанті сорту Ахім (без прапорцевого листка) була на 1,8 т менше, ніж на першому варіанті сорту Ахім (з прапорцевим листком). Показник врожайності у 4 варіанті сорту Тобак (без прапорцевого листка) був на 2,4 т менше, ніж на 3 варіанті сорту Тобак (з прапорцевим листком) – у цьому варіанті найбільше значення різниці по варіантах. Врожайність 6 варіанту (сорт Мілтон, без прапорцевого листка) на 0,8 т менша ніж на п'ятому варіанті (сорт Мілтон з прапорцевим листком), а показник врожайності 8 варіанту (сорт Роял, без прапорцевого листка) на 0,3 менше, ніж у сьомому варіанті (сорт Роял з прапорцевим листком).

Отже, можна зробити висновок, що різке зменшення фотосинтетичної площі рослин обумовлює зниження врожайності на високоінтенсивних сортах від 5% до 30%.

### 3.6 Економічна ефективність вирощування пшениці озимої за різних параметрів синтезуючої поверхні рослин

Аналізуючи складові агротехнічного процесу, економічна частина відіграє одну з ключових ролей, вказуючи на економічну доцільність застосування факторів, що досліджуються. Ефективність вирощування культури є узагальнюючою економічною категорією, що здатна відобразити результативність застосованої технології, або ж її окремих елементів, що підтверджується підвищенням базових показників економічної ефективності.

Умови сьогодення характеризуються стрімким підвищенням цін на засоби виробництва, що призводить до зниження рентабельності виробництва і зростанню собівартості вирощуваної продукції, що обумовлює необхідність скорочення витрат в користь найбільш економічно вигідних елементів технології вирощування.

Також, за вирощування сільськогосподарських культур слід враховувати ризики економічних втрат, що пов'язані із негативним впливом елементів технології. Технологічна помилка у критичну фазу росту і розвитку культури може як значно зменшити врожайність культури, так і знищити посіви. У ході нашого дослідження відображена імітація видалення прапорцевого листа на різних сортах і розрахована економічна ефективність за отриманою врожайністю.

Критеріями економічної ефективності, що представлені в роботі є виробничі витрати, вартість врожаю, собівартість 1 тони продукції, дохід та рентабельність. Вартість вирощеної продукції була розрахована за актуальними цінами сезону 2022 року. Виробничі витрати були обраховані на основі аналізу технологічної карти вирощування пшениці озимої. Основні статті витрат складають вартість добрив та паливо-мастильних матеріалів. Собівартість розрахована як сума витрат на вирощування одиниці продукції. Рівень рентабельності обчислений як співвідношення доходу і витрат у відсотках (табл. 3.6.1).

Вартість врожаю розрахована за ціною врожаю пшениці 2 класу – 5200 грн/т. Максимальний рівень доходу забезпечив сорт Мілтон за врожайності 7,50 т/га – 17000 грн/га, при чому варіант з видаленням прапорцевого листа на цьому сорті мав дохід 11500 грн/га з урожайністю 6,50 т/га. Можна зробити висновок, що на найбільш продуктивному сорті за впливу цього чинника дохід зменшився на 32%. Мінімальний рівень доходу забезпечив сорт Роял із урожайністю 5,70 т/га – 7100 грн/га. Максимальний відсоток зменшення доходу за рахунок видалення прапорцевого листа показав сорт Тобак із різницею в 86,8%, на другому місці сорт Ахім – 83,2%. Найвища собівартість вирощування була на варіантах Ахім без прап. л. і Тобак без прап. л. – 5100 грн/т, найменша собівартість вирощування у сорта Мілтон - 3233 грн/т, що пояснюється рівнем врожайності варіантів.

Таблиця 3.6.1

Економічна ефективність вирощування пшениці озимої з різними технологічно-спектральними параметрами рослин,

Варіанти дослідів	Урожайність, т/га	Вартість врожаю, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Дохід, грн/га	Собівартість, грн/т	Рівень рентабельності, %
1 Ахім (з прапорцевим листком)	6,80	37400	25500	11900	3750	46,7
2 Ахім (без прапорцевого листка)	5,00	27500	25500	2000	5100	7,84
3 Тобак (з прапорцевим листком)	7,40	40700	25500	15200	3446	59,6
4 Тобак (без прапорцевого листка)	5,00	27500	25500	2000	5100	7,84
5 Мілтон (з прапорцевим листком)	7,50	41250	24250	17000	3233	70,1
6 Мілтон (без прапорцевого листка)	6,50	35750	24250	11500	3731	47,4
7 Роял (з прапорцевим листком)	5,70	31350	24250	7100	4254	29,3
8 Роял (без прапорцевого листка)	5,40	29700	24250	5450	4491	22,5

2022р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Розподіл рівня доходу та собівартості вирощування по варіантах досліду в зображено на рисунку 3.6.1.

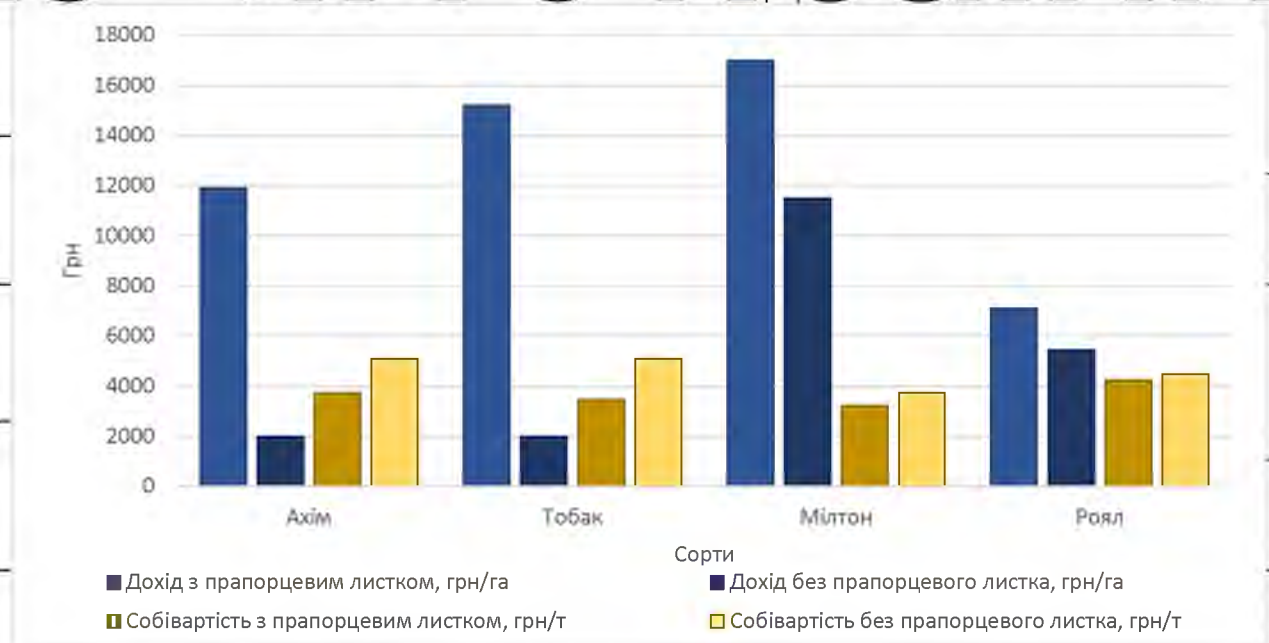


Рис 3.6.1 Графік розподілу рівня доходу та собівартості врожаю зерна різних сортів пшениці озимої, 2022р.

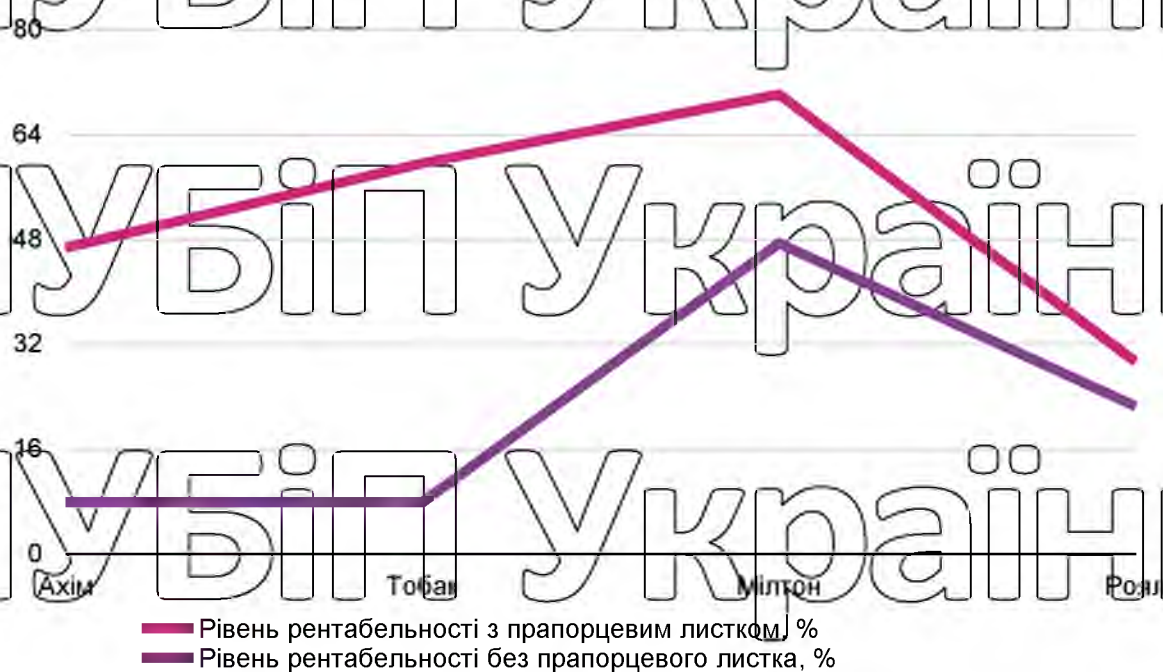


Рис 3.6.2 Графік розподілу рівня рентабельності різних сортів пшениці озимої, 2022р.

Рівень рентабельності вирішальний показник результату вирощування культури. Вказує на співвідношення доходу і витрат. За умов нашого дослідження найбільшу рентабельність має сорт Мілтон із показником 70,1%, високі відсотки мають сорти Ахім і Тобак - 46,7% і 59,6%. Найменша рентабельність у сорту Роял - 29,3%. У варіантах з видаленням прапорцевого листка вплив цього фактору найбільше повпливав на рентабельність сортів Ахім і Тобак - 7,8%, найменше на сорт Роял - 22,5%.

Отже, економічний аналіз вирощування різних сортів пшениці озимої вказав на важливість підбору сорту для конкретних умов господарства що виражається у ступені реалізації його потенціалу. Також доведено вплив видалення листків верхнього ярусу на врожайність різних сортів, згідно варіантів дослідження.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## ВИСНОВКИ

Результати проведення польових і лабораторних досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

1. Пошкодження пропорцевого листка пшениці озимої у пізні строки негативно позначається на репродуктивному етапі розвитку і, як результат на урожайності та якості зерна. Так урожайність сорту Тобак знизилась на 2,4 т/га, а вміст білку - на 1,2%.

2. Сортова реакція пшениці озимої на пошкодження пропорцевого листка має свої відмінності у врожайності. Так сорт Ахім показав зменшення урожайності на 1,8 т/га, а сорт Роял на 0,3 т/га. Вміст білку в зерні пшениці озимої сорту Роял зменшився на 1,3 %, що зменшило класність зерна, а в зерні сорту Мілтон на 0,6%.

3. Пошкодження площі прапорцевого листка пшениці озимої негативно впливає на біометричні параметри рослин. Так довжина колосу, порівняно з повноцінними рослинами, зменшилася на 0,7-0,5 см, товщина стебел зменшилася на 0,1-0,4 см.

4. Сортова реакція на пошкодження прапорцевого листка має істотні відміни. Насамперед це пов'язано з географічною районованістю, що позначилося на розкритті генетичного потенціалу рослин. Так сорти німецької селекції Ахім і Тобак реагують більш виражено, порівняно із сортами канадської селекції - Мілтон і Роял за рахунок різниці ступеня стиглості.

5. Пошкодження пропорцевого листка пшениці озимої позначається на засвоєнні елементів живлення рослинами. Так вміст азоту зменшився на 0,01-0,13%, вміст фосфору 0,02-0,14%, вміст калію 0,01-0,07%.

6. Спектральна характеристика фітоценозів пшениці озимої дозволяє ідентифікувати етапи вегетації різних сортів. У діапазоні вегетаційних індексів NDVI, SAVI, ARVI встановлено більш ранній початок осінньої вегетації сорту Роял, що підтверджується наземними дослідженнями.

7. Інтерпретація супутникових даних у відкритому сервісі EOS Landviewer через вегетаційні індекси NDVI, SAVI, ARVI та інші дозволяє

контролювати загальний стан фітоценозів пшениці озимою з прив'язкою до сортових особливостей.

8. Супутниковий моніторинг фітоценозів пшениці озимої повинен мати комплексний підхід до їх спектральних характеристик. Інформативність індексної інтерпретації супутникових даних у різні етапи вегетації рослин залежить від вибору спектральних каналів та їх математичної обробки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрохімічний аналіз: Підручник / М.М. Городній, А.П. Лісовал, А.В. Бикін та ін. / За ред. М.М. Городнього. - К.: Арістей, 2005. - 468 с.
2. Агрохімічний дистанційний моніторинг фітонеозів: навчальний посібник / Н.А. Пасічник, В.П. Лисенко, О.О. Опришко, Д.С. Комарчук - Київ. НУБіП України: 2019. - 268 с.
3. Адамень Ф. Ф. Площа листкової поверхні озимої пшениці як фактор продуктивності / Ф. Ф. Адамень, Л. А. Радченко, К. Т. Женченко // Таврійський наук. вісн. – 2010. – № 71, ч. 3. – С. 40–41.
4. Генетичні та селекційні критерії створення сортів зернових культур спирто-дистильного напрямку технологічного використання зерна. напрямку технологічного використання зерна / О.І. Рибалка, М.В. Червоніс, Б.В. Моргун, В.М. Починок, С.С. Поліщук // Фізіологія та біохімія культурних рослин. — 2013.
5. Данкевич В.Є., Данкевич Є.М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель // Журнал “Економіка АПК”, 2019, No 8 – [електронний ресурс]: [http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/2019/08/eapk\\_2019\\_8\\_p\\_27\\_36.pdf](http://eapk.org.ua/sites/default/files/eapk/2019/08/eapk_2019_8_p_27_36.pdf)
6. Дергачов О.Ю. Вплив строків сівби на тривалість основних періодів вегетації озимої пшениці в центральному лісостепу України // Вісник ІНЗ АІВ Харківської області. – 2012. Вип. 12. – С. 57-64.
7. Дубовик Д.Ю. Залежність періоду післязбирального дозрівання зерна пшениці озимої від строків сівби та попередників. Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2015.
8. Дудкіна О. Урожай формує листя [Електронний ресурс]: Олена Дудкіна, Анна Каплун // Пропозиція – 2010. – № 6. – С. 20 – 22. – [режим доступу]: <http://www.propo-zitsiya.com/?page=149&itemid=3317&number=110>.
9. Добрива та їх використання: Навчальний посібник/ І.У. Марчук, В.М. Макаренко, В.Є. Розстальний, А.В. Савчук, Є.А. Філонов. - К.: Арістей, 2014. - 258 с.

10. Доспехов Б.А. Методика польових дослідів. – М.: Колос. 1979. - 416 с.

11. Жук О. І. Ростові процеси у стеблі озимої пшениці за різного забезпечення мінеральними живленням. УДК 581.1

12. Жолобак Г. Дистанційний моніторинг стану пшениці озимої протягом весняно-літньої вегетації 2016 року за вегетаційними індексами супутника Sentinel-2A (на прикладі лісостепової зони України)// Український журнал - ДЗЗ-15.2017. -23-30. -- [електронний ресурс]:(<https://ujrs.org.ua/ujrs/article/download/115/132>)

13. Жолобак Г.М. Використання методів дистанційного зондування землі для моніторингу агро-ресурсів України// Журнал "Космічна наука і технологія". 2010. Т. 16. №6 -- [електронний ресурс]:<https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/knit/2010-16/knit-2010-16-6-03.pdf>

14. Кордін О., Тарасенко О. Особливості вирощування сортів озимої пшениці в 2020 році // Журнал Агроном. 2021. [електронний ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-vyroshhuvannya-sortiv-ozymoyi-pshenytsi-v-2020-rotsi/>

15. Коруняк О. "Фенологічні фази росту та розвитку зернових культур згідно міжнародної системи ВВСН." Аграрна наука та освіта в умовах Євроінтеграції. 2018.

16. Критерії вибору сорту озимої пшениці//“ФІРМА ЕРІДОН” 27.11.2018. [електронний ресурс]:<https://www.eridon.ua/kriteriyi-viboru-sortu-ozimoyi-pshenytsi>

17. Кудря Н. А., Кудря С. І. Вплив попередників озимої пшениці на вміст поживних речовин у ґрунті// Журнал Агроном. – 2021. [електронний ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/vplyv-poperednykiv-ozymoyi-pshenytsi-na-vmist-pozhyvnyh-rechovyn-u-grunti/>

18. Куперман Ф. М. Физиология развития роста и органогенеза пшеницы / Ф. М. Куперман // Физиология с.-х. растений. – М.: Изд-во МГУ, 1969. - С. 7-15.

19. Козак, О. Як впливає коливання температури на якість пшениці // Журнал Пропозиція. – 2017.- [електронний ресурс]: <https://propozitsiya.com/ua/yak-vplyvaye-kolyvannya-temperatur-na-yakist-pshenyce>

20. Корхова М. Терміни сівби пшениці озимої // Журнал «Пропозиція» – №10, 2019. - [електронний ресурс]: <https://propozitsiya.com/ua/terminy-sivby-ozymoi-pshenyce>

21. Конопльова Є.Л. Особливості росту та розвитку рослин пшениці озимої у період весняно-літньої вегетації в північному степу України [електронний ресурс]: [https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/2300/1/bisg\\_2013\\_4\\_31.pdf](https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/2300/1/bisg_2013_4_31.pdf)

22. Лисенко, В.П. (2017) Перспективи використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу стану азотного живлення зернових культур / В.П. Лисенко, Н.А. Пасічник, О.О. Опришко, Д.С. Комарчук, Н.О. Опришко // Збірник наукових праць Національного наукового центру "Інститут землеробства НААН". – 2017. Вип. 2. С.108-114.

[http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml\\_2017\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2017_2_12)

23. Лисенко, В.П. Дистанційне зондування зернових культур для програмування врожаю. [Монографія] / Лисенко В.П., Опришко О.О.,

Комарчук Д.С., Пасічник Н.А. – К. "ЦП Компринт" – 367 с.

24. Макрушин М.М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин. За редакцією професора М. М. Макрушина. Підручник – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 416 с.

25. Малиш І. Як проконтролювати злакові бур'яни у посівах пшениці? // Журнал Агроном. – 2021. [електронний ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/yak-prokontrolyuvaty-zlakovi-bur-yany-u-posivah-pshenytsi/>

26. Марчук І. У. Діагностика живлення рослин / І. У. Марчук, Н. М. Бикіна, Н. П. Бордюжа. – К.: Вид. центр НУБІП України, 2016. - 242 с. – С.61-81.

27. Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М. Дослідження анатомо-морфологічної будови стебла пшениці озимої в агроценозах правобережного

28. Мазур В. А., Горшар В. І., Конопльов О. В. Екологічні проблеми землеробства. К.: Центр наукової літератури. 2010. С. 34-45.

29. Мейменг Д., Ногучі Н. Моніторинг стану росту пшениці та картографування просторових варіацій врожайності пшениці в межах поля з використанням кольорових зображень, отриманих із системи камер БПЛА.

Дистанційне зондування. - 2017. - 289.--[електронний

ресурс]:(<https://www.mdpi.com/2072-4292/9/3/289/pdf>)

30. Михальська Л. М. Сучасна система живлення пшениці//Журнал Агроном. 2021. – [електронний ресурс]:(<https://www.agronom.com.ua/suchasna-systema-zhyvlennya-pshenytsi/>)

31. Михальська Л.М. Фази розвитку зернових і процес формування врожаю // Журнал Агроном. – 2021. [електронний ресурс]:  
<https://www.agronom.com.ua/fazy-rozvytku-zernovyh-i-protses-formuvannya-vrozhayu/>

32. Нетіс І. Т. Пшениця озима на півдні України: [монографія] / Нетіс І. Т. – Херсон: Олдіпрес, 2011. – 460 с.

33. Носатовський А. І. Пшениця / Носатовський А. І. – М.: Сільхозгиз. – 568 с.

34. Особливості весняного підживлення озимих зернових/Сергій Авраменко, канд. с.-г. наук, пров. наук. співр., докторант; Сергій Попов, д-р с.-г. наук, професор; Олександр Курилов, аспірант, Тетяна Шелякіна, мол. наук. співр., Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН (м. Харків) //журнал «Агроном» 07.03.2018. [Ел.ресурс: <https://www.agronom.com.ua/osoblyvosti-vesnyanogo-pidzhyvlennya-ozymyh-zernovyh/>]

35. Пасічник Н.А. Методика прогнозування обсягів врожаю на базі даних дистанційного зондування високої просторової розподільчої здатності на прикладі пшениці// Науково-практичний журнал “Збалансоване

природокористування” – [електронний

ресурс]: <http://mystukr.mari.kiev.ua/index.php/2310-4678/article/view/208824>

36. Пасічник, Н. А. (2020) Створення вегетаційних індексів для потреб точного землеробства засобами MathCad / Н. А. Пасічник, В. П. Лисенко, О. О. Опришко, В. О. Мірошник, Д. С. Комарчук // Рослинництво та ґрунтознавство. Том 11, № 2 (2020). С. 50-58.

37. Прогопіш, І. "Залежність зернової продуктивності пшениці озимої від площі прапорцевого листка." Вісник аграрної науки 94.2 (2016): 64-67.

38. Таран, Н., et al. "Морфологічний фенотайпінг сортів пшениці озимої для відбору генотипів з підвищеним адаптивним потенціалом." Вісник аграрної науки 94.3 (2016): 35-38.

39. Трипольська Г. Як проявляється зміна клімату в Україні? // [електронний ресурс]: <https://ua.boell.org/uk/2020/06/09/yak-proyavlyetsya-zmina-klimatu-v-ukraini>

40. Уліч Л.І., Уліч О.Л. Вплив висоти рослини сортів пшениці озимої на стійкість до вилягання і продуктивність посівів // Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. - К., 2016. - № 4. - С. 55-64.

41. Умрихін Н., Мостіпан М., Гайденко О. Озима пшениця: агротехнології для стабільної врожайності/ Журнал «Агрономія Сьогодні» №43, 10 серпня 2021

42. Опришко О. О. Перспективи використання безпілотних роботизованих літальних апаратів для раціонального використання добрив /О. О. Опришко, Д. С. Комарчук, Н. А. Пасічник. – матеріали МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ "Сучасні проблеми землеробської механіки". – НУБІП України. – 2015. – сс. 23-25. 6. IMGonline.com.ua [Електронний ресурс] : Web-сайт. – Обробка JPEG фотографій онлайн. – Режим доступу: <http://www.imgonline.com.ua/exif-inforesult.php>.

43. Орлов О. Вплив строку сівби на витрати поживних речовин пшеницею// Журнал Агроном. – 2021. [електронний

ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/poverhneve-vnesennya-azotnyh-dobryv-na-pshenytsi/>

44. Рим Е. Супутниковий моніторинг посівів та стану культур // [електронний ресурс]: <https://eos.com/uk/blog/suputnykovyi-monitorynh-posiviv/>

45. Фізіологічна роль антиоксидантних процесів у забезпеченні посухостійкості озимої пшениці — Т.П. Маменко, О.А. Ярошенко, І.М. Михалків. Физиология растений и генетика. 2014. Т. 46. №1

46. Хоменко, Л. "Фізіологічні аспекти селекції пшениці озимої на адаптивність." Вісник аграрної науки 98.10 (2020): 33-38.

47. Черлінка В. NDVI: Що Потрібно Знати Фермеру Для Аналізу Вегетації?// – [електронний ресурс]: <https://eos.com/uk/blog/ndvi-pytannia-i-vidpovid/>

48. Ярошко М. Вилягання зернових – велика небезпека // Журнал Агроном. 2021. – [електронний ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/vylyagannya-zernovyh-velyka-nebezpeka/>

49. Ярошенко С.С. Морозостійкість і продуктивність пшениці залежно від агротехнічних прийомів вирощування // Журнал Агроном. 2022. [електронний ресурс]: <https://www.agronom.com.ua/morozostijkist-i-produktyvnist-pshenytsi-zalezhno-vid-agrotehnichnyh-pryjomiv-vyroshtuvannya/>

50. EOSDA LandViewer: Подолання проблем глобальних змін за допомогою супутникових даних // [електронний ресурс]: <https://eos.com/uk/products/landviewer/>

51. Fiona Burnett. The importance of protecting the flag leaf in winter wheat // The Farm Advisory Service - 26 April 2019 (<https://www.fas.scot/news/the-importance-of-protecting-the-flag-leaf-in-winter-wheat/>)

52. Igor Korobiichuk, Vitaliy Lysenko, Oleksiy Opryshko, Dmiyriy Komarchuk, Natalya Pasichnyk, Andrzej Jus (2018) Crop monitoring for nitrogen nutrition level by digital camera / Automation 2018. Springer, 43, 595-603

53. Komarchuk D. (2019) Monitoring the Condition of Mineral Nutrition of Crops Using UAV for Rational Use of Fertilizers / D. Komarchuk, V. Lysenko, O.



Opryshko, N. Pasichnyk // Advanced Agro-Engineering Technologies for Rural Business Development 2019. pp. 293-319. [електронний ресурс]: <https://www.igi-global.com/chapter/monitoring-the-condition-of-mineral-nutrition-of-crops-using-uav-for-rational-use-of-fertilizers/225689>

54. Kshitij, Srivastava (2019) UAVs technology for the development of GUI based application for precision agriculture and environmental research / Kshitij Srivastava, Aman Jain Bhutoria, Jyoti K. Sharma, Aakash Sinha, Prem Chandra Pandey // Remote Sensing Applications: Society and Environment, Vol.16, 100258, <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.100258>;

55. Liu Xue-jing, Yin Bao-zhong, Hu Zhao-hui and others. Physiological response of flag leaf and yield formation of winter wheat under different spring restrictive irrigation regimes in the Haihe Plain, China - Accepted 28 July 2021 CAAS. Published by Elsevier.

56. Martin Nagelkirk. Flag leaf emergence in winter wheat. Michigan State University Extension May 17, 2011 ([https://www.canr.msu.edu/news/flag\\_leaf\\_emergence\\_in\\_winter\\_wheat](https://www.canr.msu.edu/news/flag_leaf_emergence_in_winter_wheat))

57. Richards R. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. Journal of Experimental Botany, 51, 447–458.

58. Strydom S., Hall L., Perrott L. Plant growth regulators: What agronomists need to know. Crops and Soils. 2018. Vol. 51(6). P. 22–26.

59. Tkachuk, S., Svitlana Trusheva, and Oksana Oliinyk. "Efficiency of complex use of plant growth regulation and micro fertilizers" - 2.82, 2018.

60. Сайт «rp5.ua» [Електронний ресурс]/ Режим доступу: [https://rp5.ua/Архів\\_погоди](https://rp5.ua/Архів_погоди)

61. Сайт «Державна служба статистики України» [Електронний ресурс]/ Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>

62. Супутник Sentinel-2//[електронний ресурс]: Sentinel Online - ESA - Sentinel Online/<https://sentinels.copernicus.eu>

## ДОДАТКИ

Додаток А.1 Супутникові знімки дослідного поля високої роздільної  
здатності

Додаток Б.1 Сортовідміни пшениці озимої у полі, зверху-вниз ВВСН 51-61-80



Додаток А.2 Дослідна ділянка сорту Ахім (ВВСН 60)



Додаток Б.2 Дослідна ділянка сорту Мілтон (ВВСН 80)



Додаток В.2 Дослідна ділянка сорту Роял (зліва-ВВСН 80 та справа-ВВСН 51)

Додаток А.3 Підготовка та проведення біометричних обліків, огляд стану посівів



Додаток Б.3 Аналіз якісного складу зерна пшениці озимої



Додаток В.3 Проведення лабораторних досліджень із визначення вмісту макроелементів в рослинах

