

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ  
МИРОНІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ ПШЕНИЦІ ІМЕНІ В. М. РЕМЕСЛА

МЕТОДИКА ОЦІНКИ СЕЛЕКЦІЙНОГО  
МАТЕРІАЛУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЩОДО  
ЗБУДНИКА *TILLETIA CARIES* TUL. В УМОВАХ  
ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Методичні рекомендації

Центральне, 2025

УДК: 633.11:632.485.2

Розглянуто та затверджено до друку

Вченою радою Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла  
НААН України, протокол № 12 від 25.08.2025 року

Рецензенти:

Волощук О. П. – доктор сільськогосподарських наук, професор, головний науковий співробітник відділу селекції сільськогосподарських культур Інституту сільського господарства Карпатського регіону НААН України;

Пикало С. В. – кандидат біологічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України.

**Авторський колектив:** Демидов О.°А., Кириленко В.°В.,  
Гуменюк О.°В., Мурашко Л.°А., Судденко Ю. М., Хорошко Н. М., Муха Т.І.,  
Олефіренко Б. А. Методика оцінки селекційного матеріалу пшениці озимої щодо збудника *Tilletia Caries* Tul. в умовах Лісостепу України. *Методичні рекомендації*. Київ : Компринт, 2025. 49 с.

ISBN 978-617-8571-92-4

Методичні рекомендації присвячені теоретичному обґрунтуванню та новому розв'язанню актуального наукового завдання щодо створення селекційного матеріалу та виявленню нових джерел стійкості пшениці м'якої озимої проти *Tilletia caries* Tul. в умовах Центрального Лісостепу України.

Наукові методичні рекомендації адресовані науковцям, аспірантам, докторантам, викладачам навчальних закладів, студентам ЗВО та фахівцям агропромислових підприємств різних форм власності.

За довідками звертатися:

Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН  
Адреса: вул. Центральна 68, корп. 2, с. Центральне, Миронівська ТГ,  
Обухівський р-н., Київська обл., 08853,  
Тел. (077)–737–00–33  
E-mail: office@mip.com.ua, mwheats@ukr.net  
www.mip.com.ua

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОДУ <i>TILLETIA</i> .....	6
1.1 Тверда сажка <i>Tilletia caries</i> Tul., <i>Tilletia levis</i> Kuehn	6
1.2 Карликова сажка пшениці <i>Tilletia controversa</i> Kuehn.....	9
1.3 Летюча сажка пшениці <i>Ustilago tritici</i> (Pers., Jens).....	11
1.4 Стеблова сажка пшениці <i>Urocystis agropyri</i> (Preuss) Schrot....	13
1.5 Індійська сажка пшениці <i>Tilletia indica</i> Mitra.....	15
2. ШЛЯХИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПАТОГЕНА .....	17
3. ФІТОЕКСПЕРТИЗА ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ .....	22
4. СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО ІНФЕКЦІЙНОГО ФОНУ <i>TILLETIA</i> <i>CARIES</i> TUL. У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ.....	23
5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	27
5.1 Стійкість сортів пшениці озимої проти збудника <i>Tilletia caries</i> Tul. у центральній частині Лісостепу України.....	27
5.2 Сорти пшениці озимої з груповою стійкістю проти основних збудників хвороб .....	30
5.3 Ріст і розвиток рослин пшениці озимої, уражених збудником <i>Tilletia caries</i> Tul.....	32
5.4 Джерела стійкості пшениці озимої проти збудника <i>Tilletia caries</i> Tul.....	34
5.5 Вплив збудника <i>Tilletia caries</i> Tul. на елементи продуктивності рослин пшениці озимої.....	35
5.6 Дослідження стійкості нових сортів пшениці м'якої озимої проти <i>Tilletia caries</i> Tul.....	37
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

## ВСТУП

Пшениця є найпоширенішою на планеті культурою, на долю якої припадає близько 20 % загального споживання людством. Висока врожайність пшениці має вирішальне значення для харчування людей у світі, особливо в умовах підвищення глобальної температури, що негативно впливає на виробництво польових культур [1]. Хвороби пшениці завдають значних втрат, щорічно позбавляючи людство 20 % і більше урожаю в усьому світі [2]. Зміни погодних умов та військові дії в Україні можуть прискорити життєві цикли і посилити розширення популяцій патогенів і вірулентності, створюючи значні проблеми для формування у рослин стійкості щодо хвороб. Крім того, глобальна торгівля може збільшити ймовірність швидкого поширення збудника та його адаптації до нових середовищ, що вплине на виникнення нових захворювань. Створення і використання сортів пшениці з ефективною та тривалою стійкістю проти фітопатогенів має ряд суттєвих переваг. Передусім, стійкість проти збудників хвороб стабілізує врожайність і зменшує економічні втрати, заощаджуючи кошти для виробників, які вже стикаються з серйозними проблемами через підвищення температури, більш часті та непередбачувані стихійні лиха, а також високу та зростаючу вартість ресурсів, зокрема, пестицидів [3–5]. Надання сортам стійкості лише до окремого збудника хвороби не вирішує проблеми захисту рослин у цілому [6]. Основною проблемою сучасної селекції за стійкістю щодо фітопатогенів є забезпечення селекційного процесу джерелами й донорами групового і комплексного імунітету до хвороб [7]. Рослини пшениці озимої уражуються багатьма хворобами від посіву і до збирання, що впливає на зниження кількості урожаю та його якості. Збудниками хвороб зернових є здебільшого гриби, бактерії та віруси. Вони передаються через ґрунт, насінневий матеріал та рослинні рештки, які залишаються на полях після попередньої культури. Однією з найбільш поширених та шкодочинних хвороб пшениці озимої є тверда сажка [8].

## 1. БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОДУ *TILLETIA*

### 1.1 Тверда сажка *Tilletia caries* Tul., *Tilletia levis* Kuehn.

Збудником твердої сажки є гриби роду *Tilletia*, частіше *T. caries* Tul. (*T. tritici* Wint.) і *T. Kuehn.* (*T. foetida* Lira). Вони відрізняються між собою тільки морфологічними ознаками теліоспор. У *T. caries* виявлено кілька спеціалізованих форм, що уражують лише деякі види пшениці. Відомі *F. vulgaris* – уражує *Triticum aestivum (vulgare)*, слабо – *Tr. compactum* і дуже слабо – *Tr. durum*, *Tr. dicoccum*, *Tr. monococcum* і *Tr. timopheevi* *F. dicaccus* уражує *Tr. diccicum*, *Tr. aestivum*. Доведено, що між *T. caries* і *T. levis* можуть виникати гібриди [9]. Проявляється захворювання тільки на початку фази молочної стиглості (рис. 1).



Рис. 1 Уражені рослини та колосся пшениці озимої збудником *T. caries* Tul.

Уражений колос у цей період сплющений, має інтенсивне зелене забарвлення з синюватим відтінком, колоски розпушені. Замість молочка при роздушуванні уражених колосків у колосі, виділяється сіра рідина із запахом оселедця, через що *T. caries* Tul. ще називають сморідною. Пізніше, при дозріванні пшениці забарвлення уражених та здорових колосків стає майже однаковим. В ураженому колосі замість здорового зерна формуються сажкові мішечки (округлі чорні утворення), які легко роздавлюються і являють собою чорну масу теліоспор. У фазі воскової та повної стиглості здорове колосся під масою зерна поникає, а уражене – залишається прямостоячим, так як маса сажкових мішечків легша від маси зерна (рис. 2) [10].



Рис. 2 Уражене зерно пшениці озимої збудником *T. caries* Tul.

Зараження рослин відбувається під час проростання зерна. Теліоспори проростають, утворюючи базидію з базидіоспорами. Останні після копуляції утворюють інфекційну гіфу, яка проникає у проросток рослини. Потім у рослині утворюється міцелій, який дифузно поширюється, досягає конуса наростання, проникає в листки, стебло і колосок. Джерелом інфекції можуть бути і теліоспори, що потрапили у ґрунт, якщо попередником була уражена пшениця. У ґрунті теліоспори життєздатність зберігають недовго, вони

швидко проростають і гинуть під дією ґрунтових мікроорганізмів (рис. 3) [11].

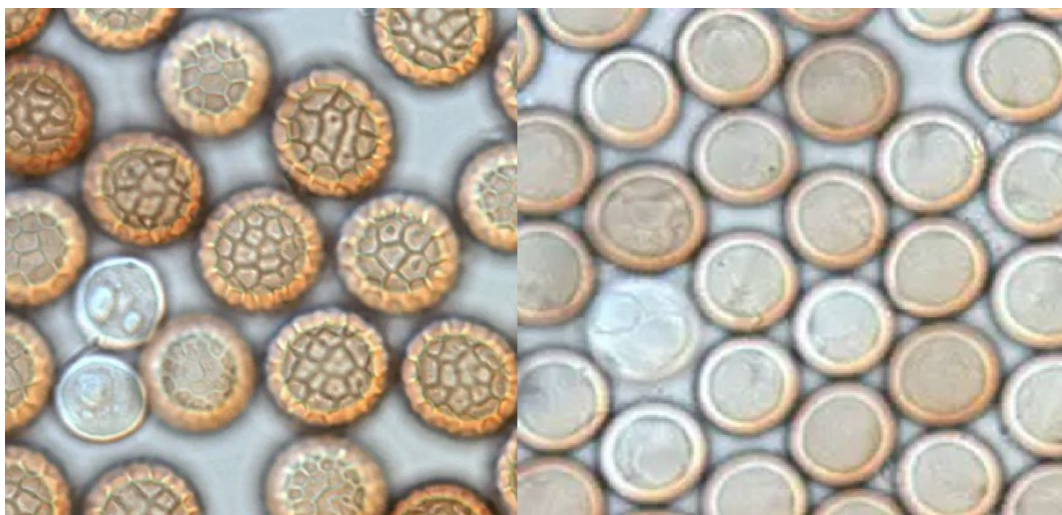


Рис. 3 Теліоспори збудників *T. caries* та *T. levis*.

Збудник *Tilletia caries* кулястої форми зі світло- або темно-коричневою оболонкою. Інкрустація оболонки сітчаста з п'ятьма п'ятикутними ребристими осередками висотою 1,40–2,10 мкм. Розмір теліоспор 14,0–25,0 x 12,60–21,0 мкм, частіше 18,90 x 18,0 мкм.

Теліоспори патогена *Tilletia levis* Kuehn. еліпсоїдної або довгастої форми, темно-коричневі з гладкою оболонкою. Розмір 13,50–22,50 x 12,60–18,0 мкм, зазвичай 17,0 x 14,0 мкм.

Крім того, що замість зерна в колосках колоса утворюється чорна спорова маса (рис. 4), захворювання нерідко є причиною зниження схожості та густоти посівів через загибель уражених рослин. Частково із зараженого зерна патоген на рослинах не проявляється (спостерігаємо прояв стійкості рослин). У таких випадках вона не утворює сажкового колосся. Це наслідок активної реакції генів стійкості пшениці на збудника хвороби. Це позначається на продуктивності рослини (прихований недобір урожаю). Найбільше твердою сажкою уражуються пізні посіви пшениці озимої та ранні – ярої. В західних і центральних областях України поширені переважно *T. caries*, *T. levis* набули поширення в південних та південно-східних, – *T. triticoides* і *T. intermedia* [12].



Рис. 4 Чорна спорова маса збудника *Tilletia levis* замість зерна

### 1.2 Карликова сажка пшениці *Tilletia controversa* Kuehn

Карликова сажка є шкодочинним захворюванням, особливо якщо пшениця озима вирощується на відносно високих місцях (300–1000 метрів над рівнем моря). Серед сажкових захворювань вона є найбільш шкідливою, через те що уражені рослини не дають врожаю, так як колосся заповнюється теліоспорами. Небезпека полягає у можливості інфікування впродовж довгого періоду – від появи сходів до фази виходу у трубку. *T. controversa* здатна знищити врожай на 50–90 %. Заходи боротьби малоефективні через стійкість спор у стадії спокою, які залишаються життєздатними в ґрунті упродовж багатьох років, і слабкої ефективності більшості фунгіцидів.

Основною рослиною-господарем для *T. controversa* є пшениця (*Triticum spp.*), особливо сильно гриб уражує пшеницю озиму. Є дані про виявлення збудника на ячмені на півночі США. Іноді він уражує інші рослини родини злакових, такі як *Aegilops spp.*, *Agropyron spp.*, *Bromus spp.*, *Elymus spp.*, *Festuca spp.*, *Lolium spp.*, *Poa spp.* Збудник хвороби передається в основному з насінням трав та пшениці. Крім того, можливе розповсюдження інфекції з ґрунтом та гноєм [13].

Сильне ураження спостерігають головним чином при ураженні ґрунту. В міжвегетаційний період теліоспори *T. controversa* зберігаються на зерні та в ґрунті. Вони залишаються життєздатними впродовж 3–10 років при

відсутності посівів пшениці, а також при проходженні через травну систему тварин. Для стимулювання проростання спор необхідні світло та температура біля 5 °С упродовж 3–5 тижнів. Найбільш сприятливі температурні умови для зараження рослин – від 0 °С до +8 °С. Температури вище +15 °С пригнічують проростання спор. Найбільш сильне ураження спостерігають у роки з частими снігопадами, особливо на щільних ґрунтах при неглибокому закладанні зерна.

Ураження пшениці озимої збудником відбувається тільки після повної появи сходів. Після проникнення, міцелій переходить у верхівку та затримує ріст, поки не сформується колос. Сажкові утворення (соруси), вміщуючи теліоспори, утворюються в подальшому у зав'язі зерна (рис. 5).



Рис. 5 Уражені рослини та колосся пшениці озимої збудником *T. controversa*

Характерні особливості гриба та прояви симптомів на рослині-господарі сильно варіюють. Уражена рослина не має чітких ознак захворювання до появи колосу, стебло таких рослин зазвичай коротше (у 2–4 рази), ніж у здорових, має більше пагонів (до 30 шт.). Уражений колос щільний, вкорочений, іноді не виходить з піхви верхнього листка, а у деяких випадках на високому агрофоні спостерігаємо розгалуження колоса. Соруси

мають кулясту форму та вміщують в собі чорнувату пиловидну масу теліоспор.

Соруси утворюються у зав'язях, зазвичай уражуючи їх повністю. Вони кулеподібні (рис. 6), від темно-червоно-коричневого до майже чорного кольору, вкриті перидієм (оболонкою), в зрілому стані пильні, а в недозрілому можуть бути тверді.

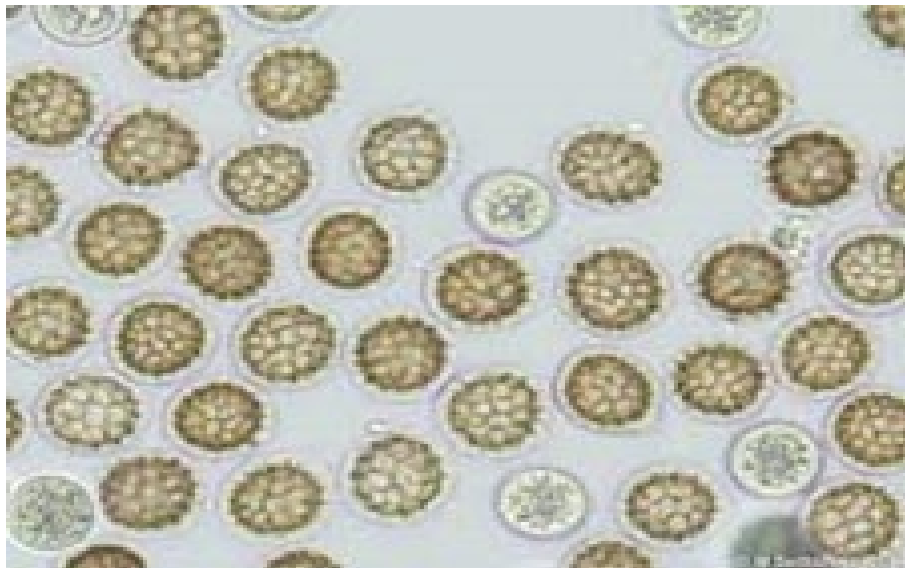


Рис. 6 Теліоспори збудника *T. controversa*

Теліоспори – від жовтувато-коричневих до червоно-коричневих, кулясті, 19–24 мкм у діаметрі; зрілі спори оточені безбарвним слизовим шаром товщиною 1,5–5,5 мкм. Мають сітчасту поверхню з відносно великими багатокутними комірками 1,5–3 мкм та 3,5 мкм завширшки. Стерильні клітини зустрічаються рідше, вони кулястої форми з гладкою оболонкою, безбарвні, слабко-зеленуваті або коричневі, розміром 11–16 мкм у діаметрі, іноді вкриті гелеподібним шаром 2–4 мкм [14].

### 1.3 Летюча сажка пшениці *Ustilago tritici* (Pers., Jens)

Збудник летючої сажки – гриб *Ustilago tritici*. Зараження здорових рослин відбувається в період цвітіння порохуватою масою теліоспор з хворих рослин, при цьому у культур формується здорове на вигляд зерно. При

проростанні заражених насінин міцелій гриба активно розвивається і атакує молоді паростки. Потім грибниця проникає в колоски колоса, що формуються, перетворюючи всі їх частини, крім основи, в рихлу чорну масу – теліоспори (рис. 7, 8). Зараження найбільш ймовірне при температурі навколишнього середовища від + 20 до 25 °С і високій вологості повітря, в той час як у несприятливих умовах зараження не відбувається.



Рис. 7 Уражені рослини та колосся пшениці озимої збудником *Ustilago tritici*

Патогени, що викликають летючу сажку ячменю та пшениці, проходять дворічний цикл розвитку, завдаючи шкоди врожайності: прямі втрати через руйнування колосся, що не дає зерно, та приховані втрати – зниження врожайності рослин, інфікованих грибком, при відсутності зовнішніх ознак хвороби. До основних ознак зараження зернових летючою сажкою можна віднести: потемніння колосся аж до чорного забарвлення, руйнування структури колоса і перетворення його в чорну пороховату спорову масу, виколошування зараженого колосся відбувається у більш ранні строки, ніж здорового [15].

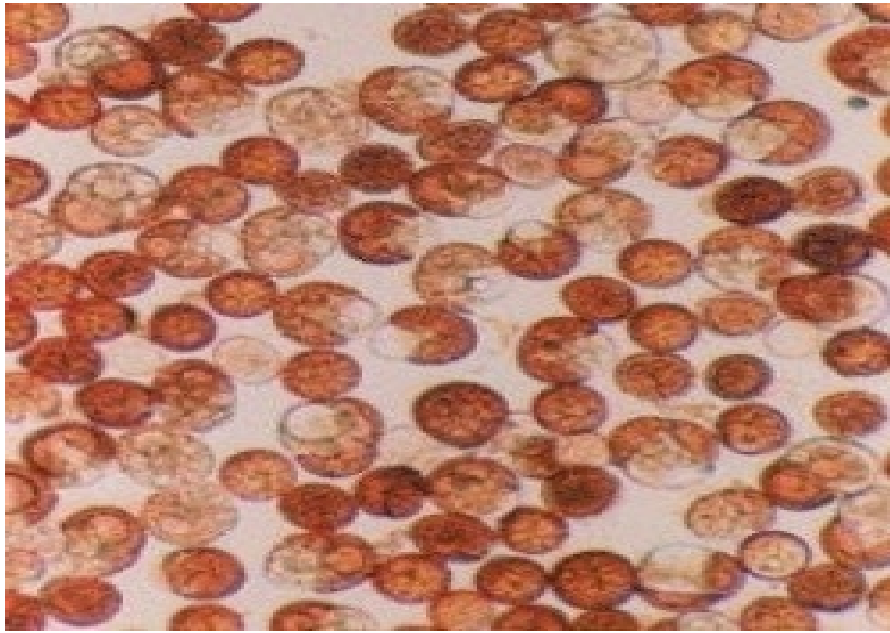


Рис. 8 Теліоспори збудника *Ustilago tritici*

#### 1.4 Стеблова сажка пшениці *Urocystis agropyri* (Preuss) Schrot.

Рослини, інфіковані збудником стеблової сажки, можна розпізнати у фазі проростання насіння за характерним вигином і закрученістю колеоптиля проростка та рослини ( рис. 9). Пізніше типовими ознаками прояву хвороби є утворення на стеблах, піхвах листків і колосових лусках продовгуватих, випуклих смуг, під епідермісом яких формуються спори патогена. Спочатку плями світлі, потім темніють і набувають свинцево-сірого кольору. Довжина смуг від 3–4 мм до кількох сантиметрів, інколи їх довжина досягає 2/3 довжини листка чи піхви. При підсиханні смуг тканина розтріскується і з тріщин висипається чорна спорова маса. Стебла і листки уражених рослин скручуються, утворюючи спіралі та петлі. Інфіковані рослини відстають у рості і, як правило, не формують колос, а якщо він утворюється, то недорозвинутий, деформований, пустозерний. У польових умовах стеблова сажка в посівах пшениці проявляється у вигляді окремих вогнищ.

Збудником хвороби є базидіальний гриб *Urocystis agropyri* (Preuss) Schrot. (син. *Urocystis tritici* Koern), який належить до класу Ustomycetes, порядку Ustilaginales, родини Tilletiaceae, роду *Urocystis* (раніше: клас Basidiomycetes, порядок Ustilaginales).



Рис. 9 Уражені рослини та листя пшениці озимої збудником *Urocystis agropyri*

Полева популяція гриба складається із кількох спеціалізованих форм. У сорусі патоген утворює спорокупки теліоспор, розміром 18–52 мкм (рис. 10). У кожній із них формується 1–6 теліоспор (частіше 3), які розміщуються в центрі спорокупок. Теліоспори жовтувато-коричневі з гладенькою оболонкою, розміром 8–18 мкм. Периферійні безплідні клітини спорокупки

численні (5–20 шт.), світло-жовтуваті, розміром 4–6 x 9–12 мкм, утворюють суцільний шар, який оточує теліоспори.

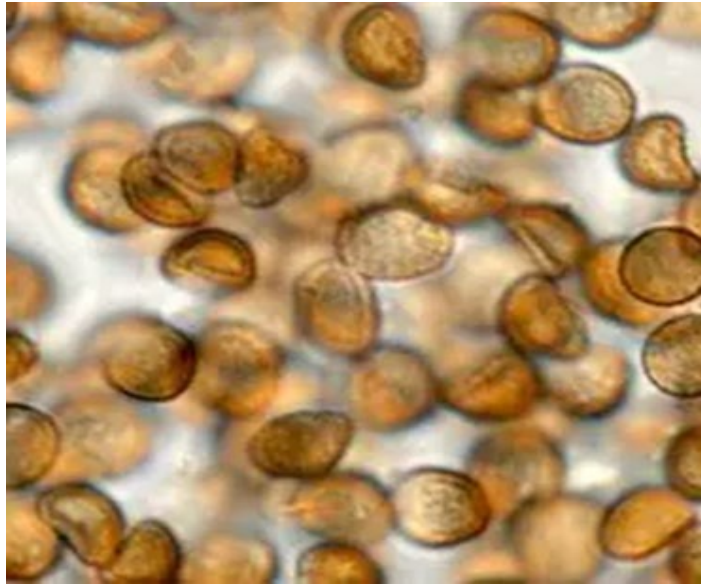


Рис. 10 Теліоспори збудника *Urocystis agropyri*

Збудник стеблової сажки пшениці належить до групи сажкових грибів, які інфікують рослину у фазі проростка. Вони уражуються перед появою їх на поверхні ґрунту від теліоспор, які знаходилися в спорокупках у ґрунті або на поверхні зерна, насіння (заспоре́не зерно, насіння). Зараження рослин може здійснюватися також і у фазу кущення рослин. Тип інфекції – поверхневий [16, 17].

### 1.5 Індійська сажка пшениці *Tilletia indica* Mitra

Одним із найнебезпечніших захворювань для посівів пшениці є індійська сажка, збудником якої є гриб *Tilletia indica* Mitra (*T. indica*). Згідно переліку регульованих шкідливих організмів, захворювання включене до списку А-1: Карантинні організми, відсутні в Україні. Головними рослинами-господарями *T. indica* є пшениця, тритикале, жито, при штучному зараженні різною мірою пошкоджуються деякі види з родів *Aegilops*, *Bromus*, *Lolium* і *Oryziopsis*. Втрати врожаю можуть досягати 30 %. Симптоми захворювання найчастіше проявляються у період цвітіння, коли відбуваються зміни

температури і вологості повітря. Характерною ознакою індійської сажки є те, що уражуються лише окремі зав'язі а не уся рослина. Такі зав'язі не збільшуються в об'ємі, але замість зерна в них утворюється чорна маса теліоспор із запахом гнилої риби. Уражується тільки 1–5 колосків у колосі, що є відміною від ураження твердою сажкою, де руйнується вся тканина зерна. При сильному ураженні колоскові лусочки розходяться і відпадають, а уражені зерна оголюються, згодом падають і залишаються в ґрунті. Зрілі теліоспори мають червонувато-коричневий або темно-коричневий (майже чорний) колір, кулясті або овальні, з товстою сітчастою оболонкою, обмеженою тонкою безбарвною желатиною мембраною. Незрілі теліоспори мають гладеньку світло-коричневу оболонку, яка зникає в процесі їхнього дозрівання, кулястої або краплеподібної форми, жовтуватого кольору, можуть бути безбарвні. Розмір спор від 22–47 мкм до 55 мкм. Інколи на кінці мають ниткоподібний придаток (апікулюс). Екзоспорій складається з товстих усічених щільних виступів заввишки 1,4–4,9 мкм (рис. 11).



Рис. 11 Уражене колосся та зерно пшениці озимої збудником *Tilletia indica*

Теліоспори проростають після періоду спокою (5–6 місяців) і хвороба в перший рік може не проявитися. Оптимальними умовами для ураження

колосу в період цвітіння є температури від 8 до 23 °С, висока вологість повітря (понад 70 %), чергування короткочасних дощів та хмарної погоди. На поверхні проміцелію формується велика кількість одно-, двоклітинних споридій. Іноді з первинних споридій утворюються вторинні одноклітинні споридії (рис. 12). Від споридій і базидіоспор відбувається ураження рослин під час цвітіння. Дифузного поширення грибниці у рослинах не виявлено [18].



Рис. 12 Теліоспори збудника *Tilletia indica*

## 2. ШЛЯХИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ГРИБІВ РОДУ *TILLETIA*

Збудник твердої сажки (*Tilletia caries* Tul., *Tilletia tritici* Wint., *Tilletia laevis* Kuehn.) поширений повсюдно. Під час збирання, обмолоту, очищення зерна теліоспори розпоршуються та потрапляють на зерно і ґрунт. Джерелом інфекції є заспорене зерно. Додатковим джерелом інфекції може бути ґрунт, де теліоспори можуть зберігатися до одного року. Теліоспори твердої сажки на інших культурах можуть зберігати життєздатність у ґрунті не більше двох-трьох тижнів, тому для цих випадків ґрунт не може бути джерелом інфекції. Шкідливість твердої сажки полягає не тільки у пошкодженні зернівок, що негативно позначається на масі та якості врожаю. Ця хвороба небезпечна ще й тим, що знижує стійкість рослини до низьких

температур. Інфікована пшениця може не пережити зиму. Хвороба поширена в усіх районах вирощування зернових.

Фактори, що сприяють розвитку захворювання: сівба зараженого насіння; недотримання сівозміни; проростання максимальної кількості теліоспор у ґрунті відбувається за відносної вологості 40–60 %, а найбільше зараження проростків пшениці за температури +5...+10 °С.

*Джерело інфекції:* зерно, насіння, на поверхні якого знаходяться теліоспори. Зараження зерен відбувається під час обмолоту. Найбільшу кількість теліоспор спостерігають в борозенці зерна, але спори можуть потрапляти на поверхню ґрунту і на соломі.

*Строки обстежень:* починаючи з початку фази колосіння [19].

**Карликова сажка пшениці** (*Tilletia controversa* Kuehn). На території України карликова сажка має незначне поширення в Чернівецькій, Закарпатській та Хмельницькій областях. Збудник виявляється переважно вогнищами, по краях полів, біля доріг, лісосмуг.

*Джерело інфекції:* зерно, на поверхні якого знаходяться теліоспори, а також ґрунт, в якому знаходяться теліоспори, що зберігають життєздатність до трьох років, а в сорусах – від 3 до 10 років. У деяких випадках теліоспори можуть переноситися із заражених ділянок паводковими водами. Резерваторами інфекції можуть бути дикі злаки. Зараження пшениці озимої відбувається біля поверхні ґрунту в період появи сходів і до початку виходу в трубку. Особливо воно інтенсивне на слабокислих, нейтральних і малолужних ґрунтах. При неглибокому загортанні зерна рослини уражуються частіше, ніж при глибокому. За симптомами прояву карликова сажка дуже схожа із твердою, поширена переважно в західних областях України. Спори карликової сажки, на відміну від спор твердої, проростають тільки на поверхні ґрунту й проникають у рослину в період від появи сходів аж до початку виходу в трубку. Інфіковані рослини сильно кущаться, утворюючи до 30 і більше стебел, а також проявляють симптоми карликовості. Уражений колос щільніший,

укорочений. Колоски розростаються, збільшується кількість зерен у колосі, замість зерна формуються теліоспори кулястої форми. Високоєфективним заходом обмеження поширення хвороби є дотримання сівозміни, відмова від дуже ранніх строків висіву, протруювання зерна, насіння, знищення злакових бур'янів, впровадження стійких сортів.

*Фактори, що сприяють розвитку захворювання:* сімба зараженого насіння; недотримання сівозміни; мілка заробка зерна; випадання частих, проте несильних дощів; тривале перезволоження верхнього шару ґрунту в поєднанні зі зниженими температурами (+2...+15 °С, оптимум +4...+6 °С); більш інтенсивне зараження спостерігають на слабо кислих, нейтральних, слабо лужних ґрунтах.

*Строки обстежень:* починаючи з фази кушіння [20].

**Летюча сажка пшениці** (*Ustilago tritici* (Pers., Jens)). Хвороба зустрічається скрізь, де вирощують озиму і яру пшеницю. Останніми роками поширення летючої сажки на пшениці озимій у межах 0,3–0,6 % виявляється у двох третинах областей України. В Луганській, Полтавській, Донецькій, Вінницькій і Одеській областях ураженість рослин хворобою становить від 0,4 до 1,2 %. Тип інфекції – внутрішній. Уражені летючою сажкою рослини не утворюють зерна, надземна маса їх на 30–40 % менша, ніж здорових. Існують також і приховані недобори: деякі рослини одужують, але якість і кількість врожаю знижуються, підвищується сприйнятливість до інших хвороб.

*Джерело інфекції:* зерно, у зав'язі якого знаходиться слабо розвинутий міцелій. Заражені зернівки не втрачають схожості і зовні виглядають як здорові. Життєздатність збудника в зерні може досягати три і більше років.

*Фактори, що сприяють розвитку захворювання:* сімба зараженого зерна; використання сортів, що мають подовжений період цвітіння; недотримання сівозміни; тепла (+18...+27 °С) й порівняно волога

(відносна вологість повітря 60–85 %), але не дощова погода; вирощування пшениці у районі уражених посівів.

*Строки обстежень:* починаючи з фази виходу в трубку [19].

**Стеблова сажка пшениці** (*Urocystis agropyri* (Preuss) Schrot.). Збудник хвороби поширений осередками в АР Крим і південних областях. Може спричинити значний недобір урожаю в умовах зрошення культури. Стебла і листки уражених рослин скручуються, утворюючи спіралі та петлі. Інфіковані рослини відстають у рості і, як правило, не формують колос, а якщо він і утворюється, то недорозвинутий, деформований, пустозерний. У польових умовах стеблова сажка в посівах пшениці проявляється в більшості випадків у вигляді окремих вогнищ. Збудник стеблової сажки пшениці належить до групи сажкових грибів, які інфікують рослину у фазу проростка. Проростки уражуються перед появою їх на поверхні ґрунту від теліоспор, які знаходилися в спорокупках у ґрунті або на поверхні зерна (заспоре). Зараження рослин може здійснюватися також і у фазу кушіння рослин. Тип інфекції – поверхневий. Теліоспори в спорокупках проростають лише після місячного спокою. Більшість проростків пшениці уражуються до появи першого листка за достатньої вологості і температури.

*Джерело інфекції:* зерно, на поверхні якого знаходяться теліоспори, та ґрунт, де теліоспори зберігають свою життєздатність на протязі року і більше.

*Фактори, що сприяють розвитку захворювання:* сівба зараженого зерна; недотримання сівозміни; температура повітря в межах +13...+21 °С та низька вологість ґрунту.

*Строки обстежень:* починаючи з фази проростання насіння [21].

**Індійська сажка пшениці** (*Tilletia indica* Mitra). Індійська сажка пшениці одна з небезпечних її захворювань. Збудник хвороби вперше зареєстрований в Індії в 1930 році. У даний час поширена в країнах Азії,

Афганістані, Іраку, Непалі, Пакистані, а також в США і Мексиці. В Україні збудник хвороби не зареєстрований, проте не одноразово виявляли в імпортованих вантажах. До зони акліматизації індійської сажки можна віднести практично всю територію України.

Шкодочинність хвороби полягає у зниженні продуктивності заражених рослин пшениці, жита та інших злакових культур на 10–30 %. При сильному пошкодженні зерна погіршуються товарні, хлібопекарські, біохімічні його якості (борошно темніє, зерно має характерний запах гнилої риби, зменшується вміст лізину, цукру, крохмалю, тіаміну та інших речовин). Збудник належить до захворювань, що важко викорінюється. Спори гриба зберігаються у ґрунті тривалий час (2–4 роки і більше).

Фітосанітарні заходи до індійської сажки пшениці: забороняється ввезення зерна із заражених районів країн, де виявлено *Tilletia indica* Mitra; дотримання сівозміни (зернові повертати на попереднє місце через 4, 5 років); обов'язковим є протруєння насінневого матеріалу; збалансоване внесення мінеральних добрив; знищення рослинних решток; для вчасного виявлення хвороби потрібно обстежувати посіви у період досягання та при обмолоті зернових культур.

*Джерело інфекції:* зерно, на поверхні якого знаходяться теліоспори. Зараження зерен відбувається під час обмолоту. Найбільша кількість теліоспор спостерігається у борозенці зерна, але спори можуть потрапляти на поверхню ґрунту і на соломі. Також джерелом інфекції може бути падалиця – за умови великого ураження патогеном попередньої культури.

*Фактори, що сприяють розвитку захворювання:* сівба зараженого зерна; недотримання сівозміни. Проростання максимальної кількості теліоспор у ґрунті відбувається за відносної вологості 40–60 %, а найбільше зараження проростків пшениці за температури +5...+10 °С.

*Строки обстежень:* починаючи з початку фази колосіння [22].

### 3. ФІТОЕКСПЕРТИЗА ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ

Якість зерна є одним із основних чинників, що забезпечують одержання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур. Водночас через зерновий матеріал можуть поширюватися збудники хвороб, які впливають на погіршення цінності самого зерна, так і надалі до зниження продуктивності рослин. Слід зауважити, що в природних умовах домінує прихована форма ураження генеративних органів рослин, що з часом утруднює оцінку посівних якостей зернового матеріалу. Тому великого значення набуває його попередня діагностика із застосуванням фітопатологічних методів. Складність ідентифікації патогенів у зерні полягає в тому, що сажкові хвороби не виявляються в класичній фітопатологічній експертизі, що здійснюється біологічним методом (пророщуванням зерна) [23].

Для ідентифікації збудників сажкових хвороб на зерні застосовуються певні методи. Так, для виявлення зараженості летючої сажки використовують метод аналізу зародків, де і локалізується інфекція, а для виявлення твердої сажки пшениці аналізується наявність спор патогенна на поверхні зерна. На першому етапі зерно оцінюється візуально через мікроскоп, на другому – проводять мікологічне дослідження. Результати мікологічної експертизи є остаточними, щодо визначення класу зерна.

**Макроскопічний (візуальний)** метод використовується для оперативної оцінки якості зернового матеріалу щодо ураження окремими фітопатогенами. Зокрема, цей метод дає змогу виявити в зразках зерна соруси сажкових грибів, склероції ріжків жита, фузаріозно уражене зерно, а також зерно з ознаками чорного зародка. Однак вибір цього методу досліджень не завжди дає точні результати. Соруси сажкових грибів дуже крихкі й під час обмолоту руйнуються, а спори їхніх збудників осідають на зерні, заспорюючи його. Виявлення наявності на зерні пшениці та ячменю заспорення сажковими грибами (тверда та карликова сажка пшениці, кам'яна

й чорна сажки ячменю тощо) доцільно проводити методом *обмивання поверхні зерна*. Суть його полягає у змиванні з поверхні зернівок наявних на них спор фітопатогенних грибів та підрахунку їхньої кількості в перерахунку на одну зернівку.

*Етапи визначення сажки:*

- з середньої проби виділяли чотири наважки по 100 зерен кожна;
- кожную наважку вміщували у колбу або стакан, додавали 10 мл дистильованої води і перемішували впродовж 5 хвилин;
- отриману суспензію переносили у пробірки та центрифугували впродовж 10–15 хвилин на швидкості 1000–2000 об/хв;
- після центрифугування залишали 1 мл осаду, який піпеткою Пастера переносили на камеру Горяєва.

Після підрахунку кількості (шт.) спор у камері Горяєва за відповідною формулою перераховували виявлену кількість спор грибів на одну зернину. Залежно від виявленої кількості спор визначали інфекційне навантаження та небезпеку майбутньому врожаю. Так, якщо кількість виявлених спор сажкових грибів сумарно не перевищує 100 штук на одну зернину (низький ступінь заспорення), то зерно залишається у відповідному класі за ДСТУ 3768:2019. Дослідження осаду проводять за допомогою мікроскопа, ідентифікуючи спори грибів за їх морфологічними характеристиками.

#### **4. СТВОРЕННЯ ШТУЧНОГО ІНФЕКЦІЙНОГО ФОНУ *TILLETIA CARIES TUL.* У ПОЛЬОВИХ УМОВАХ**

Ефективність зараження збудником залежить від абіотичних та біотичних факторів. Оптимальними умовами для створення штучного інфекційного фону збудника *Tilletia caries Tul.* в умовах Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла є:

- збір інфекційного матеріалу збудника твердої сажки з різних за стійкістю сортів у різних зонах вирощування пшениці;

- висока життєздатність та патогенність збудника;
- інокуляція зерна пшениці достатньою для зараження кількістю спор;
- посів інокульованого зерна в оптимальні для зараження строки (рис. 13);
- достовірна оцінка стійкості оцінюваного матеріалу.

Досліди закладаємо за трикратного повторення; довжина ділянки – 1 м, ширина міжряддя – 15 см, відстань між рослинами в рядку – 5 см.

Для контролю якості інокуляції, прояву захворювання висівали інокульований сприйнятливий сорт-стандарт Polka (HUN).



Рис. 13 Закладений дослід за стійкістю пшениці озимої проти збудника *Tilletia caries*

Випробування проводили, як правило, впродовж трьох років. Всі сорти у досліді висівали зерном, інфікованим споровим матеріалом місцевого походження з сортів, які вирощували в польових інфекційних розсадниках Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України (МІП) лабораторії селекції озимої пшениці, впродовж кількох років.

*Підготовка спор.* Для приготування спорового матеріалу уражене колосся розмелювали млином ОС–124 і просівали крізь густе сито.

*Підготовка насіння до зараження.* Зерно, що надійшло з інших природних зон, для очищення від спор насипали у решето та занурювали у

воду (бажано проточну) на 3–5 хвилин, безперервно перемішуючи. Після цього його розсипали тонким шаром і висушували до нормальної вологості.

*Зараження зерна.* Інокуляцію збудником твердої сажки проводили простим, але ефективним методом – сухим заспоренням зерна перед його висівом. Підготовка інокулюму полягала у попередньому обмолоті зерен, уражених сажкою (сорусів). Його обробку споровим матеріалом здійснювали у скляних банках відповідного об'єму, шляхом струшування продовж 2–3 хвилин (за методом А. І. Борггардта–Антпилогова). Інфекційне навантаження теліоспор – 1,0 г на 100 г зерна. Також можна його інокулювати і у пакетиках. У пакетик із зерном за допомогою мірки засипають спори і старанно його струшують. Висівали інокульоване зерно пшениці у більш пізні строки на глибину 7–8 см.

Заражене зерно висівали згідно зі схемою розташування сортів і ділянок у відповідні строки. Відомо, що затримка з сівбою пшениці озимої на місяць порівняно з оптимальними строками, сприяє вдвічі сильнішому ураженню. Сівбу кожного окремого дослідів закінчували в один день. Зерно загортали на глибину, передбачену агротехнічними рекомендаціями. По закінченні сівби сівалку очищали від бруду та пилу, промивали водою, обробляли розчином формаліну й на ніч накривали брезентом або рядном, зволженим тим же розчином. У ньому намочують також торбинки з під зерна, складають й також накривають брезентом, зволженим розчином формаліну. Через дві години торбинки висушують. Залишки насіння, промивають у проточній воді, просушують, протрують і висівають на вирівнювальній частині поля. Облік ураження зерна сортів сажкою проводять у фазі воскової стиглості.

Для обліку ураженості рослин *T. caries* Tul. використовують два методи, один з яких ґрунтується на обліку кількості здорових і уражених колосів, а інший – на підрахунку здорових і уражених рослин (табл. 1). Придатнішим є метод обліку за кількістю здорових і уражених стебел рослин. Оцінку проводять за шкалою, наведеною в методиках [24, 25].

Таблиця 1 Шкала оцінки стійкості пшениці проти *Tilletia caries* Tul.

Бал стійкості	Інтенсивність ураження, %	Характеристика стійкості, сприйнятливості
9	0	Дуже високий
8	1 – 5	Високостійкий
7 – 6	6 – 15	Стійкий
5	16 – 25	Слабкосприйнятливий
4 – 3	26 – 65	Сприйнятливий
2	66 – 90	Високосприйнятливий
1	91 – 100	Дуже високосприйнятливий

Колосся сорту, уражене сажкою, зв'язували, етикетували (рис. 14), обгортали папером і зберігали у сухому місці за навколишньої температури повітря. До польового журналу заносили кількість заспорених та здорових колосів кожного зразку й обчислювали ураження у відсотках. Зібране зерно обдавали окропом, промивали у проточній воді, висушували і використовували на фураж. Солому і полузу з дослідних ділянок спалювали на місці проведення досліду [24].





Рис. 14 Колосся уражене *Tilletia caries* відбирали, етикетували для обліку

## 5. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 5.1 Стійкість сортів пшениці озимої щодо збудника *Tilletia caries* Tul. у Лісостепу України

З метою пошуку ефективних джерел стійкості щодо твердої сажки та стійких генотипів проти основних збудників хвороб пшениці нами було досліджено 106 колекційних сортозразків і 256 сортів пшениці м'якої озимої екологічного сортовипробування на штучному інфекційному фоні даного збудника хвороби.

На основі досліджених колекційних сортозразків виділили 15 імунних (0 %) і 16 номерів із слабким ураженням (1–5 %) *T. caries*. Інші мали середній (10–25 %) та високий (25–50 %) відсоток ураження даним збудником. Імунними щодо *T. caries* визначили зразки: Еритроспермум 25276, Лютесценс 53397, Еритроспермум 25645, Еритроспермум 24210 (UKR), Ласуня (UKR), Лютесценс 779 / 83 (UKR), ТАМ 107 (USA), ОК 941611, ОК 9900548 (USA), при ураженні сорту-індикатору високої сприйнятливості Polka (HUN) на рівні 60 % (табл. 2).

Таблиця 2 Характеристика колекційних зразків пшениці озимої за стійкістю щодо *Tilletia caries* Tul.

Сорт, лінія	Країна оригінатор	Інтенсивність ураження, %		
		<i>Tilletia caries</i>	<i>Puccinia recondita</i>	<i>Erysiphe graminis</i>
Polka	HUN	60	5	10
Подільянка	UKR	10	7	16
Ареал-1	UKR	5	3	5
Престижна	UKR	3	2	5
TAM 200	USA	1	3	5
TAM 107	USA	0	0	0
OK 941611	USA	0	5	8
OK 9900548	USA	0	5	10
Еритроспермум 25276	UKR	0	5	8
Еритроспермум 25645	UKR	0	0	0
Еритроспермум 24210	UKR	0	0	0
Лютесценс 779 / 83	UKR	0	2	10
Лютесценс 53397	UKR	0	0	0
Ласуня	UKR	0	5	7

Крім стійкості до даного патогена зразки Лютесценс 53397, TAM 107, Еритроспермум 25645, Еритроспермум 24210 проявили також стійкість щодо борошнистої роси та бурої іржі. Високою стійкістю щодо твердої сажки відзначили зразки, захищені ефективними генами стійкості (табл. 3). Сорти з генами стійкості: Turkey (CI 1558-B) Vt 4; Rio (CI 10064) Vt 6; PI 178210 Vt 8 були сприйнятливими до місцевої популяції патогенна *T. caries*. Сорт Зоря з геном Vt Z втратив свою стійкість щодо твердої сажки, цьому свідчить відсоток інтенсивності ураження (10 %) даним збудником.

Таблиця 3. Характеристика донорів стійкості щодо *Tilletia caries* Tul. з відомими генами стійкості.

Сорт, лінія	Країна оригінатор	Ген стійкості	Інтенсивність ураження, %		
			<i>Tilletia caries</i>	<i>Erysiphe graminis</i>	<i>Puccinia recondita</i>
Turkey (CI1558 I B)	USA	Bt 4	8	10	3
Sel.3432 / Elgin	USA	Bt 5	3	7	2
Rio (CI 100 64)	USA	Bt 6	6	10	1
Pi 178210	USA	Bt 8	8	10	2
Sel. M. 65 - 3751	USA	Bt 9	0	10	5
Sel. M. 66 - 23	USA	Bt 10,11	0	10	5
Лютесценс 6028	UKR	Bt 12.13	2	5	2
Еритроспермум 5221	UKR	Bt 14	1	5	3
Ферругінеум 220 / 85	UKR	Bt 15,16	0	5	3
Еритроспермум 4318 / 88	UKR	Bt 17	0	2	2
Еритроспермум 60–89	UKR	Bt 18,19	1	3	1
Ферругінеум 124–88	UKR	Bt 20,21	0	3	5
Зоря	UKR	Bt Z	10	5	5
Polka	HUN	-	60	10	5

Серед сортозразків пшениці озимої екологічного сортовипробування на штучному інфекційному фоні *T. caries* було виокремлено вісім імунних (0 %), сім високостійких (1–5 %), 33 помірностійких (6–25 %), 106 середньостійких (25–50 %) та 102 сприйнятливих сорти. Імунність до збудника *T. caries* виявлено у сортів озимої пшениці Колумбія, Веснянка, Ясногірка, Унікум, Переяславка, Пивна, Елегія, F 98432G-2-1 (0 %). Висока стійкість відмічена для сортів Київська 9 та Дальницька (5 %). Сорт Престижна мав помірну стійкість до твердої сажки (10 %), а сорт Калинова була сильно сприйнятлива до даного збудника (50–80 %) (табл. 4).

Таблиця 4. Ураження сортів пшениці озимої екологічного сортовипробування збудниками хвороб.

Сорт	Країна оригінатор	Інтенсивність ураження, %				
		<i>Tilletia caries</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Pseudocercospora herpotrichoides</i>	<i>Erysiphe graminis</i>	<i>Puccinia recondita</i>
Polka	HUN	60	2	5	10	5
Колумбія	UKR	0	1	2	2	2
Веснянка	UKR	0	1	2	10	2
Ясногірка	UKR	0	1	2	2	2
Унікум	UKR	0	2	10	10	5
Переяславка	UKR	0	5	5	3	2
Пивна	UKR	0	2	2	3	2
Елегія	UKR	0	2	0	1	1
F 98432G-2-1	ROM	0	10	0	5	1
Київська 9	UKR	5	3	3	7	5
Дальницька	UKR	5	5	10	5	3
Престижна	UKR	10	5	10	2	1
Калинова	UKR	50	5	5	5	3

Крім стійкості до твердої сажки сорти: Колумбія, Ясногірка, Переяславка, Пивна та Елегія мали комплексну стійкість до збудників фузаріоз колосу, кореневих гнилей, борошнистої роси, бурої іржі. Таким чином, ми виділили групу стійких сортозразків до твердої сажки та групу сортів з комплексною стійкістю до п'яти збудників хвороб пшениці озимої [26].

## 5.2 Сорти пшениці озимої з груповою стійкістю проти основних збудників хвороб

Найбільш важливими етапами селекції на імунітет є пошук, створення та використання стійкого вихідного матеріалу. З метою виявлення ефективних джерел стійкості проти збудників основних хвороб (фузаріоз колосу, коренева гниль, тверда сажка, борошниста роса, бура іржа, септоріоз листя) упродовж 2016–2018 рр. нами було проведено оцінку стійкості сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України на роздільних штучних інфекційних фонах даних збудників. Залежно від погодних умов, хвороби набували різного ступеню розвитку. У зв'язку зі складними погодними

умовами септоріоз і бура іржа зовсім не набули розвитку. Серед 143 сортів пшениці озимої різних селекцентрів України за стійкістю проти твердої сажки виділився сорт Ластівка (UKR), який мав імунність (0 %) до даного захворювання. Високу стійкість проти збудника твердої сажки проявили сорти Спасівка, Сотниця (UKR) та Відрадна (UKR), які уражувалися цим збудником відповідно на 0,5 та 4,5 %. Решта сортів були сприйнятливими до ураження твердою сажкою. Середній розвиток твердої сажки по розсаднику становив 46,6 %. Відомо, що серед сортів пшениці озимої абсолютна стійкість проти церкоспорельозної кореневої гнилі відсутня, а має місце поступова градація. Серед вивчених сортів пшениці відносною стійкістю проти збудника корневих гнилей відзначились 68 сортів. Кращими були Лимарівна, Кармен, Збруч (UKR), Запашна, Овідій (UKR), Либідь (UKR), Ольжана (UKR) та Запорука, Княгиня Ольга, Задумка одеська, Красень (UKR), інтенсивність ураження яких становила від 3,3 до 8,4 %. Розвиток хвороби по розсаднику становив 19,7 %. Високостійких проти фузаріозу колосу сортів не виявлено, проте на штучному інфекційному фоні нам вдалося виділити середньостійкі – Чорнява (4,4 %) (UKR), Романтика (4,3 %) (UKR), Миронівська ранньостигла (4,0 %) (UKR), Герта (4,9 %) (UKR) та Благо (3,3 %) (UKR). Середній розвиток збудника фузаріозу колосу в розсаднику – 5,2 %. У середньому за два роки розвиток борошністої роси на сортах пшениці озимої становив 17,0 %, бурої іржі – 7,0 %, септоріозу листя – 47,9 %. Слід зазначити, що ураження рослин бурою іржею та септоріозом листя у 2017 р. було відсутнє. Імунних проти хвороб листя сортів не виявлено. За стійкістю проти борошністої роси та септоріозу листя виділились сорти Лимарівна (UKR), Наталка, Смуглянка (UKR), Волошкова (UKR), Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Журавка одеська (UKR), Либідь, Романтика (UKR), Ольжана (UKR).

Серед досліджуваних сортів пшениці озимої виявлено і такі, що мають групову стійкість у різних сполученнях проти твердої сажки, корневих гнилей, фузаріозу колосу, борошністої роси, бурої іржі, септоріозу листя.

Стійкими проти трьох хвороб були Сотниця, Кармен, Каланча (UKR), Запорука, Задумка одеська (UKR), Відрадна (UKR), Запашна, Овідій (UKR); проти чотирьох хвороб – Лимарівна (UKR), Спасівка, Славна, Наталка (UKR), Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Селянка (UKR), Либідь (UKR), Ольжана (UKR). За стійкістю проти 5 хвороб виділились сорти Волошкова (UKR), Смуглянка (UKR), Журавка одеська (UKR) [27].

### **5.3 Ріст і розвиток рослин пшениці озимої, уражених збудником твердої сажки**

Вивчення впливу передпосівного зараження насіння пшениці збудником твердої сажки на енергію проростання і лабораторну схожість підтвердило, що різні за стійкістю сорти мають неоднакову енергію проростання. Так насіння Миронівської ювілейної мало більш високу енергію проростання і лабораторну схожість у контролі, ніж при зараженні. У сорту Миронівська 808 спостерігалася розбіжність між повною схожістю здорових і заражених зерен. У інших сортів різниця між проростанням здорових (у контролі) і заражених зерен була незначною або заражене спорами твердої сажки насіння краще проростало.

За польової схожості у здорового і зараженого твердою сажкою насіння ніякої різниці не виявлено. Тверда сажка негативно впливає на куціння рослин пшениці озимої. Підвищення куціння рослин, уражених твердою сажкою, пояснюється пробудженням пазухових бруньок, з яких формуються непродуктивні стебла. Ці бруньки пробуджуються при відмиранні основних зародкових бруньок. У такому випадку рослина куциться внаслідок патологічного процесу. У період збирання врожаю проводили біометричний аналіз рослин пшениці озимої, для цього їх було поділено на три групи: I – контроль (відібрані рослини із здорового насіння), II – здорові (відібрані з зараженого насіння), III – хворі. Довжина стебла у рослин III групи була меншою, ніж у рослин I групи, як за оптимальних, так і за пізніх строків сівби (табл. 5).

Таблиця 5. Дані біометричного аналізу рослин залежно від ураженого

*Tilletia caries* Tul. і строків сівби

Сорт	Група рослин	Довжина, см				Кількість, шт.					
		стебла за строків сівби		Колоса за строків сівби		колосків у колосі за строків сівби		зерен у колосі за оптимального строку сівби		зерен у колосі за пізніх строків сівби	
		оптимальний	пізній	оптимальний	пізній	оптимальний	пізній	здорові зерна	сажкові мішечки	здорові	сажкові
Миронівська 808	I	122	126	10,1	10,0	16,5	16,5	35	0	37	0
	II	115	121	9,6	10,0	17,5	17,0	33	0	39	0
	III	90	107	9,3	10,0	16,0	17,0	0,3	33	1	41
Миронівська ювілейна	I	92	90	8,7	9,0	17,0	18,0	36	0	40	0
	II	88	84	8,7	8,2	17,5	17,5	38	0	35	0
	III	73	66	8,6	8,0	15,0	13,0	2	37	5	32
Миронівська 61	I	96	105	9,5	10,0	16,5	17,5	40	0	39	0
	II	90	96	9,5	9,5	17,0	17,5	35	0	38	0
	III	84	77	9,5	9,5	16,0	17,0	1	41	3	43

Рослини II групи в більшості випадків мали середню довжину стебла порівняно з рослинами I і III груп. Довжина колоса рослин I групи була більшою ніж у рослин II і III груп.

Кількість колосків у враженому колосі в усіх випадках була меншою, ніж у контролі. У здоровому колосі спостерігалася тенденція до збільшення колосків порівняно з контролем. Кількість зерен у колосі контрольних і здорових рослин була приблизно рівною.

Кількість сажкових мішечків у зараженому колосі була більшою, ніж кількість зерен у здоровому колосі.

Проведений аналіз показав, що в ураженому колосі часто зустрічаються здорові зерна. У середньому на 20 уражених сажкою колосків за оптимальних строків сівби припадає 0,3–0,6, а за пізніх – 1–10 здорових зерен. Таке явище частіше спостерігається у більш стійких сортів, ніж у

сприйнятливих, що пояснюється зворотною реакцією рослин на проникнення збудника. У стійких сортів ця реакція спостерігається частіше. Унаслідок цього міцелій гриба уражує лише частину колосків у колосі. Наявність такої зворотної реакції ще раз підтверджує про те, що рослина – не пасивний субстрат, а живий організм, здатний боротися зі збудником і протистояти йому. Чим стійкіший сорт, тим інтенсивнішою на ранніх етапах розвитку є зворотна реакція рослин на проникнення збудника.

Наявність паразита у тканинах рослини знижує зимостійкість пшениці озимої. В ураженій рослині внаслідок розвитку в її тканинах збудника твердої сажки і складної взаємодії між рослиною-живителем і паразитом порушується обмін речовин. Після цвітіння у листі й стеблах уражених рослин зберігається більше розчинного і нерозчинного азоту та білка. Вміст глюкози в листі уражених рослин збільшується, а загальний вміст цукру знижується, що призводить до зміни розвитку рослини-живителя.

Таким чином, оптимальні строки сівби пшениці озимої сприяють швидкому проростанню насіння, що зумовлює захисне реакцію рослини проти твердої сажки [28].

#### **5.4 Джерела стійкості пшениці озимої проти збудника *Tilletia caries* Tul.**

В Україні пшениця озима є провідною продовольчою культурою. Вона займає майже половину площі зернових культур. Загальновідомо, що у процесі еволюції та вирощування пшениці до неї прилаштувалося багато збудників хвороб, серед яких переважають саме грибні мікроорганізми. Серед сажкових хвороб, які уражують пшеницю, найбільш поширена і шкодочинна тверда сажка, збудником якої на території України є *Tilletia caries* Tul., синонім *Tilletia tritici* Wint. Сажкова хвороба зумовлює як відкриті недобори врожаю внаслідок утворення спорової маси замість зерна в колосі, так і приховані. Нерідко на інфікованих рослинах захворювання не виявляється внаслідок їх активної реакції на збудника, яке завершується

дегенерацією грибниці патогена. Проте на боротьбу із збудником рослина витрачає багато енергії, що негативно впливає на її продуктивність та якість (знижується схожість зерна, заспорені проростки сильно уражуються ґрунтовими грибами). Уражені рослини відстають у рості, багато з них не виколошуються, в рослині порушуються біохімічні процеси, знижується налив зерна. Приховані втрати врожаю на пшениці озимій більші, ніж на ярій, тому що гриб негативно діє на рослину протягом довшого періоду. Для створення стійких сортів проти збудників хвороб потрібні ефективні джерела стійкості [29]. З метою виявлення таких джерел проти збудника твердої сажки упродовж 2016–2019 рр. ми провели вивчення 173 номерів колекційних сортозразків пшениці озимої на штучному інфекційному фоні твердої сажки. За період дослідження виявлено 2,6 % імунних сортів проти цього захворювання, зокрема сорти: Рея (UKR), Rada (SVK) (ураження 0 %), за ураженості патогеном сорту-стандарту Polka (HUN) 66,5 % у середньому за чотири роки. Високу стійкість (ураження 1–5 %) визначено у 2,8 % сортів пшениці озимої – Верден (UKR), TX9801170 / Досконала (127-07), Famulus (DEU), Select (MOL), Warwick SRW (CAN). До групи стійких (ураження 6–15 %) було віднесено 4,0 % сортозразків пшениці озимої: Задумка одеська (UKR), Un-49 (TUR), F9804764-3 (ROM), SNARK/F4105W21 (USA) та інші. Слабке ураження (16–25 %) мали 14,4 % сортів: Звитяга, Фермерка, Запашна (UKR), LIVADA (ROM), LIMAN (ROU), NAZ (KAZ) та інші. Решта колекційних зразків пшениці озимої були високосприйнятливими до збудника твердої сажки. Виділені сортозразки пшениці озимої рекомендовано до використання у селекції як джерела стійкості проти збудника *Tilletia caries* Tul. [30].

### **5.5 Вплив збудника *Tilletia caries* Tul. на елементи продуктивності рослин пшениці озимої**

Тверда сажка – *Tilletia caries* Tul. поширена всюди на озимій і ярій пшениці. Особливістю цієї хвороби є розвиток її при дозріванні зерна. В цей

час колоски трохи сплющені, але присутність збудника сажки надає їм синій відтінок. Наявність хвороби на культурі можна перевірити методом натискування колоска із зернятками. Під час молочної стиглості зерна з нього виділяється не молочко, а сірувата рідина, запах якої нагадує розсіл оселедця. У фазу повної стиглості здорові і хворі на тверду сажку колоски відрізнити майже не можливо. При збиранні врожаю спори гриба потрапляють на здорове зерно. Важливе значення для проростання теліоспор й ураження пшениці мають фактори середовища, насамперед температура і вологість. Максимальна кількість теліоспор проростає у ґрунті при його вологості 40–60 %, але найбільше проростків уражується при температурі 5–10°C, тоді коли оптимум для проростання зерна пшениці становить 20–25°C [31]. Дослідження стійкості сортів пшениці озимої проти твердої сажки у відділі захисту рослин Миронівського інституту пшениці проводили на штучному інфекційному фоні у польовому інфекційному розсаднику. Це дає змогу чіткіше, ніж у природніх умовах, виявити сортові відмінності за стійкістю проти даної хвороби. Матеріалом для досліджень були сорти пшениці озимої миронівської селекції, інших селекційних установ України та зарубіжної селекції. При дослідженні впливу твердої сажки на елементи продуктивності рослин пшениці озимої було встановлено, що при штучному зараженні рослини розмір стебла і колоса зменшується на 10–15 % порівняно із здоровими рослинами. У колосі утворюється менше зерен (на 8–10 %). Маса 1000 зерен зменшується мало. Щодо ураженості пшениці озимої збудником твердої сажки, то впродовж 2016–2020 рр. сорти: Колумбія, Експромт, ОК941611, Chrmary, KIS93WGRC10 були імунні до цієї хвороби. Високу стійкість до збудника твердої сажки проявили сорти: Смуглянка (0,2 %), Добірна (2,0 %), Веснянка (3,2 %), Кармен (1,0 %), Турунчук (5,0 %), Батько (5,0 %), Colt (2,0 %), TAM 107 (0,1 %). Слабкою сприйнятливістю відзначились сорти: Лісова пісня, Фермерка, Золотоколоса, MV Licia (10–15 %) та сорт Оберіг Миронівський, який уражувався твердою сажкою на 20 %. За період 2014 – 2016 рр. середня ступінь ураження сортів пшениці

озимої збудником твердої сажки була в межах від 28,0 % до 40,0 %. Найбільший розвиток збудника даної хвороби припав на 2016 рік (40,0 %), а найменший був у 2014 році – 28,0 % [32].

### **5.6 Дослідження стійкості сортів пшениці м'якої озимої проти *Tilletia caries* Tul.**

Пшениця озима – основна цінна та продовольча культура в Україні. Тому одним із головних завдань селекціонерів є створення і впровадження у виробництво високопродуктивних сортів різного напрямку використання, стійких проти збудників хвороб [33]. Одне з найпоширеніших захворювань пшениці, що веде до значних втрат урожаю, є тверда сажка, збудник – базидіальний гриб *Tilletia caries* Tul. (*T. tritici* Wint).

Мета досліджень – пошук ефективних джерел стійкості за використання штучного інфекційного фону *Tilletia caries* Tul. в умовах центральної частини Лісостепу України для залучення їх у селекційні дослідження.

Дослідження проводили у 2023, 2024 рр. за штучної інокуляції зерна збудником хвороби у лабораторних умовах і польових інфекційних розсадниках лабораторії селекції озимої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН (рис. 15). На інфекційному фоні *Tilletia caries* ( твердої сажки) досліджували інтенсивність ураження 32 сортів пшениці м'якої озимої різних установ України у двох повтореннях: чотири сорти селекції Інституту фізіології рослин і генетики та Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла – Подолянка, Експромт, Колумбія, Золотоколоса; три сорти селекції МІП – МІП Княжна, МІП Ювілейна, Аврора Миронівська; 24 сильні та надсильні сорти селекції Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннезнавства та сортовивчення – Оптима одеська, Досконалість одеська, Покровська, Спадщина одеська, Версія одеська, Манера одеська, Перевага, Понтійка, Відповідь одеська, Вірність, Гейзер, Основа одеська, Перемога одеська,

Гладь, Журавка одеська, Зиск, Зорепад, Нива одеська, Кантата одеська, Куяльник, Мудрість одеська, Кубок, Ліра одеська, Вагома та високосприйнятливий (індикатор) щодо збудника *Tilletia caries* сорт Polka угорської селекції.



Рис. 15 Облік зразків за стійкістю проти збудника *T. caries*

Уражені колосся збудником твердої сажки збирали з різних за стійкістю проти патогена сортів, що вирощували на дослідних ділянках лабораторії. Стійкість сортів пшениці озимої вивчали на штучному інфекційному фоні твердої сажки в польових умовах. У лабораторних умовах посівний матеріал заспорювали теліоспорами популяції збудника *Tilletia caries* із розрахунку 1 г спор на 100 г зерна. Насіння з наважкою теліоспорами поміщали у скляну ємність, закривали кришкою та струшували 2–3 хвилини. Заспоре́не зерно висипали у посівний пакет. Сівбу проводили у пізні строки – перша декада жовтня. Зерно висівали на глибину 7–8 см, за температури ґрунту 8–10 °С.

Мілка глибина його загортання часто не впливала на бажані результати, оскільки для збудника *Tilletia caries* потрібний тривалий період контакту теліоспор із колеоптиле. Для контролю вдалого зараження і розвитку збудника хвороби одночасно із заспореним матеріалом висівали сорт пшениці, який є індикатором сприйнятливості до даного збудника. Облік інтенсивності ураження хворобою рослин проводили у фазі молочно-воскової стиглості пшениці, використовуючи метод, що ґрунтується на підрахунку кількості здорового і хворого колосся [22, 23].

Агрометеорологічні умови, за яких проходила вегетація пшениці м'якої озимої та дослідження стійкості сортів щодо ураження твердою сажкою, різнилися за роками досліджень і не завжди були сприятливими для рослин та розвитку патогену. Перезимівля пшениці озимої проходила задовільно.

Так, у 2022 р. опади, які спостерігали у першій декаді жовтня, сприяли подальшому поповненню запасів вологи у ґрунті, створюючи оптимальні умови для росту рослин пшениці на початкових етапах розвитку. Перше припинення вегетації рослин було відмічено 15 листопада за середньодобової температури повітря  $+4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  із наступним поступовим її зниженням з  $+3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У другій та третій декадах листопада спостерігали рясні опади, які спричинили перезволоження ґрунту. Абсолютні мінімуми температури повітря відмітили 11 січня 2023 р. –  $-10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  та 9 лютого 2023 р. –  $-11,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  з температурою на глибині залягання вузла кушіння  $-5,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відновлення вегетації рослин пшениці у 2023 р. зафіксували 21 березня за середньодобової температури повітря  $+9,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  з наступним поступовим її підвищенням:  $10,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (22. 03);  $12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (23. 03);  $15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (24. 03). У квітні та травні середня температура повітря була нижчою за середній багаторічний показник на  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  відповідно, а у червні перевищувала його на  $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У квітні відмічали надмірне вологозабезпечення, перевищення кількості опадів від середньо багаторічної становило  $40,0\text{ мм}$ .

У 2023 р. висівали пшеницю восени за посушливих умов. Так, сума опадів за серпень і вересень становила  $4,8$  і  $7,8\text{ мм}$ , що відповідно на  $46,7$  і

47,5 мм менше за середній багаторічний показник. Температура повітря із серпня по листопад перевищувала середні багаторічні значення на 1,9–3,6 °С. Рясні опади, які спостерігали впродовж жовтня, листопада, сприяли значному поповненню запасів вологи у ґрунті, створюючи оптимальні умови для росту рослин озимих культур на початкових етапах розвитку. Перше припинення вегетації рослин озимини у 2023 р. зареєстрували 16 листопада за середньодобової температури повітря +4,5 °С із наступним поступовим її зниженням. Абсолютні мінімуми температури повітря зафіксовано 09 січня 2024 р. – -17,0 °С із температурою на глибині залягання вузла кущіння - 5,5 °С. Максимальна висота снігового покриву була в межах 5–7 см. Відновлення вегетації рослин пшениці у 2024 р. спостерігали 21 березня за середньодобової температури повітря +5,7 °С із наступним поступовим її підвищенням: +6,1 °С (22. 03); +8,9 °С (23. 03). У квітні середня температура повітря була на 3,2 °С вище за середній багаторічний показник, у травні – майже на рівні, а в червні та липні – перевищувала його на 2,0 та 3,3 °С відповідно. За сумою опадів у березні та квітні відмічали надмірне вологозабезпечення – перевищення від багаторічних показників становило 51,3 і 24,6 мм відповідно. Однак, у травні зафіксували досить гострий дефіцит опадів – лише 5,8 мм за середніх багаторічних показників – 50,2 мм. Стійкість проти збудників хвороб обмежена у часі, тому необхідно проводити постійний пошук ефективних джерел стійкості з урахуванням штучного інфекційного фону патогена для залучення кращих до створення нових сортів вітчизняної селекції. Вони мають стати провідною ланкою в системі захисту рослин від хвороб.

Вихідний матеріал пшениці м'якої озимої, різний за показниками якості зерна, щодо інтенсивності ураження *Tilletia caries* нами розділений згідно шкали стійкості до патогена за кількістю уражених колосів, від їх загальної кількості, %: 0–5 % – дуже висока стійкість; 6–10 % – висока стійкість; 11–15 % – стійкість; 16–30 % – слабка сприйнятливість; 31–40 % – сприйнятливість; 41–100 % – висока сприйнятливість.

За дослідженнями в умовах 2023 р. на штучному інфекційному фоні *Tilletia caries* дуже високу стійкість (0–5 %) виявлено у 34,4 % сортів: Нива одеська, Зорепад, Оптима одеська, Кантата одеська, Вагома, Зиск, Журавка одеська, Гейзер, Досконалість одеська, Перемога одеська та Манера одеська. Високою стійкістю (6–10 %) проти твердої сажки характеризувалися 34,4 % сортів; стійкістю (11–15 %) – 15,6 %. Слабку сприйнятливість (16–30 %) визначено у 9,4 % сортів пшениці, високу сприйнятливість – у 6,2 %. У наших дослідженнях інтенсивність ураження збудником *Tilletia caries* була у межах від 1,3 до 53,9 %, середнє (X) значення складало 11,0 %, різниця 52,6 % між максимальним значенням ознаки і мінімальним ( $R = \max - \min$ , розмах варіювання) характеризувала реакцію генотипу на патоген у році досліджень (табл. 6).

В умовах 2024 р. дуже високу стійкість щодо збудника *Tilletia caries* проявили десять сортів – Покровська, Зиск, Вагома та Куяльник (0 %), Зорепад (1,2 %), Журавка одеська (2,0 %), Нива одеська (3,0 %), Ліра одеська (3,4 %) та ін. Висока стійкість була у 15,6 % сортів (Кантата одеська (5,2 %), Відповідь одеська, Кубок (5,7 %), Мудрість одеська (8,1 %) та Основа одеська 8,4 %). Стійкістю проти патогена характеризувалися 9,4 % сортів (Перемога одеська, Понтійка, Перевага 10,7 %, 10,8 %, 14,8 % відповідно). У дослідженнях даного року інтенсивність ураження патогеном *Tilletia caries* змінювалося від 0,0 до 53,3 %, середнє (X) значення складало 15,5 %, розмах (R) варіювання становив 53,3 % між максимальним значенням ознаки і мінімальним та характеризував реакцію конкретних генотипів на штучну інокуляцію збудником.

Таблиця 6. Інтенсивність ураження і статистичні показники сортів пшениці озимої збудником *Tilletia caries* Tul., (2023, 2024 pp.)

Сорт	Інтенсивність ураження, %			± до уражливого сорту	Статистичні показники, %	
	роки		Х*		R**	V***
	2023	2024				
Polka– уразливий сорт	53,9	53,3	53,6	–	0,6	0,8
Подільянка – стандарт	45,0	36,0	40,5	–13,1	9,0	15,7
МІП Княжна	23,5	36,2	29,9	–23,8	12,7	30,1
МІП Ювілейна	29,5	46,7	38,1	–15,5	17,2	31,9
Аврора Миронівська	9,8	31,4	20,6	–33,0	21,6	74,1
Золотоколоса	9,0	23,5	16,3	–37,4	14,5	63,1
Експромт	10,4	16,7	13,6	–40,1	6,3	32,9
Колумбія	9,9	36,2	23,1	–30,6	26,3	80,7
Покровська	6,3	0,0	3,2	–50,5	6,3	14,1
Зорепад	2,1	1,2	1,7	–52,0	0,9	38,6
Оптіма одеська	2,6	30,9	16,8	–36,9	28,3	119,5
Зиск	3,2	0,0	1,6	–52,0	3,2	14,1
Гладь	5,7	4,8	5,3	–48,4	0,9	12,1
Кубок	11,4	5,7	8,6	–45,1	5,7	47,1
Ліра одеська	6,6	3,4	5,0	–48,6	3,2	45,3
Досконалість одеська	4,2	21,1	12,7	–41,0	16,9	94,5
Основа одеська	9,9	8,4	9,2	–44,5	1,5	11,6
Гейзер	4,0	4,2	4,1	–49,5	0,2	3,4
Вагома	2,9	0,0	1,5	–52,2	2,9	14,1
Кантата одеська	2,7	5,2	4,0	–49,7	2,5	44,8
Нива одеська	1,3	3,0	2,2	–51,5	1,7	55,9
Спадщина одеська	6,8	19,4	13,1	–40,5	12,6	68,0
Куяльник	10,8	0,0	5,4	–48,2	10,8	14,1
Перемога одеська	4,3	10,7	7,5	–46,1	6,4	60,3
Понтійка	12,8	10,8	11,8	–41,8	2,0	12,0
Відповідь одеська	6,1	5,7	5,9	–47,7	0,4	4,8
Вірність	13,3	15,3	14,3	–39,3	2,0	9,9
Перевага	10,0	14,8	12,4	–41,2	4,8	27,4
Версія одеська	7,7	16,3	12,0	–41,6	8,6	50,7
Манера одеська	5,0	25,0	15,0	–38,6	20,0	94,3
Журавка одеська	3,6	2,0	2,8	–50,8	1,6	40,4
Мудрість одеська	17,6	8,1	12,9	–40,8	9,5	52,3
Х*	11,0	15,5	13,2	–		
min	1,3	0,0	1,5	–		
max	53,9	53,3	53,6	–		
R**	52,6	53,3	52,2	–		
S****	11,8	14,7	12,3	–		
V***	107,7	95,0	92,7	–		

**Примітки:** Х\* – середнє значення, min – мінімальне значення ознаки, max – максимальне значення ознаки, R\*\* – розмах варіювання, V\*\*\* – коефіцієнт варіації, %, S\*\*\*\* – стандартне відхилення.

У досліді на штучному фоні за дворічними даними аналізу рослин пшениці озимої за стійкістю проти *Tilletia caries* із дуже високою стійкістю 0–5 % виокремлено дев'ять (28,1 %) сортів – Вагома (1,5 %), Зиск (1,6 %),

Зорепад (1,7 %), Нива одеська, Журавка одеська, Покровська (2,2 %, 2,8 %, 3,2 % відповідно) та інші. Високу стійкість мали 18,8 % сортів (Гладь, Куяльник, Відповідь одеська – 5,3 %, 5,4 %, 5,9 % відповідно) та інші. Стійкістю щодо збудника *Tilletia caries* характеризували 28,1 % сортів пшениці озимої – Понтійка (11,8 %), Версія одеська (12,0 %), Перевага (12,4 %) та інші.

За даними 2023 і 2024 рр. кращими за стійкістю проти збудника *Tilletia caries* виділено сорти пшениці м'якої озимої відповідно за роками: Нива одеська з інтенсивністю ураження (1,3 %, 3,0 %), Зорепад (2,1 %, 1,2 %), Вагома (2,9 %, 0,0 %), Зиск (3,2 %, 0,0 %), Покровська (6,3 %, 0,0 %), Гейзер (4,0 %, 4,1 %), Журавка одеська (3,6 %, 2,0 %).

Стабільністю інтенсивності ураження патогеном *Tilletia caries* впродовж років досліджень виділили сорти Гейзер ( $R = 0,2$  %), Відповідь одеська ( $R = 0,4$  %), Polka, сприйнятливий сорт ( $R = 0,6$  %), Гладь, Зорепад ( $R = 0,9$  %), Основа одеська ( $R=1,5$  %), Журавка одеська ( $R=1,6$  %), Нива одеська ( $R = 1,7$  %), Понтійка, Вірність ( $R = 2,0$  %), Кантата одеська ( $R = 2,5$  %) (табл. 6).

У досліді де коефіцієнт варіації ( $V$ ) становив (0,8–30,2 %) – 43,8 % сортів засвідчили, що мінливість інтенсивності ураження патогеном була низькою. Найменшу величину показника спостерігали у сортів: Polka – індикатор (0,8 %), Гейзер (3,4 %), Відповідь одеська (4,8 %), Вірність (9,9 %) та інші.

За результатами досліджень нами було виявлено різну норму реакції сортів пшениці м'якої озимої у поєднанні з підвищеними елементами продуктивності та показниками якості зерна на зміну гідротермічних умов у різні роки вирощування (екоградієнт). Довірчий рівень ( $p$ -level) був меншим 0,001 % рівня значимості (табл. 7) за обома факторами. Це означає, що на користь нульової гіпотези припадає майже 0 % шансів і вона відкидається.

Таблиця 7. Результати дисперсійного аналізу ураження сортів пшениці озимої збудником *Tilletia caries* Tul.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	$\eta^3$ , %	HIP <sub>05</sub>
				факт. <sup>1)</sup>	табл. <sup>2)</sup>			
Екоградієнт	650,70	1	650,7	43,252	4,00	0,00	2,7	1,37
Сорт	18715,85	31	603,74	40,13	1,39	0,00	78,9	5,48
Взаємодія екоградієнт × сорт	3406,22	31	109,88	7,304	1,39	0,00	14,4	7,75
Випадкове	962,85	64	15,04				4,1	
Загальне	23735,62	127					100	

**Примітки:** Факт.<sup>1)</sup> – критерій Фішера фактичний; Табл.<sup>2)</sup> – критерій Фішера табличний;  $\eta^3$  – частка впливу фактора; p-level – довірчий рівень

З'ясовано, що на стійкість проти *Tilletia caries* пшениці озимої вплив генотипу (сорт) складав 79 %, екоградієнт – 3 %, взаємодія обох джерел мінливості – 14 %, а вплив випадкових факторів становив близько 4 %.

Отже, прояв мінливості аналізованої ознаки достовірно найбільше залежав від генотипу сорту, тоді як вплив екоградієнта був у 29 разів меншим.

Селекція на імунітет була і залишається одним із провідних напрямів у генетико-селекційних дослідженнях пшениці озимої. Виділення високостійких генотипів проти збудника твердої сажки, що поєднують стійкість із високим рівнем цінних господарських ознак, та їх подальше використання в практичній селекції є надзвичайно актуальним. Залучення таких генотипів до селекційних схем *Triticum aestivum* L. сприятиме створенню сортів, стійких проти *Tilletia caries* Tul., а їхнє впровадження у виробництво забезпечить зниження інфекційного фону та стримуватиме появу нових рас збудника.

## Висновки

Серед колекційних сортозразків та сортів пшениці озимої, що проходили екологічне сортовипробування, виділено стійкі до збудника *Tilletia caries* форми: Колумбія, Веснянка, Ясногірка, Унікум, Переяславка, Пивна, Елегія, F 98432G-2-1. Також визначено групу сортів пшениці озимої з комплексною стійкістю до п'яти захворювань: Колумбія, Ясногірка, Переяславка, Пивна та Елегія. Встановлено, що впродовж багатьох років досліджень ефективність проти збудника *Tilletia caries* проявили гени стійкості: Ферругінеум 124-88 (Bt 20, 21), Sel. M. 65-3157 (Bt 9), Sel. M. 66-23 (Bt 10, 11), Лютесценс 6028 (Bt 12, 13), Еритроспермум 5221 (Bt 14), Ферругінеум 220/85 (Bt 15, 16), Еритроспермум 4318/88 (Bt 17), Еритроспермум 6089 (Bt 18, 19).

Охарактеризовано стійкість сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України на роздільних штучних інфекційних фонах відповідних збудників. Залежно від погодних умов захворювання проявлялися з різним ступенем інтенсивності. Серед досліджуваних зразків виявлено сорти, що мають комплексну стійкість проти твердої сажки, корневих гнилей, фузаріозу колосу, борошнистої роси, бурої іржі та септоріозу листя. Серед 143 вивчених зразків виділено сорти, стійкі проти окремих хвороб або їх груп у різних поєднаннях. За стійкістю проти трьох та чотирьох хвороб відзначені сорти пшениці озимої: Сотниця, Кармен, Каланча, Запорука, Задумка одеська, Відрадна, Запашна, Овідій (UKR). Проти чотирьох хвороб стійкими виявилися Лимарівна, Спасівка, Славна, Наталка, Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Селянка, Либідь, Ольжана (UKR). За стійкістю проти п'яти хвороб вирізняються сорти Волошкова, Смуглянка та Журавка одеська (UKR) [27].

Збудник твердої сажки негативно впливає на енергію проростання, лабораторну схожість насіння та кущіння рослин пшениці озимої. Ураження спричиняє збільшення кількості підгонів унаслідок пробудження пазушних бруньок. Оптимальні строки сівби озимої пшениці сприяють швидкому

проростанню насіння, що забезпечує захисну реакцію рослини проти інфікування твердою сажкою.

За результатами проведених досліджень оцінено сорти пшениці м'якої озимої з різних установ України, що відрізняються за показниками якості зерна, щодо інтенсивності ураження *Tilletia caries*. Досліджувані сорти проявляли стійкість до патогену. Встановлено дев'ять сортів, ураження яких на інфекційному фоні впродовж 2023 та 2024 років загалом становило менше 5 %, або перевищувало цей рівень лише в окремі роки: Вагома (2,9 %, 0,0 %), Зорепад (2,1 %, 1,2 %), Зиск (3,2 %, 0,0 %), Нива одеська (1,3 %, 3,0 %), Журавка одеська (3,6 %, 2,0 %), Покровська (6,3 %, 0,0 %), Кантата одеська (2,7 %, 5,2 %), Гейзер (4,0 %, 4,2 %), Ліра одеська (6,6 %, 3,4 %). Виділені сорти, стійкі до *T. caries*, можуть бути використані як джерела вихідного матеріалу для селекції нових сортів пшениці озимої. Їх впровадження у виробництво сприятиме зниженню інфекційного навантаження та стримуватиме появу нових рас збудника.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Asseng S., Ewert F., Martre P., Rötter R. P., Lobell D. B., Cammarano D., et al. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nat. Climate Change*. 2015. № 5. P. 143–147. doi: 10.1038/nclimate2470.
2. Savary S., Willocquet L. “Global patterns of cereal disease and the impacts of breeding for host plant resistance” in *Achieving durable disease resistance in cereals*. Eds. Oliver, R. P., Burleigh, D. (Cambridge, UK: Burleigh Dodds). 2021. P. 1–11.
3. FAO. *The impact of disasters and crises on agriculture and food security*. 2021 (Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations). doi: 10.4060/cb3673en.
4. Lüttringhaus S., Zetzsche H., Wittkop B., Stahl A., Ordon F., Mußhoff O. Resistance breeding increases winter wheat gross margins—an economic assessment for Germany. *Front. Agron.* 2021. № 3. doi: 10.3389/fagro.2021.730894.
5. Miedaner T., Juroszek P. Climate change will influence disease resistance breeding in wheat in northwestern Europe. *Theor. Appl. Genet.* 2021. Vol. 134. P. 1771–1785. doi: 10.1007/s00122-021-03807-0.
6. Safarova N., Amangeldi N., Amangeldikyzy Z., Sarsembayeva A., Yesentureeva G., Abdukerim R., Rsymbetov A. Identification of the carriers of genes for resistance common bunt, *Tilletia caries* (DC) Tul. using molecular and breeding methods. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2024. 22 (3). P. 741-751.
7. Каленич П. Є. Економічні показники вирощування насіння нових сортів пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) в умовах Південного Лісостепу України. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 4. С. 188–199.
8. Голосна Л. М., Афанасьєва О. Г., Шевчук О. В., Кучерова Л. О., Швець І. С., Губенко Л. В. Імунологічна характеристика сортів пшениці

- озимої до основних збудників хвороб в зоні Правобережного Лісостепу. *Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv*. 2021. № 29. С. 74–81.
9. Kumar A., Choudhary A., Kaur H., Aggarwal S. K., Mehta S. Smut and bunt diseases of wheat: biology, identification, and management. In *New Horizons in Wheat and Barley Research: Crop Protection and Resource Management* Singapore: Springer Nature Singapore. 2022. P. 107–131.
  10. Aboukhaddour R., McCallum B. D., Menzies J., Hiebert C. The scientific journey to eradicate smuts on the prairies. *Plant Pathology*. 2024. 73 (9). P. 2237–2247.
  11. Ritzer E., Ehn M., Oberforster M., Buerstmayr H. Comparison of pathogenicity of Austrian isolates of *Tilletia caries* on common wheat (*Triticum aestivum*). 2021. P. 75–76.
  12. Weed R. A., Savchenko K. G., Lessin L. M., Carris L. M., Gang D. R. Untargeted Metabolomic Investigation of Wheat Infected with Stinking Smut *Tilletia caries*. *Phytopathology*®. 2021. 111 (12). P. 2343–2354.
  13. Shevchuk O., Kyslykh T., Holosna L., Afanasieva O. *Tilletia* species on winter wheat grain. *Quarantine and plant protection*. 2020. (10–12). P. 3–7.
  14. Ретьман С. В., Кислих Т. М., Шевчук, О. В. Карликова сажка пшениці озимої. *Карантин і захист рослин*. 2014. № 2. С. 1–3.
  15. Сандецька Н. В., Топчій Т. В. Стійкість сортів пшениці озимої до летючої сажки та її вплив на урожайність. *Физиология растений и генетика*. 2016. 48. № 5. С. 433–443.
  16. Bhargava P., Rana S. K., Upmanyu S. Distribution and Survival of Flag Smut of Wheat Caused by *Urocystis agropyri* (Preuss) AA Fisch. *Himachal Journal of Agricultural Research*. 2022. 48 (01). P. 80–84.
  17. Simón M., Börner A., Struik P. C. Fungal wheat diseases: etiology, breeding, and integrated management. *Frontiers in plant science*. 2021. 12. 671060.
  18. Gurjar M. S., Mohan M. H., Singh J., Saharan M. S., Aggarwal R. *Tilletia indica*: biology, variability, detection, genomics and future perspective. *Indian Phytopathology*. 2021. 74. P. 21–31.

19. Мостов'як І. І., Дем'янюк О. С., Бородай В. В. Особливості формування фітопатогенного фону мікроміцетів – збудників хвороб в агроценозах зернових злакових культур Правобережного Лісостепу України. *Агроекологічний журнал*. 2020. 1. С. 28–38.
20. Рожкова Т., Бурдуланюк А., Власенко В., Немерицька Л. Перспективність пошуку джерел стійкості пшениці озимої до чорного зародка. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Агрономія*. 2018. 22 (1). С. 39–46.
21. Bhargava P., Rana S. K., Upmanyu S. Distribution and Survival of Flag Smut of Wheat Caused by *Urocystis agropyri* (Preuss) AA Fisch. *Himachal Journal of Agricultural Research*. 2022. 48 (01). P. 80–84.
22. Gurjar M. S., Jain S., Aggarwal R., Saharan M. S., Kumar T. P. J., & Kharbikar, L.. Transcriptome analysis of wheat–*Tilletia indica* interaction provides defense and pathogenesis-related genes. *Plants*. 2022. 11 (22). 3061.
23. Рожкова Т. О. Розробка принципів моніторингу мікофлори насіння та зерна пшениці озимої. In *The 11 th International scientific and practical conference “International scientific innovations in human life” (May 11-13, 2022) Cognum Publishing House, Manchester, United Kingdom*. 2022. 810 p. (p. 36).
24. Бабаянц О. В., Бабаянц Л. Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. НААН, Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноведения и сортоизучения. СГИ–НЦСС–Одесса: ВМВ. 2014. 401 с.
25. Трибель С. О., Гетьман М. В., Стригун О. О., Ковалишина Г. М., Андрущенко А. В. Методологія оцінювання стійкості сортів пшениці проти шкідників і збудників хвороб: за ред. С. О. Трибеля. Київ: Колобіг, 2010. 392 с.
26. Мурашко Л. А. Стійкість сортів пшениці озимої до збудника *Tilletia caries* Tul. у Лісостепу України. Селекція і насінництво : міжвідомчий тематичний науковий збірник Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Харків. 2013. Вип. 103. С. 276–281.

27. Ковалишина Г. М., Мурашко Л. А., Ковалишин А. Б. Стійкість сортів озимої пшениці проти хвороб колосу. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла УААН*. Київ : Формула-Прінт. 2008. Вип. 8. С. 225–232.
28. Мурашко Л. А. Ріст і розвиток рослин озимої пшениці, уражених збудником твердої сажки. *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла*. Київ : Аграрна наука. 2002. Вип. 2. С. 76–80.
29. Borgen A., Davanlou M. Biological control of common bunt (*Tilletia tritici*). In *Nature Farming and Microbial Applications*. 2024. P. 157–171. CRC Press.
30. Ковалишина Г. М., Мурашко Л. А. Джерела стійкості озимої пшениці до твердої сажки. *Вісник Черкаського інституту агропромислового виробництва : міжвідомчий тематичний збірник наукових праць*. Черкаси. 2010. Вип. 10. С. 136–140.
31. Муха Т. І., Мурашко Л. А. Джерела стійкості пшениці озимої проти збудника твердої сажки. *Актуальні проблеми агропромислового виробництва України : матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (с. Оброшине, 14 листопада 2019 р.)*. Львів ; Оброшине, 2019. С. 47–48.
32. Мурашко Л. А. Тверда сажка на пшениці озимій. Селекція – надбання, сучасність і майбутнє (освіта, наука, виробництво) : *тези Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 105-річчю з дня народження видатного вченого, селекціонера, Заслуженого працівника вищої школи, доктора с.-г. наук, професора Зеленського Михайла Олексійовича (м. Київ, 22–24 травня 2017 р.)*. Київ. 2017. С. 113.
33. Голосна Л. М., Афанасьєва О. Г., Шевчук О. В., Кучерова Л. О., Швець І. С., Губенко Л. В. Імунологічна характеристика сортів пшениці озимої до основних збудників хвороб в зоні Правобережного Лісостепу. *Faktori eksperimental'noi evolucii organizmiv*. 2021. № 29. С. 74–81.

Видавець ФОП Ямчинський О.В.  
03022, Київ, вул. Васильківська, 32  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ДК № 6554 від 26.12.2018 р.

Формат 60×84/16. Наклад 100 пр. Ум. друк. арк. 3,9. Зам. № 292.

Виготовлювач ТОВ «ЦП «КОМПРИНТ»  
03022, Київ, вул. Васильківська, 32  
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від 04.08.2011 р.