

**Results and discussion.** Plants were treated in the phase of 4-6 true leaves with post-emergence granular herbicide Express 75 in 2012-2015. A three-liter hand sprayer was used. The dose was 25 g/ha, and the fluid consumption was 300 L / ha. Surviving plants were inbred. In addition, female form Kh 526 V and male form Kh 201 V were crossed on fertile basis with following individual election of plants.

Accessions selected with the rating scale, according to the world literature, are supposed to have the resistance gene. Chromatography revealed several accessions with high content of oleic acid. Hereditary nature of high content of oleic acid triglycerides was experimentally confirmed and does not admit of doubt, trait is controlled by one partially dominant gene, or it is considered as fully dominant. Sunflower should have more than 82% of oleic acid omega-9 in oil (monounsaturated fatty acids) and low content of linoleic acid omega-6.

**Conclusions.** Over the study period, a possibility of combining high oleate content in sunflower oil with resistance to sulfonylurea herbicide, namely to granular Express 75 applied at the dose of 25 g / ha, was experimentally confirmed.

The best way to create inbred lines with oleic oil in combination with herbicide resistance is hybridization of induced high oleic forms on fertile basis followed by inbreeding, backcrossing and individual selection of plants for a set of agricultural valuable traits.

Thus, the creation of starting material to resistant to sulfonylurea herbicides with high oleic acid content offers a significant advantage in sunflower cultivation, providing access to nutrients from soil for plants, and linoleate content opens new possibilities in industrial and food sectors

*Key words: breeding, sunflower, fatty acid composition of oil, herbicide, oleic acid, sulfonylurea, starting material*

УДК 633.11:632.9:631.527

## **ХВОРОБИ ПШЕНИЦІ, ПОШИРЕНІ В УКРАЇНІ: ШКІДЛИВІСТЬ, ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТА РЕЗУЛЬТАТИВНІСТЬ СЕЛЕКЦІЇ НА СТІЙКІСТЬ**

Леонов О. Ю., Петренкова В. П., Лучна І. С., Суворова К. Ю., Чугаєв С. В.  
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юрєва НААН

Наведено аналіз джерел літератури щодо найбільш шкідливих на території України хвороб пшениці: снігова плісень, септоріоз, піренофороз, борошниста роса, бура листкова іржа, вірус смугастої мозаїки пшениці, вірус жовтої карликовості ячменю. Акцентовано увагу на симптоматиці прояву цих хвороб, їх шкідливості, генетичних основах стійкості та основних результатах селекції. Визначено доцільність та актуальність проведення досліджень у напрямку створення стійких до хвороб сортів, пошуку нових джерел стійкості, розширення генетичного різноманіття існуючих сортів пшениці, вивчення складу популяцій збудників та ідентифікації нових генів стійкості.

*Ключові слова: пшениця, снігова плісень, септоріоз, піренофороз, борошниста роса, бура листкова іржа, вірусна хвороба, ген стійкості, джерело стійкості*

**Вступ.** Захворювання сільськогосподарських культур можуть викликати недобір 15-20 % урожаю і більше [1]. Недобір врожаю зернових колосових від комплексу хвороб в Україні становить в середньому 12-18 %, а в роки епіфітотій – 25-50 % і більше [2]. За період 1993-2005 рр. через ураження збудниками хвороб в Росії втрачалось 7,5-29,1 млн. т зерна (10,0-35,7 %), в середньому 15,4 млн. т або 19,2% [3]. Найбільшої шкоди при цьому

завдавали іржа та септоріоз, а в регіональному розрізі найчастіше епідемії спостерігалися в Північно-Кавказському регіоні (5-6 років з 10). За 1976-2000 рр. у Канзасі, найбільшому виробникові зерна пшениці в США, втрати урожаю цієї культури через хвороби склали 13,7 %. Така кількість втраченого урожаю була обумовлена поширеністю бурої іржі, комплексу вірусних захворювань, септоріозу та піренофорозу [4].

**Аналіз літературних джерел, постановка проблеми.** Ще давньогрецький філософ та натураліст Теофрастус (371-287 до н.е.) установив, що рослини відрізняються за реакцією на захворювання [5]. Але перші згадування про генетичний контроль ознаки стійкості відносяться до початку минулого сторіччя [6]. Зв'язок між генетичним різноманіттям видів культурних рослин і їх стійкістю встановив Вавилов М. І., який довів роль генетичної диференціації паразитів у стійкості рослин, відкрив природні центри формування імунних рослин [7, 8, 9]. У подальшому було запропоновано теорію сполученої еволюції рослини-хазяїна і паразита на їх спільній батьківщині [10, 11].

Для більшості грибних патогенів визначено, що їх можливість індукувати реакцію стійкості або сприйнятливості знаходиться під простим менделівським контролем, при цьому вірулентність, зазвичай, успадковується рецесивно [12]. Алелі ж стійкості до хвороб у рослин домінують над алелями сприйнятливості [13]. При різних видах взаємодії генів спостерігаються зміни менделівських співвідношень [14].

На основі теорії «ген проти гена» [15] з'явилась можливість визначення взаємовідносин патогену і рослини на основі геометричних рядів без проведення гібридологічного аналізу [13]. При використанні наборів диференціаторів з різними генами стійкості стало можливим відслідковувати зміни у расовому складі патогена.

Расоспецифічну або вертикальну стійкість визначають головні гени або олігогени, які виявляють сильну фенотипову дію. Неспецифічну або горизонтальну стійкість визначають полігени, кожен з яких має слабкий фенотиповий ефект [16]. Польова ж стійкість контролюється домінантними та рецесивними алелями багатьох генів.

На жаль, простота успадкування стійкості до хвороб не гарантувала надійного захисту рослин від їх збудників. У виробництві стійкі сорти швидко втрачали стійкість до патогенів через збільшення питомої ваги рас, які не контролюються конкретними генами стійкості [10, 17]. Дія великих генів стійкості сприяє формуванню вірулентних рас, що призводить до втрати сортами стійкості, а дія малих генів забезпечує стабілізацію расового складу в популяції патогена, чим обумовлюється тривале збереження стійкості сортів [18]. Еволюція паразита, поява нових вірулентних рас зумовлюють необхідність залучення в селекцію нових джерел стійкості. Тому необхідною умовою успішної селекції на імунітет є правильно підібраний і всебічно вивчений вихідний матеріал. Введення в генотип одного додаткового гена стійкості вдвічі скорочує кількість рас, здатних уражувати рослину.

Останніми роками знання механізмів захисту рослин від патогенів значно розширились, у тому числі на молекулярному рівні. Істотно зросла кількість ідентифікованих генів і отримані дані про регуляцію їх активності різними захисними механізмами. Розробка методів вивчення експресії індивідуальних генів у трансгенних рослин привела до визначення ролі специфічних продуктів генів у формуванні стійкості до збудників різних таксономічних груп, а також обмеження можливості пристосування патогенів при інфікуванні певного хазяїна. Клонування генів, продукти яких відповідальні за регуляцію генів стійкості, відкриває додаткові можливості для реалізації нових стратегій захисту [19].

Встановлено відмінності між різними видами пшениці за синтезом дефензинів – багатих цистеїном пептидів з антимікробною дією та можливості індукувати підвищення рівня антивірусного імунітету методами генетичної інженерії [20]. Також успішним і досить поширеним на теперішній час методом підвищення стійкості до збудників хвороб є залучення до гібридизації та трансгенезу споріднених культурних видів та дикорослих співродичів пшениці [20, 21]. Доповнені, заміщені, інтрогресивні рекомбінантні лінії з чужинними генами стійкості до хвороб та маркерними ознаками (відсутністю воскового нальоту, опушення вушок, листа, стебла, колоса, колір стебла або колоса та ін.) різних видів

(*Aegilops tauchi*, *Triticum timopheevii*, *Elytrigia sibiricus*, *Secale cereale*) є цінним вихідним матеріалом для селекції [22].

В умовах України найбільш поширеними хворобами пшениці м'якої, які пошкоджують листову поверхню, є снігова плісень, септоріоз, борошниста роса, піренофороз, бура листовка іржа, вірус смугастої мозаїки пшениці, вірус жовтої карликовості ячменю.

**Снігова плісень** проявляється за наявності снігового покриву на непромерзлому вологому ґрунті, порівняно низькій температурі навесні і частих відлигах взимку [1]. Подібні погодні умови характерні для території України [23]. Захворювання досить поширене і в інших країнах Європи [24, 25, 26], зокрема, на північному заході США (штати Орегон та Вашингтон) [27, 28], у північній частині Японії. Останніми роками хвороба має широке розповсюдження на полях Республіки Біларусь, часто з епіфітотійним характером розвитку [29]. Збудником захворювання на території України є факультативний гриб *Fusarium nivale* Ces. (*Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I.C. Hallett) з вираженими сапрофітними властивостями [1]. В той же час снігову плісень можуть викликати *Pythium aristosporum*, *P. iwayamai* [28] *Typhula incarnata*, *T. idahoensis*, *T. Ishikariensis* [30, 31], які є досить поширеними на півночі Японії та Тихоокеанському узбережжі США.

Максимальний прояв хвороби спостерігають відразу після танення снігу. Спочатку з'являються водянисті плями на листках, піхвах, вузлах кушення, потім на плямах утворюється рожевий наліт спорношення гриба. За сильного розвитку хвороби листя склеюється, утворюючи на ґрунті зіркоподібний малюнок [32]. Зими з тривалими безморозними періодами сприяють накопиченню інфекції та збільшенню шкідливості снігової плісені.

Для факультативних паразитів не є притаманною вузька спеціалізація до певного хазяїна. Відповідно, важко очікувати чіткого генетичного контролю стійкості м'якої пшениці до *F. nivale*. Зокрема, в останніх виданнях каталогу генних символів пшениці, не наводяться ідентифіковані гени стійкості до цього патогена [33, 34].

Тим не менше, спостерігається генетичне різноманіття за стійкістю до снігової плісені на злакових культурах. У центральній частині Туреччини серед 811 зразків ячменю лише 280 виявилися стійкими до *F. nivale*, при цьому спостерігалась істотна позитивна кореляція стійкості з холодостійкістю [35]. В умовах суворої епіфітотії *F. nivale* (Fr.) та *T. idahoensis* Remsburg в Айдахо (США) серед 15 вивчених сортів пшениці м'якої озимої рівень виживання коливався від 30 до 70 % [31]. Високу диференціацію між сортами і лініями за стійкістю до *T. ishikariensis* та кореляцію з польовими оцінками виявлено за умови 3-4-тижневої витримки рослин при 2-4 °С перед інокуляцією [36, 37]. Зв'язок рівня прояву *Microdochium nivale* з концентрацією ДНК патогена в рослині для одних сортів був істотним, а для інших – ні [38].

У зв'язку з обмеженою кількістю джерел стійкості пшениці м'якої до снігової плісені перспективним шляхом вирішення проблеми є пошук донорів стійкості серед дикорослих співродичів. Так, серед 481 зразків різних родів *Triticum* та *Aegilops* лише 12 зразків *Ae. cylindrica* характеризувались високою стійкістю до *T. ishikariensis*, при цьому 11 з них мали високий рівень морозостійкості [39].

Стійкість до снігової плісені значною мірою корелює із зимостійкістю та морозостійкістю рослин. Основним методом селекції рослин є добір на жорсткому природному інфекційному фоні [32].

За результатами вивчення понад 2600 зразків пшениці м'якої озимої колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) в умовах північного сходу України встановлено, що високу стійкість до снігової плісені мали зразки походженням із регіону, який охоплює північну, центральну та східну частини Європи. Стійкість до захворювання тісно пов'язана з рівнем зимостійкості. Серед елементів продуктивності найбільш негативним був вплив ураження на густоту продуктивного стеблостою. Виділено джерела високої стійкості у поєднанні з іншими цінними господарськими ознаками [40].

На жаль, дані про селекційні програми щодо створення сортів пшениці зі стійкістю до снігової плісені в Україні і наукові програми з визначення етіології патогена та моніторингу і прогнозування його розвитку дуже обмежені.

**Септоріоз.** *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schroet. (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) є поширеним захворюванням пшениці за умови частих опадів та помірних температур повітря [41, 42] і найпоширенішим патогеном пшениці озимої в умовах зони Лісостепу України [43]. Збудник розповсюджується пікноспорами, переважно з краплями дощу на невеликі відстані, та аскоспорами з вітром на більш великі відстані [44]. Останніх утворюється менше і їх поширення лімітується низькою вологістю і високою температурою повітря [45]. Перші ознаки можуть з'являтися на сходах у вигляді дрібних жовтуватих чи сіро-зелених плям. На більш старому листі плями світлі, з нечітким контуром, з темною облямівкою чи без неї, спочатку майже непомітні на загальному тлі рослини. Згодом центр плям світлішає, на ньому стають добре помітними дрібні темні крапки – пікніди, які містять спори гриба. Сильний розвиток септоріозних плямистостей спостерігається за високої вологості повітря, рясних рос та частих опадів, особливо в період колосіння – цвітіння, зі слабкими вітрами при відносно високій температурі повітря, оптимально +20...+25 °С. Сприяють розвитку хвороби також пізні строки сівби, внесення тільки азотних добрив, розрідженість посівів. При ураженні септоріозами зменшується асиміляційна поверхня листя і в рослинах порушуються нормальний хід фізіолого-біохімічних процесів, знижується маса зерна, погіршуються його технологічні показники та посівні властивості насіння [32].

Епіфітотії септоріозів на пшениці можливі на сприйнятливих сортах за наявності достатньої кількості інфекційного матеріалу та погодних умов, які забезпечують його реалізацію. Критичним є період від виходу рослин в трубку до колосіння–цвітіння [46].

Патоген і прояв хвороби було описано ще в кінці дев'ятнадцятого сторіччя, але економічно значиме зниження урожаю і його якості стало проявлятися при введенні в культуру напівкарликових високоврожайних сортів [47]. Недобір урожаю зерна від ураження септоріозом може сягати 20 % і більше [1]. Затрати на хімічний захист рослин від патогена лише у Європі сягають кількох сотень мільйонів доларів щорічно [48].

Збудники септоріозних плямистостей раніше вважалися другорядними патогенами, але останніми десятиріччями потепління клімату, зміни в технологіях обробітку ґрунту (збільшення площ з поверхневим обробітком), насичення сівозмін зерновими культурами, створення та впровадження у виробництво сортів пшениці, стійких до основних листових хвороб (іржа, борошниста роса), сприяли їх щорічному накопиченню, розповсюдженню і посиленню шкідливості [49–52].

Селекція на скоростиглість та низькорослість призводить до втрати необхідного рівня стійкості до септоріозу [53].

Аналіз патогена за допомогою молекулярних маркерів дозволив виявити подібність генетичного складу популяцій з різних еколого-географічних регіонів і високу мінливість всередині однієї популяції та протягом сезону вирощування [54, 55]. Проведено роботи по секвенуванню ДНК геному *M. graminicola* [56].

На 2013 рік було зареєстровано 18 генів стійкості до септоріозу (*Stb1 - Stb18*) [33]. У 1998 році їх було відомо лише чотири [57], в 2003 році – вісім [58], на 2008 рік було зареєстровано 15 генів стійкості до септоріозу [34], тобто очевидне загострення питання спонукало до його вирішення.

За результатами проведених у Чехії досліджень [59, 60] не виявлено імунних до септоріозу сортів, але спостерігалася чітка диференціація зразків за стійкістю до хвороби, на основі чого авторами рекомендовано проводити схрещування зразків з різних Європейських селекційних програм для ефективною селекції на стійкість.

В іншому випадку спостерігали тісну сорто-расову взаємодію в результаті зараження 71 сорту пшениці м'якої шістьма різними ізолятами патогена, а стійкість конкретного сорту була нетривалою [48]. Так сталося з сортом Gene, чотири роки вирощування якого в штаті Орегон призвели до появи вірулентних біотипів [61].

Було підтверджено наявність у зразків пшениці м'якої локусів, пов'язаних з авірулентністю до *M. graminicola* ізолятів IPO323 та IPO94269 [62, 63]. Пізніше для септоріозу було визначено взаємодію «ген проти гена» щодо гена *Stb6* [64], який був ефективним проти ізоляту IPO323. Він знаходиться на короткому плечі хромосоми 3A і виявлений у сортах Flame, Hereward, Shafir, Vivant і, можливо, Безостая 1. Але подібні взаємодії спостерігаються при інокуляції в контрольованих умовах, а в природних умовах, коли діє популяція патогена, стійкість не є специфічною [47]. У John Innes Centre (Великобританія) було ідентифіковано, крім кількох нових генів стійкості, цілий ряд промоторів часткової стійкості до септоріозу [65].

При тестуванні сучасних і стародавніх сортів та дикорослих співродичів пшениці Чехії та Словаччини на стійкість до трьох різних ізолятів *Mycosphaerella graminicola* (R-116, UN-105, BR-331) виявлено різну вірулентність ізолятів на різних зразках [66]. Серед вивчених зразків найвищу стійкість до всіх трьох ізолятів показав лише місцевий сорт Hanáská Věška, до окремих же ізолятів були виявлені джерела стійкості серед всіх груп зразків.

У подібних дослідженнях, проведених у Румунії, також спостерігали істотний вплив сорту, популяції септоріозу та їх взаємодії на стійкість рослин, а високою стійкістю відзначились лінії, отримані за участю *Aegilops* spp. [67]. Використання синтетичних пшениць, отриманих за участю *Ae. squarrosa*, *Ae. tauschii*, як джерел стійкості до септоріозу та інших листових плямистостей, є перспективним і в Північній Америці [68], але для подолання пізньостиглості, низької якості зерна та інших негативних моментів необхідна подальша селекційна робота.

У Центральній-чорноземному регіоні Росії було виділено 10 морфотипів *S. tritici*, при цьому на рівень агресивності збудника суттєво впливав сорт-хазяїн [69]. Вищою стійкістю серед ярих пшениць характеризувався матеріал з Мексики (СІММУТ), а серед озимих – з Великобританії, Франції та США [70]. В інших дослідженнях, проведених у кількох регіонах Росії, серед більш ніж 1500 зразків вищу стійкість мали європейські пшениці серед озимих та південноамериканські – серед ярих [71].

Велику увагу селекції на стійкість до цього захворювання приділяють у Краснодарському НДІСГ (Росія), де напрацьовано як стійкі сорти, так і толерантні – здатні не знижувати урожай при високому ступені ураження [72].

Селекція стійких до захворювання сортів залишається основним напрямом у боротьбі з септоріозом, при цьому важливими є складання в одному сорті піраміди з кількох відомих генів стійкості і пошук нових [117]. З середини минулого сторіччя в селекційних програмах США і Мексики використовували зразки з Бразилії, зокрема *Vulgaria 88*, як джерела стійкості до септоріозу [52, 53]. Цінними джерелами стійкості визначено тритикале та синтетичні гексаплоїдні пшениці [73]. Джерелом гена стійкості *Stb5* виявився співродич пшениці *Ae. tauschii* [74].

У вітчизняній селекції пшениці м'якої стійкості до септоріозу також приділяється увага. В селекційних програмах Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла при створенні стійких до септоріозу ліній високими донорськими властивостями відзначався матеріал з Західної та Центральної Європи, зокрема *Norman* (Великобританія), *KM-57-83* (Чехія), *Pursand*, *Allegro*, *R-5.1*, *Compal* (Франція) [75]. Джерелами стійкості визначено також зразки зі США, зокрема *Atlas 66*, *Century*, *Palug*, *Blueboy II* та інші [76] з 69 комбінацій схрещувань з використанням стійких зразків у F<sub>1</sub> виокремились 20 зі стійкістю 7 балів, при цьому у створенні їх батьківських форм найчастіше використовували стійкі сорти *Експромт*, *Миронівська остиста*, *Миронівська 33*, у восьми комбінаціях спостерігали повне домінування стійкості [77]. На основі виділення моноспорових ізолятів з високою патогенністю в даній установі створено інокулюм для штучних інфекційних фонів в рамках програми «Імунітет» [78]. Використання обробки мутагенами гібридного насіння пшениці озимої дозволяло отримувати гібридно-мутантні форми з підвищеною стійкістю проти септоріозу листя [79].

У Селекційно-генетичному інституті НААН при штучному зараженні штамом *St 16* рослин F<sub>2</sub>, отриманих від схрещування стійких до септоріозу ліній зі сприйнятливим сортом

Одеська напівкарликова, встановлено, що стійкість контролюється одним або двома доміантним генами [80]. Виявлені гени є інтрогресивними і походять від *Ae. cylindrica*. Від схрещування пшениці з пшенично-житніми або пшенично-елімусными амфідиплоїдами в названій установі також було отримано окремі стійкі форми [81]. За показниками тривалості латентного та інкубаційного періодів, інтенсивністю пікнідоутворення визначено ряд джерел стійкості до септоріозу серед зразків пшениці м'якої та твердої озимої селекції СГП-НЦНС. За результатами польових досліджень визначено три сорти пшениці твердої озимої, імунних до септоріозу: Айсберг одеський, Перлина одеська та Аргонавт [82].

В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН встановлено наявність стабільних ефектів стійкості до *S. tritici* серед колекційних зразків пшениці м'якої, а виявлення позитивних трансгресій у гібридних потомствах F<sub>2</sub> дає підстави рекомендувати зразки 1493/9, АС-182, ТАМ107\*3/*Ae. taushii*\*9//KS92WGRC16 як цінний вихідний матеріал з вираженими донорськими властивостями [83].

За результатами вивчення світової колекції пшениці виявлено, що більш стійкими були озимі сорти та лінії походженням з країн Північно-західної Європи: Великобританії, Швеції, Нідерландів, Німеччини, Австрії, Швейцарії, Польщі, Чехії та Білорусі, а також з установ північно-західної частини України, тобто територій з помірним температурним режимом та підвищеною кількістю опадів. У роки з інтенсивним ураженням хворобою стійкішими виявляються пізньостиглі зразки та форми з більшою висотою рослин [84]. Серед ярих сортів вищою стійкістю характеризувались пшениці з півночі Європи та Мексики, де, починаючи з 70-х років минулого сторіччя, ведеться селекційна програма на стійкість до *S. tritici* [73].

У той же час склад популяції патогена та ефективні гени стійкості для умов України вивчено недостатньо. Для створення сортів, здатних ефективно протистояти зараженню та розвитку хвороби необхідно мати різноманітні джерела стійкості у конкретній кліматичній зоні.

**Борошниста роса** є захворюванням помірного клімату, але ареал його розповсюдження розширюється з інтенсивним використанням зрошення, азотних добрив та генетично подібних сучасних напівкарликових сортів [85]. Збудником є вузькоспеціалізований паразит *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* Marchal. (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *tritici* Marchal), який має як статеву, так і вегетативну стадії розвитку [86]. Але відомі дані про схрещуваність борошносторосяних грибів з різних видів злаків [87].

Зараження може відбуватися при досить широкому діапазоні температур і вологості повітря [1, 88]. Через це в Україні ураження рослин пшениці борошнистою россою спостерігається практично кожного року. Симптоми проявляються на листі, стеблах, листових піхвах, іноді на колосі, у вигляді світлого павутинистого нальоту та подушечок борошнистого нальоту спочатку білого, потім жовтувато-сірого кольору. З часом на старіючих подушечках з'являються дрібні чорні крапки (плодові тіла сумчастої стадії – клейстотеції). Наліт поширюється з нижніх ярусів рослин на верхні, при сильному ураженні охоплює основу стебла і виходить на колосся.

За оптимальної температури (15-20 °C) та високої вологості життєвий цикл *B. graminis* може завершитися за 10 днів, але при температурі вище 25 °C розвиток гриба сповільнюється, через що при жаркому літі хвороба не така шкідлива [89]. Основним чинником розповсюдження конідій борошнистої роси є вітер [90].

Зниження густоти продуктивного стеблостою, кількості та розміру зерен у результаті ураження рослин сприйнятливих сортів пшениці борошнистою россою під час епіфітотії призводить до зниження урожаю від 13 % до 45 % [91].

Для пшениці встановлено як специфічну, так і неспецифічну стійкість до збудника борошнистої роси [92]. На 2014 рік відомі гени стійкості до борошнистої роси *Pm1* - *Pm53* [33, 93], за деякими з них відомі алельні варіанти, ще понад 20 мали тимчасові позначення. Ефективність більшості з них для умов України не вивчено.

На початок 90-х років минулого сторіччя в Україні домінуючими були раси 2 та 44 [94]. За більш сучасними даними в зоні Центрального Лісостепу і Полісся до 2005 року

домінували раси 2, 4, 58 та 61, проти яких ефективними були гени *Pm3a*, *Pm4b*, *Pm2*, а в 2006 році підвищилась частота виявлення X11, Ск 35 та двох ще невідомих рас, через що ефективність генів змістилась у бік *Pm3a* та *Pm2+mld* [95]. В. В. Іванченко [96] відзначав, що гени *Pm2* і *Pm2+mld* на теперішній час є досить ефективними проти домінуючих рас борошнистої роси пшениці у східній частині Лісостепу України (58, 2, 4 і 61), хоч незначну частину популяції патогена представлено високовірулентними расами (42, 51, 80, x7 і x16). У зоні Степу України домінуючі раніше раси 2 і 4 доповнилися расами 27, 35, 46, 51, 53, 58, 66, через що ген *Pm2* почав втрачати свою ефективність, але у поєднанні з *Pm6* або *Mld* вірулентність була низькою. Також ефективним виявився ген *Pm4a* [97]. Через відсутність у вирощуваних сортів ефективних генів стійкості, істотних розбіжностей за роками вивчення в расовому складі патогена не спостерігали.

У Польщі широко використовуються у селекційній практиці гени *Pm2+Pm6* [98]. У Чехії також поширені гени *Pm2* та *Pm6*, а ще *Pm4b*, *Pm5* і *Pm8* [60]. Останній пов'язаний з пшенично-житньою транслокацією 1BL.1RS [33]. У Білорусі протягом всієї вегетації ефективними виявились гени *Pm16*, *Pm17*, *Pm20*, *MlAx* (Ахона), *MlFr* (Fresco), *MlAr* (Aristide), *Mli* (Aquila) [99]. В Угорщині задовільну стійкість до борошнистої роси забезпечували гени *Pm4a*, *Pm1+2+9*, *Pm2+Mld* [100]. У Румунії високою ефективністю характеризуються гени *Pm5* та *Pm6* [101]. Комбінація *Pm5* та *Pm6* також ефективна у Сербії [102]. Ген *Pm4b* був ефективним у Саратовській області Росії [103]. У країнах Закавказзя та Середньої Азії поширені гени *Pm2*, *Pm3a*, *pm5*, *Pm8* [104].

Визначено, що ген *Pm7* зумовлює стійкість до борошнистої роси лише у фазі початку колосіння, ген *Pm6* зчеплений з геном *Pm2*, проявляється на ранніх етапах розвитку рослин, гени *Pm9*, *Pm4b*, *Pm6* зустрічаються лише у поєднанні з іншими генами стійкості, ген *Pm5* рецесивний та проявляє себе у фазі 4–5 листків [105].

Цінними джерелами генів стійкості є місцеві сорти та форми пшениці м'якої [106]. Існує велика кількість даних про ефективність використання в селекції на стійкість до борошнистої роси пшениці віддаленої гібридизації. Серед відомих генів стійкості майже половина походить від співродичів пшениці м'якої, у тому числі *Ae. tauschii* (Coss.), *T. monococcum* L., *T. turgidum* L., *T. timopheevii* (Zhuk.) [107].

У НДІСГ південного сходу (Росія) отримано стійкі форми при схрещуванні пшениці м'якої ярої з *Ag. elongatum* [108]. Домінантний ген стійкості був переданий у пшеницю м'яку від *Ae. umbellulata* при заміщенні хромосоми 2A на 2U [109]. Джерелом цінної транслокації з генами стійкості до борошнистої роси та бурої листкової іржі стали пшенично-пирійні заміщені лінії, отримані за участю *E. internedia* (Host.) Newski [110]. Від *T. kiharae* до пшениці м'якої також було передано стійкість до борошнистої роси [111]. У Північній Кароліні (США) отримано стійкі до борошнистої роси лінії зі стійкістю від *Ae. tauschii*, *Tr. turgidum* та *Tr. timopheevii* [112]. Донором стійкості може бути жито [113].

Але окремі ізоляти борошнистої роси були більш вірулентними, так як дужче уражували дикорослих співродичів пшениці, які були стійкими до інших ізолятів, у порівнянні з культурними видами [114]. Тому при залученні нових генів стійкості важливо не втрачати вже відомі.

Постійний формотворчий процес у популяції патогена спричиняє втрату стійкості сортами з ефективними генами. Зокрема, вірулентність проти ефективного на сході США гена *Pm17* зростає з 9 до 20 % лише з 2003 по 2005 рр. [115]. Для ефективного контролю над патогеном пропонується поєднувати в сорті кілька головних генів стійкості з полігенною стійкістю [116]. Але гени неспецифічної стійкості важко ідентифікувати на фоні генів специфічної стійкості [117].

На сортах з нерасоспецифічною стійкістю до борошнистої роси латентний період подовжений, менше формується пустул і спор, через що сповільнюється формування колоній гриба [118]. Така стійкість зберігається тривалий період, при цьому забезпечується стабілізація расового складу популяції патогена [18]. Ще одним засобом контролю розповсюдження захворювання є вирощування суміші сортів [119, 120].

Наведені дані свідчать, що селекція на стійкість до борошнистої роси інтенсивно ведеться в країнах Європи, північної та східної частин США. У той же час не варто очікувати високої стійкості серед зразків з Мексики, де таке захворювання відсутнє [121], або з південної та центральної частини США. В штаті Канзас, наприклад, найбільшому виробникові пшениці, це захворювання знаходиться лише на 10 місці за шкідливістю серед хвороб пшениці [4].

Серед селекційних установ України значну увагу стійкості до борошнистої роси приділяють у селекційних програмах Миронівського інституту пшениці [76, 122, 123]. В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва за результатами вивчення 7 тисяч сортів та ліній пшениці м'якої встановлено, що регіон походження зразків з високою стійкістю до розповсюджених в Україні рас борошнистої роси обмежений північною та центральною частинами Європи, стійкість позитивно корелювала з тривалістю вегетаційного періоду та висотою рослин. Виявлено більшу шкідливість борошнистої роси на пшениці ярій порівняно з озимою, виділено джерела високої стійкості, у тому числі з ідентифікованими генами [124]. У Селекційно-генетичному інституті отримано стійкі до цілого ряду захворювань лінії пшениці м'якої озимої шляхом віддаленої гібридизації [125, 126, 127]. Зокрема, 13 ліній зі стійкістю до борошнистої роси, у яких вона контролюється одним або двома комплементарними домінантними *Pm*-генами, що походять від *Ae. cylindrica*, чотири лінії з *Pm*-генами, інтрогресованими від *Tr. erebuni* [128]. Щодо російських селекційних установ, то більшу увагу стійкості до борошнистої роси приділяють у НДІСГ Центрально-Нечорноземної зони [129].

Очевидно, що для успішного ведення селекції на стійкість до борошнистої роси як вихідний матеріал необхідно постійно залучати джерела нових високоефективних генів, так і зразки з нерасоспецифічною стійкістю.

Збудником **піренофорозу** (жовтої плямистості) пшениці є сумчастий гриб *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler. анаморфа *Drechslera tritici-repentis* (Died.) (*Helminthosporium gramineum* f. sp. *tritici-repentis* Died.) [130]. Втрати урожаю зерна від нього можуть складати до 50 % [131]. Перші випадки прояву захворювання на пшениці зафіксовано в середині минулого сторіччя в Канаді та США [132], хоча на інших злакових захворювання описано раніше [133]. Піренофороз до початку 90-х років минулого сторіччя не мав широкого розповсюдження в Україні [134], але останнім часом за питомою часткою серед хвороб пшениці в зоні Лісостепу зрівнявся з септоріозом листя та борошнистою росю. Для патогена, який зберігається на рослинних рештках [135], відмова від системи сівозмін, сівба зернових по стерні при безполицевій обробці ґрунту виявились сприятливими факторами для його розповсюдження. Зокрема, в Канзасі при нульовому обробітку ґрунту збільшувалось ураження листя плямистістю у порівнянні з чизельним обробітком і ще в більшій мірі – у порівнянні з оранкою. Те ж відбувалось і при сівбі пшениці після пшениці у порівнянні з сівбою після сорго [136].

Гриб уражує широке коло рослин сімейства злакових, які можуть бути додатковим джерелом інфекції, але поширення різних рас відмінне на різних видах [137]. Поширення захворювання, особливо на великі відстані, може відбуватися із зараженим насінням [138].

Сучасний ареал розповсюдження захворювання дуже широкий. Це різні регіони Північної Америки [4, 139], Південної Америки [140], Індія [141], Пакистан [142], Австралія [143], Угорщина [144], Чехія [145], західні регіони Росії [146, 147]. При цьому інтенсивне розповсюдження захворювання в країнах Європи і Азії спостерігається лише останніми десятиріччями.

Для гриба характерним є як статеве, так і вегетативне розмноження. На відміну від збудника септоріозу, пікніди розповсюджуються вітром на більші відстані, ніж аскоспори [132]. Зараження пшениці відбувається у широкому діапазоні температур, але для проростання спор необхідно, щоб листя було вологим від 12 годин на сприйнятливих сортах до 24 на середньостійких [139].

Виявлено специфічну взаємодію між конкретними ізолятами гриба та генотипами пшениці, яка може виявлятися у некрозі або хлорозі листя [148]. Встановлено, що прояв



жовтої плямистості викликають токсини, продуковані *P. tritici-repentis* [149]. Чутливість генотипу до токсинів пов'язується зі сприйнятливістю до хвороби [150]. Гени стійкості до хвороби підрозділяються на групи нечутливості до токсинів патогена, які викликають некроз Ptr ToxA (гени *tsn*), хлороз Ptr ToxB та Ptr ToxC (гени *tsc*) та гени стійкості до жовтої плямистості (*tsr*) [33]. Сприйнятливість у більшості випадків домінує над стійкістю. Визначено, що токсини Ptr ToxA та Ptr ToxB є білками [151], а Ptr ToxC – пептид з низькою молекулярною вагою [152].

Расовий склад ізолятів *P. tritici-repentis*, зібраних у різних регіонах, зокрема у Північній Америці, Південній Америці та Європі на різних видах злакових істотно не відрізнявся, що свідчить про відносно недавнє поширення захворювання, або про постійний рух інфекції по всьому світу разом з рухом насіння [153]. Російські дослідники, навпаки, встановили істотні відмінності в расовому складі патогена між популяціями з північного заходу та південного заходу країни [154]. У більшості випадків домінувала раса 1. Вона переважала і серед ізолятів, зібраних в Чехії, хоча зустрічались і не ідентифіковані раніше раси (до 25 %) [155]. На теперішній час дані про расовий склад патогена в Україні обмежені.

Серед сучасних сортів та ліній пшениці м'якої існують джерела високої стійкості до піренофорозу [145, 156]. В інших дослідженнях серед 1400 ліній, при різних рівнях прояву стійкості, не виявлено імунних ліній [157]. За результатами аналізу поширених у Канаді з 1870 року сортів пшениці щодо стійкості до токсинів *P. tritici-repentis* визначено, що сприйнятливість залежала від використовуваних у той чи інший період батьківських форм [158]. Звуження генетичного різноманіття сучасних сортів несе загрозу збільшення втрат урожаю від захворювання.

Цінним джерелом стійкості до піренофорозу пшениці м'якої є споріднені види, зокрема *Ae. tauschii* Coss. [159]. Серед зразків видів *Aegilops* колекції Всеросійського інституту рослинництва ім. М. І. Вавилова вищою стійкістю до жовтої плямистості відзначалися носії геному D – *Ae. tauschii* та *Ae. cylindrica* [146]. Успішно передається стійкість від *T. timopheevii* [160]. Серед видів пшениці відсоток стійких зразків був найвищим у *T. monococcum* та *T. timopheevii* [68]. В Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН високою стійкістю відзначилися кілька ярих ліній з Мексики, отриманих шляхом віддаленої гібридизації з *Ae. squarrosa*, а також ряд озимих зразків з України, Угорщини, Румунії та Росії. При цьому зі стійкістю корелювали маса тисячі зерен та виповненість зерна [161].

Враховуючи тенденції до зменшення витрат на обробіток ґрунту та подальшу спеціалізацію країни на виробництві зерна і світові вектори поширення піренофорозу пшениці, варто вести власні селекційні програми на стійкість до жовтої плямистості. Для цього необхідно мати відповідний вихідний матеріал.

**Буря листкова іржа.** *Puccinia triticina* Eriks. (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm f.sp. *tritici*) є одним із найбільш шкідливих захворювань пшениці. Іржа уражує пшеницю тисячі років і перші згадки про захворювання зустрічаються ще в класичній давньогрецькій та римській літературі [162, 163]. У результаті археологічних розкопок на території Ізраїлю було знайдено уредоспори стеблової іржі, датовані 1300 роком до нашої ери [164]. Центром походження захворювання вважається регіон Межиріччя, де існує природний ланцюг первинних та альтернативних хазяїв [165]. Перші описи захворювання у науковій літературі відносяться до кінця XVIII – середини XIX сторіччя [166, 167, 168]. Перше обстеження розповсюдження іржі на території колишньої Російської імперії проведено на початку минулого сторіччя [169]. З того часу виконано масу теоретичних і практичних досліджень щодо стійкості пшениці до бурої листкової іржі, але, тим не менше, вона залишається найбільш шкідливим захворюванням культури [170].

Збудником захворювання є облігатнопаразитичний гриб зі складним циклом розвитку, статеві стадії якого проходить на деяких видах рутвиці (*Thalictrum*). Вегетативна уредіальна стадія на рослинах пшениці дає кілька генерацій протягом періоду вегетації рослин [1, 12]. Інфекція може зберігатись і на інших видах злаків, завдяки чому ряд років гриб може існувати в уредостадії без повного циклу розвитку. Уредоспори проростають лише при контакті з крапельно-рідкою вологою [171]. Розвивається гриб у широкому

діапазоні значень факторів середовища. При цьому оптимальною є температура 20 °С, коли для зараження достатньо трьох годин, а допустимими – 2–32 °С [172, 173].

Перші симптоми ураження з'являються переважно на верхньому боці листя і піхвах у вигляді дрібних іржаво-бурих подушечок (пустул) – спороношення гриба. Спочатку вони прикриті епідермісом, пізніше вивільняються і порошок. Через 10-15 діб на нижньому боці листя утворюються пустули чорного кольору. При сильному ураженні листя передчасно жовтіє і всихає. Симптоми можуть проявлятися упродовж всієї вегетації рослин, але найчастіше виявляються, починаючи від колосіння. Шкідливість хвороби полягає у зменшенні асиміляційної поверхні листя, порушенні процесів дихання і водного балансу, що спричиняє передчасне відмирання листя і зменшення кількості коренів. У результаті бура іржа спричиняє передчасне дозрівання, зниження кількості і недорозвиненість зернівок, їх щуплість, зниження якісних показників зерна та насіння. Уражені рослини проявляють нижчу посухостійкість. Оскільки збудники іржавих хвороб колосових є біотрофами, obligатними паразитами, стійкість проти них має характер „вертикальної” і часто проявляється реакцією надчутливості: у стійких сортів навколо пустул з'являється хлоротична облямівка, а в імунних зразків хлоротичні плями залишаються стерильними, без спороношення гриба [32].

Спори можуть розноситися вітром на сотні і тисячі кілометрів, що призводить до появи нових генотипів хвороби в регіонах вирощування пшениці. Природними перепонами на шляху розповсюдження можуть слугувати океани та гірські хребти. Так популяція патогена з країн Закавказзя, Туркменістану, Узбекистану, Таджикистану, Киргизії суттєво відрізнялась від популяції Казахстану через гори Тянь-Шань, що розмежовують ці регіони, і обидві популяції суттєво відрізнялись від популяції Північної Америки. Формоутворення гриба відбувається за рахунок мутацій та шляхом статевого розмноження на альтернативних видах рослин-хазяїв [174].

Важливим центром формоутворення гриба на європейській частині колишнього СРСР вважається регіон Дагестану [175]. Регіонами найбільшого поширення захворювання є Європа, Центральна та Південна Азія, Північна та Південна Америки [172].

Для більшості випадків успадкування стійкості пшениці до іржі встановлено класичну взаємодію ген на ген [12, 170]. На цей час ідентифіковано більше 90 генів стійкості, по окремих з них існують різні алельні варіанти, крім того, відомі супресори генів стійкості, а також локуси кількісних ознак QTL [33, 93]. Тобто стійкість може успадковуватись як якісна, так і кількісна ознака. Використання специфічної стійкості набагато ефективніше у захисті урожаю, але і більш витратне. Неспецифічна стійкість менш ефективна, але зберігається довше, тому частіше використовується у країнах, які розвиваються [176]. Частота ізолятів, вірулентних до гена специфічної стійкості може лише за кілька років підвищитися з менше 5 % до понад 60 % [177]. Після втрати ефективності окремих генів і виведення з виробництва їх носіїв, деякі відповідні гени вірулентності швидко зникають з популяції патогена, а інші залишаються надовго [172]. Більшість генів викликають у рослин реакцію надчутливості і є расоспецифічними, але дія генів *Lr34* та *Lr46* не відрізняється залежно від рас гриба і проявляється у зменшенні кількості та розміру уредопустул [178]. Дія гена *Lr34* пов'язується з кодуванням білка, який здійснює транспорт молекул через мембрану [179]. Цей ген виявився поширеним і серед українських сортів пшениці [180]. Не алельний геніві *Lr34* ген неспецифічної стійкості було знайдено у індійського сорту PBW65 [181].

Експресія різних генів стійкості залежить від фази розвитку рослин [170, 178]. Дорослі рослини окремих сортів можуть виявитися стійкими при цьому бути сприйнятливими до більшості рас у фазі сходів [182]. Проте відмічено істотну позитивну кореляцію між польовою стійкістю дорослих рослин і стійкістю у фазі сходів у лабораторних умовах [183]. Дія окремих генів у значній мірі визначається температурою середовища [184]. На наборі майже ізогенних за гліадіновими алелями ліній встановлено сполученість стійкості до окремих рас патогена з наявністю певних алельних варіантів, зокрема носій блоку Gli-1B9 виявив стійкість до рас 1, 149, 184, 77/1, 77/36 [185].

За даними Пантелеєва В. К. [186] на районаних в Україні та перспективних сортах пшениці м'якої озимої в 1988-1997 рр. щорічно були присутніми раси 77, 192, 149, 62, 44, і х-раси. Спостерігалась тенденція до втрати домінування раси 77 у популяціях патогена. Ефективними були гени *Lr9*, *Lr19*, *Lr23* [187]. У степовій зоні України до 1997 та в 2003 рр. домінувала раса 77, а в 1997-2002 рр. – 144, що пов'язується зі зміною погодних умов, тому що набір генів стійкості в районаних сортах не змінився. Високою стійкістю відрізнялись носії генів *Lr9*, *Lr19*, слабо вражалися – *Lr24*, *Lr37* [188]. Подібна ситуація збереглася і в 2004-2007 роках [189]. При цьому носії гена неспецифічної стійкості *Lr34* характеризувались високим рівнем сприйнятливості.

Гени *Lr9* та *Lr19* були ефективними і в умовах Центрального Лісостепу України [190]. У Київській області разом з расою 77 поширена також раса 1, ефективними були гени *Lr9*, *Lr24*, *Lr28* [191]. Стійкість до місцевої популяції бурої іржі забезпечують як окремі гени, так і їх поєднання *Lr9*, *Lr19*, *Lr37*, *Lr42* + *Lr24*, *Lr43* (*Lr21* + *Lr39*) + *Lr24*, *Lr9* + *Lr26*, *Lr10* + *Lr24* [192]. Дослідження в різних областях України показали поширення рас 77 (4.6-39.2%), Х4 (17.6-28 %), 6 (4-15%), 149 (6.5-10.8%) і ефективність генів *Lr9*, *Lr19*, *Lr23* і *Lr24* [193].

У чеських сортах, як і в сортах багатьох інших європейських країн, поширені гени *Lr1*, *Lr3a*, *Lr3ka*, *Lr10*, *Lr13*, *Lr14a*, *Lr17b*, *Lr26* та *Lr37*, які, на жаль, забезпечують лише частково стійкість проти поширених у даний час рас [60]. Але окремі сорти, носії генів *Lr10*, *Lr26* та *Lr37* забезпечують набагато вищий рівень стійкості, ніж ізогенні даними генами лінії [194]. Високу ефективність показали *Lr9*, *Lr19* та дещо нижчу – *Lr24*, *Lr28*, хоча расовий склад популяції був іншим, ніж в Україні [182].

В Угорщині стійкість до бурої листкової іржі забезпечували гени *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr25*, *Lr29*, і *Lr35* [100]. У Румунії високою ефективністю характеризуються гени *Lr9*, *Lr19*, *Lr24*, *Lr26*, та *Lr13* [101].

В умовах Краснодарського краю (Росія) ефективними виявились гени *Lr9*, *Lr19*, *Lr25*, *Lr38*, *Lr42*, *Lr43* і *Lr45* [195]. Популяцію бурої іржі на півдні Росії представлено 25, 62, 77 і 122 расами [196]. Серед вирощуваних у Росії сортів пшениці м'якої частіше зустрічаються гени *Lr10*, *Lr26*, *Lr19*, *Lr9*, *Lr20* та *Lr1* у порядку зниження поширеності [197].

У країнах Закавказзя та Середньої Азії поширеними були гени *Lr1*, *Lr3*, *Lr10*, *Lr23* та *Lr26*, при цьому частіше інших зустрічався *Lr3* [104]. У Північному Казахстані ефективними були *Lr9*, *Lr24*, *Lr25* та *Lr36* [198].

На американському континенті ефективні дещо інші гени стійкості. Зокрема, сучасні сорти Канади мають *Lr13*, *Lr16*, *Lr34*, але перші два поступово втрачають ефективність, а поширений раніше *Lr9* зберігає [199]. Популяція *P. triticina* в США дуже різноманітна і динамічна. Ефективний у 90-х роках минулого сторіччя ген *Lr17a* [200] з поширенням його носія – сорту Jagger, викликав розповсюдження агресивних фенотипів вірулентності (згідно прийнятої в Північній Америці системи номенклатури) [201]. Зараз теж саме відбувається з геном *Lr41*. На початок нового сторіччя зберігали відносну стійкість гени *Lr9*, *Lr16*, *Lr18*, *Lr21*, *Lr24*, *Lr41*, *Lr42* [177].

У селекції пшениці на стійкість до бурої листкової іржі високоефективною є віддалена гібридизація. Багато з ідентифікованих генів стійкості походять від споріднених видів [33, 172]. Генетичний матеріал *Triticale* і *T. durum* поєднує високі показники цінних господарських ознак зі стійкістю до бурої іржі, тому має цінність для селекції та може бути рекомендованим до виробництва [202]. У Селекційно-генетичному інституті НААН (Україна) отримано стійкі лінії пшениці м'якої при схрещуванні сортів місцевої селекції з різними видами егілопсів, переважно з півдні України [21, 125, 126, 127], а також ряд ліній з інтрогресованими ефективними *Lr*-генами від *Ae. cylindrica*, *T. erebuni*, *T. dicoccoides* та *T. tauschii*. Всі вищеназвані лінії можна використовувати в селекції пшениці як донори стійкості до збудника бурої листкової іржі [203]. При поєднанні в одному генотипі пшенично-житніх транслокацій 1AL/1RS та ефективних генів стійкості, не локалізованих у транслокації, можна отримати генотипи з високою адаптивністю та стійкістю до хвороб. Таким чином створено сорти Житниця одеська та Ліга одеська [204]. Виявлено пшенично-житню

транслокацію 1BL/1RS, що несе гени стійкості проти бурої іржі *Lr26*, стеблової іржі *Sr31*, борошнистої роси *Pm8*, жовтої іржі *Yr9*, у таких сортах, як Миронівська 61, Миронівська 27, Мирлебен, Миронівська 28, Миронівська 30, Миронівська 31, Миронівська 33, Мирич, Миронівська 65, Миронівська 66, Крижинка, Миронівська 67, Веста, Сніжана, Переяславка, Деметра, Фаворитка, Пивна, Калинова, Колос Миронівщини, Монотип, Економка, Миронівська сторічна, Легенда Миронівська 3. Наявність пшенично-житньої транслокації 1AL/1RS у генотипі пшениці озимої, яка несе комплекс генів стійкості до бурої іржі *Lr24*, стеблової іржі *Sr1RS*, борошнистої роси *Pm17*, виявлено у сортів Колумбія, Смуглянка, Веснянка, Золотоколоса, Ясногірка, Славна, Яворина [192].

У НДІСГ південного сходу (Росія) створено стійкі лінії L3026 та L3027 при схрещуванні пшениці м'якої ярої з *Ag. elongatum* [108]. За участю пшенично-пирійних заміщених ліній Агис 1, Агис 503 з геном стійкості до бурої іржі *LrAg* у Самарському НДІСГ (Росія) одержано стійкі лінії пшениці м'якої [110]. У Краснодарському НДІСГ (Росія) при використанні синтетичних форм, створених за участю *Ae. tauschii*, *Ae. speltooides*, *Ae. umbellulata*, *T. militinae* отримано лінії пшениці м'якої з генами стійкості до бурої листкової іржі відмінними від ефективних у регіоні *Lr9*, *Lr19*, *Lr24* [205].

Успішно використовуються у виділенні нових генів стійкості і створенні за їх участю ліній пшениці м'якої споріднені види, зокрема *Ae. tauschii*, у Центрі генетичних ресурсів пшениці (WGRC, Канзас, США) [206]. *Ae. triuncialis* L. виявився для пшениці донором гена стійкості *Lr58* [207].

Серед вивченого в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН колекційного матеріалу вищою стійкістю відзначились пшениці озими з Угорщини, Сербії, Росії, США та Мексики, ярі – з Індії, Пакистану, Мексики, Бразилії та Аргентини, а також ряд озимих та ярих зразків з України. При цьому зі стійкістю корелювали маса зерна з колоса та маса тисячі зерен, а серед озимих форм перевагу мали ще й ранньостиглі зразки [208]. Ефективність нових генів стійкості для умов України на місцевих популяціях бурої листкової іржі невідома.

Спалахи **вірусних хвороб** відбуваються періодично після масового розмноження сирих комах – переносників їх збудників. Частіше за все на території Харківської області зустрічаються симптоми ураження вірусом жовтої карликовості ячменю (Barley yellow dwarf virus), який переноситься попелицями та вірусу смугастої мозаїки пшениці (Wheat streak mosaic virus), який переноситься пшеничним кліщем [209].

**Вірус смугастої мозаїки пшениці** (ВСМП) відомий з 1932 року, уражує майже всі зернові культури: пшеницю, ячмінь, жито, кукурудзу, сорго. На теперішній час ВСМП становить серйозну загрозу на різних континентах, у тому числі у східній Європі та різних регіонах України, втрати урожаю від ураження хворобою можуть перевищувати 5 % [210]. Смугаста мозаїка пшениці є типовим природно-осередковим захворюванням – обов'язковою ланкою в циркуляції вірусу є наявність проміжних хазяїв-живителів серед дикорослої рослинності. Інтенсивне ураження посівів смугастою мозаїкою співпадає з масовим розмноженням кліщів (*Aceria tritici* Sbevtch). На ураженість рослин пшениці озимої значний вплив мають попередники та строки сівби: кращими у фітосанітарному відношенні попередниками є чорний пар, горох і багаторічні бобові трави порівняно зі стерньовими чи кукурудзою. При ранніх і особливо надранніх строках сівби ураженість пшениці буває значно вищою, ніж при оптимальних чи пізніх строках. В окремі роки з тривалою теплою осінню, коли створюються сприятливі умови для розмноження і поширення кліщів, сильне ураження хворобою можливе і при сівбі в оптимальні строки. Шкідливість смугастої мозаїки пшениці в роки епіфітотії буває дуже відчутною. Ураження рослин спричиняє зменшення кількості продуктивних стебел, зерен в колосках, маси 1000 зернин і зниження схожості насіння. Втрати урожаю можуть досягати 60-70 %, ураженість рослин – 50-100 %. Ступінь шкідливості вірусу залежить від строків зараження – пшениця озима найбільш сприйнятлива до вірусу у ранні фази розвитку [209].

Відомо, що гени стійкості до ВСМП у пшениці озимої відсутні [211], але такі гени виявлено у представників роду *Agropyron* (*Ag. elongatum*, *Ag. intermedium*). Їх стійкість

проявляється реакцією надчутливості, за якої на листках утворюються місцеві хлорози, які з часом відмирають і завдяки цьому вірус не поширюється по рослині. Також у селекції на стійкість використовують форми, отримані в результаті гібридизації різних форм пшениці та інших злаків, зокрема амфідиплоїдної форми *Thinopyrum intermedium*. Найбільш перспективними засобами боротьби з ВСМП є створення трансгенних рослин з уведенням у рослинний геном білка оболонки вірусу за допомогою вектора *Agrobacterium tumefaciens* чи інших векторів [212].

**Жовту карликовість ячменю** (ВЖКЯ) викликають дві групи вірусів: вірус жовтої карликовості ячменю (BYDV) і вірус жовтої карликовості злаків (CYDV) [213]. Це одне з високо шкідливих захворювань пшениці, яке в регіонах свого поширення викликає недобір близько шостої частини урожаю [214]. Вірус жовтої карликовості ячменю займає домінуюче положення серед кількох асоціацій вірусів пшениці і ячменю в Україні [215]. На території колишнього СРСР перший спалах захворювання зафіксований у 1961 році в Краснодарському краї (Росія) [216].

На відміну від більшості захворювань, прояв яких визначається взаємодією у трикутнику патоген - господар - середовище, тут з'являється четвертий активний гравець - переносник вірусу [217].

На території України ідентифіковано штами PAV, MAV, RPV, SGV, які передаються різними видами попелиць [218]. У хворих рослин жовтіє та червоніє листя через порушення співвідношення пігментів хлорофілу А і В та каротиноїдів, у результаті чого спостерігається пригнічення окремих реакцій фотосинтезу [219]. Оптимальною температурою для зараження і розвитку вірусу є 24 °С. Негативний вплив захворювання стосується всіх елементів продуктивності [220].

Окремі види попелиць можуть переносити різні штами вірусу, а окремі штами можуть переноситися різними видами. При цьому різні клони попелиць відрізняються за ефективністю переносу вірусу [221]. При вищих температурах і посушливих умовах попелиця відвідує більшу кількість рослин, відповідно збільшується відсоток заражених рослин [222]. Потеплення клімату може призвести до розширення спектру переносників вірусу, наприклад *Rhopalosiphum maidis* - переносників штаму RMV, які не відкладають яйця і тому не перезимовують у суворих умовах [223]. Повторення двох м'яких зим призводить до значного збільшення популяції *Rhopalosiphum padi*, обсяг якої істотно корелює з зимовими температурами [224].

Природних джерел стійкості до вірусів жовтої карликовості серед пшениці м'якої не виявлено, але перспективним є застосування методів генної інженерії [225]. Донором стійкості може бути *Thinopyrum intermedium*, за участю якого створено лінію P29, із заміщенням хромосоми 7D хромосомою 7E [226]. Можливість використання пірію, як донора стійкості, доведено і в інших дослідженнях [227, 228].

У зниженні негативного впливу вірусу на продуктивність пшениці важливим є толерантність сорту, здатність протистояти іншим біотичним та абіотичним стресам, що зменшує рівень прояву захворювання [229]. Серед 19 сортів селекції СГІ (Україна) усі виявилися сприйнятливими до вірусу жовтої карликовості, а сорти Антонівка, Литанівка, Вікторія одеська, Служниця одеська проявили толерантність і при інтенсивному розвитку хвороби дали відносно високий урожай зерна [230]. При сильному ураженні в умовах 2006 року в Харківській області вищу стійкість мали краще адаптовані зразки: кореляція із зимостійкістю та інтенсивністю весняного відростання була позитивною, істотною для  $p < 0,01$  [208].

Отже, для зниження шкідливості ВЖКЯ ефективним є використання джерел як стійкості, так і толерантності.

**Висновки.** Ураженість пшениці озимої збудниками хвороб є вагомим негативним чинником, який знижує кількісні та якісні характеристики отриманого урожаю зерна. Основним шляхом вирішення проблеми зниження шкідливості хвороб є створення та впровадження у виробництво стійких сортів. Для цього необхідною умовою є виділення джерел

стійкості, вивчення генетичної основи стійкості та характеру успадкування ознаки. Наступним етапом є створення нового вихідного матеріалу з поєднанням індивідуальної та групової стійкості до основних хвороб та комплексом цінних господарських ознак.

Науковцями нашої країни, ближнього та дальнього зарубіжжя впродовж багатьох років проведено ряд досліджень у цьому напрямку та отримано вагомі результати щодо, ідентифікації генів стійкості до бурої іржі, борошнистої роси, септоріозу, піренофорозу. В практичному відношенні створено лінії пшениці озимої з використанням віддаленої та внутрішньовидової гібридизації, які являють цінність як вихідний матеріал для створення стійких сортів.

Оскільки втрата сортами стійкості є закономірним процесом через зміни у популяціях збудників, мінливість умов навколишнього середовища, то і пошук нових джерел стійкості до хвороб, розширення генетичного різноманіття існуючих сортів пшениці озимої, вивчення складу популяцій збудників та ідентифікація нових генів стійкості мають бути постійною складовою селекційного процесу будь-якої культури і, зокрема, пшениці.

### Список використаних джерел

1. Пересыпкин, В. Ф. Атлас болезней полевых культур [Текст] / В. Ф. Пересыпкин. К. : Урожай, 1981. – 248 с.
2. Довідник із захисту рослин [Текст] / Л. І. Бублик, Г. І. Васечко, В. П. Васильєв та ін.; під ред. М. П. Лісового. – Київ : Урожай, 1999. – 744 с.
3. Disease epidemiology on cereal crops in the European region of Russia [Text] / S. S. Sanin, L. N. Nazarova, T. Z. Ibragimov et al. // *Phytopathology*. – 2006. – Vol. 96. – P. 102.
4. Success stories: breeding for wheat disease resistance in Kansas [Text] / W. W. Bockus, J. A. Appel, R. L. Bowden et al. // *Plant Dis*. – 2001. – Vol. 85. – P. 453-461.
5. Theophrastus. 370-286 B.C. Enquiry into plants [Text]; english translation by Sir Arthur Hort. – Vols. 1 and 2. 1916. Harvard University Press, London.
6. Biffen, R. H. Mendel's laws of inheritance and wheat breeding [Text] / R. H. Biffen // *J. Agric. Sci.* – 1905. – Vol. 1. – P. 4-48.
7. Вавилов, Н. И. Законы естественного иммунитета растений к инфекционным заболеваниям [Текст] / Н. И. Вавилов. – Избранные произведения. Л.: "Наука". – 1967. – Т. 2. – С. 362-434.
8. Вавилов, Н. И. Учение об иммунитете растений к инфекционным заболеваниям [Текст] / Н. И. Вавилов. – Избранные произведения. Л.: "Наука". – 1967. – Т. 2. – С. 260-361.
9. Вавилов, Н. И. Проблемы иммунитета культурных растений [Текст] / Н. И. Вавилов. – Избранные труды. М.–Л.: "Наука". – 1964. – Т. 4. – С. 4-61.
10. Жуковский, П. М. Сопряженная эволюция растения-хозяина и паразита [Текст] / П. М. Жуковский. – В кн. : Генетические основы селекции растений на иммунитет. – М. : "Наука". – 1973. – С. 120-134.
11. Жуковский, П. М. Современное состояние и развитие основных идей Н. И. Вавилова [Текст] / П. М. Жуковский. – В кн. : Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 1975. – Т. 54, Вып. 1. – С. 229-238.
12. Берлянд-Кожевников, В. М. Селекция пшеницы на устойчивость к основным грибным болезням. Обзорная информация [Текст] / В. М. Берлянд-Кожевников, М. А. Федин. – М. : ВНИИТЭИСХ. – 1977. – 56 с.
13. Персон, К. Генетика взаимоотношений в системе хозяин - паразит [Текст] / К. Персон, Г. Сидху. – В кн. : Использование мутаций в селекции растений на устойчивость к болезням. - Л. : ВИР. – 1974. – С. 3-18.
14. Щербаков, В. Г. Генетические системы устойчивости растений [Текст] / В. Г. Щербаков. – В кн. : Генетические основы селекции растений на иммунитет. – М. : "Наука". – 1973. – С. 11-64.
15. Flor, H. H. Host-parasite interaction in flax rust—its genetics and other implications [Text] / H. H. Flor // *Phytopathology*. – 1955. – Vol. 45. – P. 680-685.

16. Ван дер Планк, Я. Устойчивость растений к болезням [Текст] / Я. Ван дер Планк. – М. : "Колос". – 1972. – 253 с.
17. Дьяков, Ю. Т. Общие сведения о паразитизме [Текст] / Ю. Т. Дьяков. – В кн. : Генетические основы селекции растений на иммунитет. – М. : "Наука". – 1973. – С. 65-73.
18. Лісовий, М. П. Сучасний погляд на полігенну та моногенну стійкість рослин у межах активного фізіологічного імунітету [Текст] / М. П. Лісовий, Г. М. Лісова // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 21-31.
19. Чесноков, Ю. В. Устойчивость растений к патогенам : (обзор иностранной литературы) [Текст] / Ю.В. Чесноков // Сельскохозяйственная биология. – 2007. – № 1. – С. 16-35.
20. Пухальский, В. А. Проблемы естественного и приобретенного иммунитета растений. К развитию идей Н. И. Вавилова [Текст] / В. А. Пухальский, Т. И. Одинцова, Л. И. Извекова [и др.] // Вестник ВОГиС. – 2007. – Том 11, № 3/4. – С. 631-649.
21. Бабаянц, Л. Т. Источники и доноры новых генов устойчивости пшеницы к фитопатогенам [Текст] / Л. Т. Бабаянц, А. И. Рыбалка, О. В. Бабаянц // Труды по фундаментальной и прикладной генетике. – Харьков: Штрих, 2001. – С. 232-241.
22. Файт, В. І. Генетичні системи адаптивності та розширення різноманіття зернових колосових культур [Текст] / В. І. Файт, А. Ф. Стельмах, І. І. Моцний, Н. П. Ламарі / Збірник наукових праць СГІ-НЦНС, вип. 16 (56). – Одеса. – 2010. – С. 118–130
23. Климатический атлас Украинской ССР [Текст]. – Л. : Гидрометеорологическое издательство, 1968. – 232 с.
24. Cassini, R. Fusarium diseases of wheat and corn in western Europe [Text] / R. Cassini // Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy. P. E. Nelson, T. A. Toussoun, and R. J. Cook, eds. The Pennsylvania State University Press, University Park. – 1981. – P. 56-63.
25. The cereal Fusarium complex [Text] / Parry, D. W., Pettitt, T. R., Jenkinson, P., and Lees, A. K. // Ecology of Plant Pathogens. J. P. Blakeman and B. Williamson, eds. // CAB International, London. – 1994. – P. 301-320.
26. Fungi associated with foot rots on winter wheat in northwest Italy [Text] / Rossi, V., Cervi, C., Chiusa, G., and Languasco, L. // J. Phytopathol. – 1995. – Vol. 143. – P. 115-119.
27. Smiley, R. W. Pathogenic fungi associated with Fusarium foot rot of winter wheat in the semiarid Pacific Northwest [Text] / Smiley, R. W., and Patterson, L.-M. // Plant Dis. – 1996. – Vol. 80. – P. 944-949.
28. Lipps, P. E. Snow rot of winter wheat in Washington [Text] / Lipps, P. E., and Bruehl, G. W. // Phytopathology. – 1978. – Vol. 68. – P. 1120-1127.
29. Хвалей, О. А. Фитосанитарная ситуация на полях Республики Беларусь [Текст] / О. А. Хвалей / Защита и карантин растений. – № 6. – 2015. – С. 27
30. Conway, K. E. Typhula-like snow mold on wheat in Oklahoma [Text] / Conway, K. E., and Williams, E. Jr. // Plant Disease. – 1986. – Vol. 70. – P. 169-179.
31. Sunderman, D. W. Snow-mold-tolerant winter wheats [Text] / Sunderman, D. W., McKay, H. C. // Crop Sci. – 1968. – Vol. 8. – P. 630-631.
32. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів [Текст]: навч. посіб.; за ред. В. В. Кириченка та В. П. Петренкої. – Х.: Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, 2012. – 320 С.
33. Catalogue of gene symbols for wheat [Internet] / R. A. McIntosh, Y. Yamazaki, J. Dubcovsky, J. Rogers, C. Morris, J. Somers, R. Appels, K. M. Devos // KOMUGI-integrated wheat science. 2013. Database at <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>.
34. Catalogue of gene symbols for wheat [Text] / R. A. McIntosh, Y. Yamazaki, J. Dubcovsky [et al.] // Vol. 4 & CD: Proceedings 11th International Wheat Genetics Symposium, Brisbane Qld, Australia. – 2008. – 166 p.
35. Genetic variation in barley germplasm for resistance to snow mold. 9th International barley genetics symposium [Internet] / T. Akar, F. Duesuenceli, S. Ceccarelli et al. // Book of abstracts. Brno Trade Fairs. Brno, Czech Republic 20-26 June 2004. – 2004. – Available from: [www.ibgs.cz/9th\\_barley\\_symposium\\_2004/book\\_of\\_abstracts/Session\\_7.htm](http://www.ibgs.cz/9th_barley_symposium_2004/book_of_abstracts/Session_7.htm).

36. Influence of cold hardening temperature and soil matric potential on resistance to speckled snow mold of winter wheat [Text] / Z. Nishio, N. Iriki, K. Takata et al. // *Phytopathology*. – 2003. – Vol. 93. – P. 65.
37. Influence of Cold-Hardening and Soil Matric Potential on Resistance to Speckled Snow Mold in Wheat [Text] / Z. Nishio, N. Iriki, K. Takata et al. // *Plant Disease*. – 2008. – Vol. 92. – P. 1021-1025.
38. Relationship between brown foot rot and DNA of *Microdochium nivale*, determined by quantitative PCR, in stem bases of winter wheat [Text] / A. S. Turner, P. Nicholson, S. G. Edwards et al. // *Plant Pathology*. – 2002. – Vol. 51. – P. 464–471.
39. Screening relatives of wheat for snow mold resistance and freezing tolerance [Text] / N. Iriki, A. Kawakami, K. Takata et al. // *Euphytica*. – 2001. – Vol. 122. – P. 335–341.
40. Леонов, О. Ю. Стійкість до снігової плісені зразків пшениці м'якої озимої у зв'язку з еколого-географічним походженням [Текст] / О. Ю. Леонов // *Генетичні ресурси рослин*. – 2010. – № 8. – С. 92-97.
41. Shaner, G. Weather and epidemics of Septoria leaf blotch of wheat [Text] / G. Shaner, R. E. Finney // *Phytopathology*. – 1976. – Vol. 66. – P. 781-785.
42. Thomas, M. R. Factors affecting development of *Septoria tritici* in winter wheat and its effect on yield [Text] / M. R. Thomas, R. J. Cook, J. E. King // *Plant Pathol.* – 1989. – Vol. 38. – P. 246-257.
43. Kolomiets, S. Populations of *Septoria* spp. Affecting Winter Wheat in the Forest-Steppe Zone of the Ukraine [Text] / S. Kolomiets // *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico*. – 1999. – P. 32-33.
44. Shaw, M. W. Epidemiology of *Mycosphaerella graminicola* and *Phaeosphaeria nodorum*: An overview [Text] / M. W. Shaw // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International septoria workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico*. – 1999. – P. 93-97.
45. Spore dispersal of leaf blotch pathogens of wheat (*Mycosphaerella graminicola* and *Septoria tritici*) [Text] / C. A. Cordo, M. R. Simón, A. E. Perelló and H. E. Alippi // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International septoria workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico*. – 1999. – P. 98-101.
46. Санин, С. С. Мониторинг септориоза пшеницы и проведение защитных опрыскиваний [Текст] / С. С. Санин, Л. Г. Корнева, Е. А. Акимова, А. А. Мотовилин // *Защита и карантин растений*. – 2015. – № 7. – С. 30–34
47. Scharen, A. L. Biology of the *Septoria/Stagonospora* pathogens: an overview [Text] / A. L. Scharen // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico*. – 1999. – P. 19-22.
48. Field resistance of wheat to *Septoria tritici* leaf blotch, and interactions with *Mycosphaerella graminicola* isolates [Text] / J. K. M. Brown, G. H. J. Kema, H.-R. Forrer et al. // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals : A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico*. – 1999. – P. 148-149.
49. Дерова, Т. Г. Распространение септориозных пятнистостей озимой пшеницы в Ростовской области [Текст] / Т. Г. Дерова, Н. В. Шишкин, В. Е. Жукова / *Защита и карантин растений*. – 2015. – № 4. – С. 29–30
50. Маркелова, Т. С. Фитосанитарная ситуация в агроценозе злаковых культур Поволжья [Текст] / Т. С. Маркелова. – *Защита и карантин растений*. – 2015. – № 5. – С. 22–23
51. Eyal, Z. The *Septoria/Stagonospora* blotch diseases of wheat : past, present, and future [Text] / Z. Eyal // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals : A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico*. – 1999. – P. 177-182.



52. Van Ginkel, M. Breeding for resistance to the Septoria/Stagonospora blights of wheat [Text] / M. Van Ginkel and S. Rajaram // Septoria and Stagonospora diseases of cereals : A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico. - 1999. - P. 117-126.
53. McDonald, B. A. Population Genetics of *Mycosphaerella graminicola* and *Phaeosphaeria nodorum* [Text] / B. A. McDonald, C. C. Mundt and J. Zhan // Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico. – 1999. – P. 77-82.
54. Shaner, G. Breeding for resistance to Septoria and Stagonospora blotches in winter wheat in the United States [Text] / G. Shaner // Septoria and Stagonospora diseases of cereals : A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico. – 1999. – P. 127-130.
55. Duveiller, E. *Septoria tritici* blotch research [Text] / E. Duveiller // AWN. – 2007. – Vol. 54. – P. 87-88.
56. The finished genomic sequence of the *Septoria tritici* blotch pathogen *Mycosphaerella graminicola*. Poster 26 [Text] / S. B. Goodwin, A. L. Ponomarenko, B. Dhillon [et al.] // AWN. – 2007. – Vol. 54. - P. 27-28.
57. Catalogue of gene symbols for wheat [Text] / R. A. McIntosh, G. E. Hart, K. M. Devos et al.; Slinkard A. E., ed. // Proc. 9th Int. Wheat Genet. Symp., Univ. Saskatchewan, Saskatoon, 2-7 August 1998. – Vol. 5. – P. 129.
58. McIntosh, R. A. Catalogue of gene symbols for wheat [Internet] / R. A. McIntosh, Y. Yamazaki, K.M. Devos // Proc. 10th Internat. wheat genet. symp. paestum, Italy. – 2003. (CD Version, Macgene2003).
59. Sip, V. The response of selected winter wheat cultivars to artificial infection with *Septoria tritici* under field conditions [Text] / V. Sip, E. Stuchlikova, J. Chrpova // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2001. – Vol. 37. – P. 73-81.
60. Bartos, P. Achievements and prospects of wheat breeding for disease resistance [Text] / P. Bartos, V. Sip, J. Chrpova // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2002. – Vol. 38. – P. 16-28.
61. Cowger, C. A Vertically resistant wheat selects for specifically adapted *Mycosphaerella graminicola* strains [Text] / C. Cowger, C. C. Mundt and M. E. Hoffer // Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico. – 1999. – P. 85-86.
62. Kema, G. H. J. Genetic control of avirulence in *Mycosphaerella graminicola* (anamorph *Septoria tritici*) [Text] / G. H. J. Kema and E. C. P. Verstappen // Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico. – 1999. – P. 51-52.
63. Brading, P. A. A Possible gene-for-gene relationship for *Septoria tritici* leaf blotch resistance in wheat [Text] / P. A. Brading, G. H. J. Kema and J. K. M. Brown // Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico. – 1999. – P. 54-55.
64. A gene-for-gene relationship between wheat and *Mycosphaerella graminicola*, the *Septoria tritici* blotch pathogen [Text] / P. A. Brading, E. C. P. Verstappen, G. H. J. Kema, J. K. M. Brown // Phytopathology. 2002. – Vol. 92. – P. 439-445.
65. Sources of resistance to *Septoria tritici* blotch and implications for wheat breeding [Text] / L. Chartrain, P. A. Brading, J. C. Makepeace, J. K. M. Brown // Plant Path. – 2004. – Vol. 53. – P. 454-460.
66. Vechet, L. Resistance of wheat (*Triticum aestivum*) to *Septoria tritici* blotch (*Mycosphaerella graminicola*) on leaf segments [Text] / L. Vechet, M. Vojackova // Proc. 5th International Triticeae Symposium, Prague, June 6–10, 2005. Czech J. Genet. Plant Breed. – 2005. – Vol. 41, Special Issue. – P. 325.

67. Mincu, M. Response of winter wheat genotypes to artificial inoculation with several *Septoria tritici* populations [Text] / M. Mincu // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico.* – 1999. – P. 167-169.
68. Identification of new sources of resistance to tan spot, *Stagonospora nodorum* blotch, and *Septoria tritici* blotch of wheat [Text] / P. K. Singh, M. Mergoum, S. Ali et al. // *Crop Sci.* – 2006. – Vol. 46. – P. 2047–2053.
69. Плахотник, В. В. Оценка селекционного материала пшеницы на устойчивость к *Septoria tritici* в Центральном-черноземном регионе [Текст] / В. В. Плахотник, В. П. Судникова, Ю. В. Зеленева // *АГРО XXI.* – 2009. – № 7–9. – С. 12-13.
70. Некоторые вопросы методологии селекции пшеницы на устойчивость к *Septoria tritici* в Центральном-черноземном регионе (ЦЧР) России [Текст] / В. В. Плахотник, В. П. Судникова, С. В. Артемова, Ю. В. Зеленева // *Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС.* – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 183-188.
71. Selection for resistance sources of wheat to the most harmful diseases for creation durable resistant cultivars [Text] / E. D. Kovalenko, H. Bockelman, T. M. Kolomiets et al. // *12th International cereal rusts and powdery mildews conference: abstract book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey.* – P. 141.
72. Аблова, И. Б. Полиморфизм сортов пшеницы по устойчивости к *Septoria tritici* Rob. Ex. Desm. [Текст] / И. Б. Аблова, Л. М. Мохова, В. С. Горьковенко // *Збірник наукових праць СГІ.* – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 69-72.
73. *Septoria tritici* resistance sources and breeding progress at CIMMYT, 1970-99 [Text] / L. Gilchrist, B. Gomez, R. Gonzalez [et al.] // *Septoria and Stagonospora diseases of cereals : A compilation of global research proceedings of the Fifth International Septoria Workshop September 20-24, 1999, CIMMYT, Mexico.* – 1999. – P. 134-134.
74. The exploitation of wheat/goatgrass introgression lines for the detection of gene(s) determining resistance to septoria tritici blotch (*Mycosphaerella graminicola*) [Text] / M. R. Simón, F. M. Ayala, C. A. Cordo et al. // *Euphytica.* 2007. – Vol. 154. – P. 249-254.
75. Муха, Т. І. Вихідний матеріал для селекції озимої пшениці на стійкість проти септоріозу листя в умовах Лісостепу України [Текст] / Т. І. Муха // *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла.* – Вип. 1. – 2001. – С. 58-61.
76. Ковалишина, Г. М. Результати досліджень у селекції озимої пшениці на імунітет до хвороб [Текст] / Г. М. Ковалишина // *Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС.* – 2003. – Вип. 4 (44). – С. 68-76.
77. Кириленко, В. В. Успадкування комплексної стійкості проти листових хвороб та показника седиментації у гібридів F<sub>1</sub> озимої пшениці [Текст] / В. В. Кириленко // *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла.* – 2004. – Вип. 4. – С. 19-25.
78. Вивчення расового складу основних збудників озимої пшениці та використання його в селекції на імунітет [Текст] / В. В. Шелепов, В. В. Кириленко, М. П. Лісовий та ін. // *Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла.* – 2004. – Вип. 3. – С. 9-14.
79. Хоменко, С. О. Створення стійкого до борошнистої роси та септоріозу вихідного матеріалу озимої м'якої пшениці шляхом експериментального мутагенезу [Текст] / С. О. Хоменко // *Вісн. Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів.* – 2008. – Т. 6, № 2. – С. 319-325.
80. Бушулян, М. А. Вихідний матеріал для селекції озимої пшениці щодо стійкості до збудника септоріозу (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.) в умовах півдня України [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05 "Селекція рослин" / Бушулян Марина Анатоліївна. – Одеса, 2003. – 16 с.
81. Мощный, И. И. Наследование признаков устойчивости к грибным болезням отдаленными гибридами пшеницы с амфидиплоидами [Текст] / И. И. Мощный, С. Ф. Лыфенко, Т. Н. Коваль // *Цитология и генетика.* – 2000. – Т. 34, № 2. – С. 46-56.

82. Характеристика сортів пшениці озимої селекції СГІ-НЦНС за показниками, що зумовлюють стійкість-сприйнятливість до *Septoria tritici* в Степу України [Текст] / Насінництво. – 2015. – № 1 (144). – С. 1–2
83. Дослідження генетичного контролю ознаки стійкості у пшениці м'якої озимої до *Septoria tritici* із застосуванням різних методів оцінки [Текст] / І. М. Черняєва, І. С. Лучна, С. Г. Понуренко Т. Ю. Маркова // Генетичні ресурси рослин. – 2009. – Вип. 7. – С. 87-98
84. Скринінг колекції озимої м'якої пшениці за стійкістю до септоріозу (*Septoria tritici* Rob. et Desm.) [Текст] / О. Ю. Леонов, Н. М. Захарова, І. Б. Стрельцова та ін. // Селекція і насінництво. – 2004. – Вип. 88. – С. 9-16.
85. Bennett, F. G. A. Resistance to powdery mildew in wheat: A review of its use in agriculture and breeding programmes [Text] / Fiona G. A. Bennet // Plant Pathol. – 1984. – Vol. 33. – P. 279-300.
86. Лебедева, Т. В. Генетика устойчивости пшеницы к мучнистой росе [Текст] / Т. В. Лебедева // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – СПб.: ВИР, 2005. – С. 527-543.
- 87 Buda, E. Factors controlling nonpathogenicity of *Erysiphe graminis* f. sp. *agropyri* and *Erysiphe graminis* f. sp. *secalis* towards wheat varieties [Text] / E. Buda, E. Uno, K. Hiura // Ann. Phytopath. Soc. Japan. – 1976. – Vol. 42. – P. 85.
88. Last, F. T. Some effects of temperature and nitrogen supply on wheat powdery mildew [Text] / F. T. Last // Ann. Appl. Biol. – 1953. – Vol. 2. – P. 312-322.
89. Schafer, J. F. Wheat powdery mildew [Text] / J. F. Schafer; Heyne EG (eds) // Wheat and wheat improvement. American Society of Agronomy Inc, Madison Wisconsin. – 1987. – P. 579-584.
90. Disease-weather relationships for powdery mildew and yellow rust on wheat [Text] / D. E. Te Beest, N. D. Paveley, M. W. Shaw, F. van den Bosch // Phytopathology. – 2008. – Vol. 98. – P. 609-617.
91. Everts, K. L. Effect of early season powdery mildew on development, survival, and yield contribution of tillers of winter wheat [Text] / K. L. Everts, S. Leath // Phytopathology. – 1992. – Vol. 82. – P. 1273-1278.
92. Лебедева, Т. В. Генетика устойчивости пшеницы к мучнистой росе [Текст] / Т. В. Лебедева // Генетика. – 1994. – Т. 30, № 10. – С. 1343-1351.
93. Catalogue of gene symbols for wheat: 2013-14 supplement [Text] / R. A. McIntosh, J. Dubcovsky, W. J. Rogers, C. F. Morris, R. Appels and X. C. Xia // Annual Wheat Newsletter. – 2014. – Vol. 60. – P. 153-175.
94. Гелярна, Т. І. Структура популяції борошнистої роси пшениці в різних ґрунтово-кліматичних зонах України [Текст] / Т. І. Гелярна // Захист рослин. – 1992. – Вип. 39. – С. 18.
95. Бойко, І. А. Поліморфізм рас збудника борошнистої роси пшениці за вірулентністю [Текст] / І. А. Бойко, А. М. Яринчин // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 131-138.
96. Іванченко, В. В. Вірулентність борошнистої роси пшениці у східній частині Лісостепу України [Текст] / В. В. Іванченко // Захист рослин. – 1999. – Жовтень. – С. 8-9.
97. Бабаянц, Л. Т. Расовый состав *Blumeria graminis* (DC.) speer f. sp. *tritici* в Степи Украины и эффективность Pm-генов [Текст] / Л. Т. Бабаянц, О. В. Бабаянц, В. А. Трасковецкая // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2004. – Вип. 6 (46). – С. 269-278.
98. Kowalczyk, K. Heterogeneity of powdery mildew resistance genes *Pm2* and *Pm6* in new Polish common wheat cultivars [Text] / K. Kowalczyk, S. L. K. Hsam, F. J. Zeller // European Wheat Aneuploid Co-operative Newsletter, 2006. – P. 135-136.
99. Волуевич, Е. А. Перспективы использования генофонда различных видов злаков как доноров устойчивости мягкой пшеницы к мучнистой росе [Текст] / Е. А. Волуевич, А. А. Булойчик // Генетические ресурсы культурных растений. Международная научно-

- практическая конференция, 13-16 ноября 2001 г. Тезисы докладов. СПб. ВИР. – 2001. – С. 240-241.
100. Items from Hungary. Breeding [Text] / Z. Bedő, L. Szunics, L. Láng et al. // AWN. – 2001. – Vol. 48. – P. 66-70.
  101. Moldovan, M. Wheat genes resistant to rusts and powdery mildew used in controlling the dynamics of virulence in local populations of these pathogens at A.R.S. Turda [Text] / M. Moldovan, V. Moldovan, R. Kadar // AWN. – 2000. – Vol. 47. – P. 139.
  102. Virulence of *Blumeria graminis tritici* in Serbia (2000-2009) [Text] / R. Jevtic, M. Telečki, S. Stojanovic, M. Staletić // 12th International cereal rusts and powdery mildews conference: abstract book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey. – 2009. – P. 94.
  103. Alexandrov, A. E. Efficiency of *Pm* genes in the Saratov region [Text] / A. E. Alexandrov, V. A. Krupnov // AWN. – 2000. – Vol. 47. – P. 146.
  104. Identification of powdery mildew and leaf rust resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum* L.). wheat varieties from the Caucasus, Central and Inner Asia [Text] / C. Singrun, P. Rauch, A. Morgounov [et al.] // Genetic Resources and Crop Evolution. – 2004. – Vol. 51. – P. 355-370.
  105. Ковалишина, Г. М. Імунологічні аспекти створення вихідних форм пшениці озимої з підвищеною стійкістю проти грибних хвороб та обґрунтування захисних заходів у Лісостепу України [Текст] : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 06.01.11 / Ковалишина Ганна Миколаївна ; Кабінет Міністрів України, Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – К., 2012. – 45 с.
  106. Microsatellite mapping of the powdery mildew resistance gene in two Chinese landraces of wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) Mazhamai and Xiaobaidong [Text] / Xue Fei, Duan Xiayu, Zhai Wenwen et al. // 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference: Abstract Book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey. – 2009. – P. 81.
  107. Chen, Y. Genes for resistance to wheat powdery mildew [Text] / Y. Chen, J. Chelkowski // J. Appl. Genet. – 1999. – Vol. 40. – P. 317-334.
  108. Sibikeev, S. N. The resistance of new spring bread wheat-*Ag. elongatum* (2n = 70) lines L3026 and L3027 to leaf rust [Text] / S. N. Sibikeev, S. A. Voronina and N. V. Stupina // AWN. – 2000. – Vol. 47. – P. 143.
  109. Genetics and cytogenetics of new spring bread wheat-*Ae. umbellulata* lines [Text] / S. N. Sibikeev, E. D. Badaeva, S. A. Voronina, N. V. Stupina // AWN. – 2000. – Vol. 47. – P. 144.
  110. Вьюшков, А. А. Интрогрессия инородного генетического материала в селекции яровой мягкой пшеницы [Текст] / А. А. Вьюшков, В. В. Сюков // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации. Тезисы докладов международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н. В. Цицина. Москва (проведена в ГБС им. Цицина). – 1998. – С. 289-290.
  111. Chromosome analysis and glutenin characterization in a wheat introgressive line, 224/2-96 [Text] / T. I. Odintsova, E. D. Badaeva, E. N. Bilinskaya and V. I. Pukhalsky // AWN. – 2000. – Vol. 47. – P. 190-191.
  112. Maxwell, J. J. Genetic characterization and mapping of wheat powdery mildew resistance genes from different wheat germplasm sources [Text]: Dissertation ... of doctor of philosophy crop science. Raleigh, North Carolina, 2008. – 128 p.
  113. Muller, G. Stability of 1AL.1RS, 1BL.1RS wheat-rye double translocation lines [Text] / G. Muller, U. Vahl and T. Bringezu // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2001. – Vol. 37. – P. 6-12.
  114. Asymmetric reciprocal virulence pattern among *Blumeria graminis* isolates originating from domesticated wheat and its wild progenitor [Text] / R. Ben David, Z. Peleg, Y. Saranga [et al.] // 12th International cereal rusts and powdery mildews conference: abstract book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey. – 2009. – P. 77.
  115. Virulence structure of the Eastern U.S. wheat powdery mildew population [Text] / R. Parks, I. Carbone, J. P. Murphy [et al.] // Plant Dis. – 2008. – Vol. 92. – P. 1047-1082.

116. Дьяков, Ю. Т. Программы создания сортов, длительно сохраняющих устойчивость [Текст] / Ю. Т. Дьяков, И. Г. Одинцова // Генетические основы селекции растений на иммунитет. М.: Наука, 1973. – С. 115-120.
117. Mapping QTL involved in adult plant resistance to powdery mildew in the winter wheat line RE714 in two susceptible genetic backgrounds [Text] / D. Mingeot, N. Chantret, P. V. Baret [et al.] // Plant Breed. – 2002. – Vol. 121. – P. 133-140.
118. Bushnell, W. R. The role of powdery mildew in understanding host-parasite interaction: Past, present, and future [Text] / W. R. Bushnell. In: Belanger R, Bushnell WR, Dik AJ, Caver TLW (eds) // The powdery mildews. A comprehensive treatise. Am. Phytopath. Soc., St. Paul Minnesota. – 2002. – P. 1-12.
119. Tratwal, A. Variety and species mixtures as the possibility of powdery mildew (*Blumeria graminis*) incidence reduction in cereals [Text] / A. Tratwal // 12th International cereal rusts and powdery mildews conference: abstract book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey. – 2009. – P. 124.
120. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance [Text] / M. R. Finckh, E. S. Gacek, H. Goyeau [et al.] // Agronomie. – 2000. – Vol. 20. – P. 813-837.
121. Rajaram S. International wheat breeding: Past and present achievements and future directions [Text] / S. Rajaram. In: Warren E. Kronstand Honorary Symposium; 18 Feb 1999. Karow, R.; Reed, B. (eds.) // Corvallis, OR (USA): Oregon State University. Extension Service. – 2000. – P. 49-79.
122. Кириленко, В. В. Створення ліній озимої пшениці з комплексною стійкістю проти листових хвороб у Лісостепу України [Текст] / В. В. Кириленко, А. І. Парфенюк, Г. С. Басанець // Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла. – 2002. – Вип. 2. – С. 64-73.
123. Створення стійких сортів озимої пшениці з використанням комплексних інфекційних фонів патогенів у ланках селекційного процесу [Текст]: метод. рек. / В. В. Шелепов, В. І. Дубовий, В. В. Кириленко та ін.; за ред. М. П. Лісового, В. В. Шелепова. – К. : Колобіг, 2005. – 20 с.
124. Леонов, О. Ю. Закономірності прояву ознаки стійкості до борошнистої роси серед зразків генофонду пшениці м'якої [Текст] / О. Ю. Леонов // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. - 2010. - Вип. 16 (56). – С. 209-211.
125. Новые линии пшеницы от межвидовой гибридизации, высокоустойчивые к возбудителям инфекционных заболеваний / Л. Т. Бабаянц, А. И. Рыбалко, Д. В. Аксельруд и др. // Проблемы интродукции растений и отдаленной гибридизации. Тезисы докладов международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения академика Н. В. Цицина. Москва (проведена в ГБС им. Цицина). 1998. – С. 268-269.
126. Новый исходный материал для селекции пшеницы на устойчивость к возбудителям инфекционных заболеваний [Текст] / Л. Т. Бабаянц, А. И. Рыбалко, О. В. Бабаянц и др. // Пшеница и тритикале: Материалы научно-практической конференции "Зеленая революция П.П. Лукьяненко". – Краснодар: Сов. Кубань, 2001. – С. 329-337.
127. Бабаянц, Л. Т. Новые интрогрессированные гены устойчивости к фитопатогенам и их использование в селекции пшеницы на иммунитет [Текст] / Л. Т. Бабаянц, О. В. Бабаянц // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 12-20.
128. Бабаянц, О. В. Генетическая детерминация устойчивости пшеницы к *Blumeria graminis* (DS) Speed f. sp. tritici, происходящая от видов *Aegilops* и *Triticum erebuni* [Текст] / О. В. Бабаянц, Л. Т. Бабаянц, В. А. Трасковецкая, А. Ф. Гораш, В. А. Палясный, А. А. Васильев / Збірник наукових праць СГІ-НЦНС, вип. 17(57). – Одеса. – 2011. – С. 30-40
129. Эффективность селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземной зоны Российской Федерации [Текст] / Б. И. Сандухадзе, Г. В. Кочетыгов, В. В. Бугрова, М. И. Рыбакова // Пшеница и тритикале: мат. науч.-прак. конф. "Зеленая революция П. П. Лукьяненко." – Краснодар: Сов. Кубань, 2001. – С. 186-192.

130. Ретьман, С. В. Плямистості озимої пшениці [Текст] / С. В. Ретьман – Київ : Колобіг, 2010. – 232 с.
131. Rees, R. G. Effects of yellow spot on wheat: Comparison of epidemics at different stages of crop development [Text] / R. G. Rees and G. J. Platz // Aust. J. Agric. Res. – 1983. – Vol. 34. – P. 39–46.
132. Ciuffetti, L. M. Advances in the characterization of the *Pyrenophora tritici-repentis*–wheat interaction [Text] / L. M. Ciuffetti and R. P. Tuori // Phytopathology. – 1999. – Vol. 89. – P. 444-449.
133. Dreschler, C. Some graminicolous species of *Helminthosporium* I. [Text] / C. Dreschler // J. Agric. Res. – 1923. – Vol. 24. – P. 641-740.
134. Ретьман, С. В. Фітопатогенний комплекс озимої пшениці в Лісостепу України [Текст] / С. В. Ретьман // Карантин і захист рослин. – 2008. – № 4. – С. 5.
135. Рудаков, О. Л. Пиренофороз озимої пшеницы [Текст] / О. Л. Рудаков // Защита растений. – 1985. – № 10. – С. 28-29.
136. Bockus, W. W. Effects of crop rotation and residue management practices on severity of tan spot of winter wheat [Text] / W. W. Bockus, M. M. Claasen // Plant Disease. – 1992. – Vol. 76. – P. 633–636.
137. Ali, S. Population race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* prevalent on wheat and noncereal grasses in the Great Plains [Text] / S. Ali, and L. J. Francl // Plant Dis. – 2003. – Vol. 87. – P. 418-422.
138. Bergstrom, G. C. Seed pathology of tan spot [Text] / G. C. Bergstrom, A. M. C. Schilder // *Helminthosporium* blights of wheat: spot blotch and tan spot. E. Duveiller, H. J. Dubin, J. Reeves, and A. McNab, eds. CIMMYT D.F., Mexico. – 1998. – P. 364-368.
139. McMullen, M. P. Tan spot of wheat [Internet] / M. P. McMullen, L. Leonard Franc // North Dakota State University of Agriculture and Applied Science. – PP-766 (Revised), January 1993. – Available from: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/smgrains/pp766w.htm>.
140. Kohli, M. M. Spread of tan spot in the southern cone region of South America [Text] / M. M. Kohli, Y. R. Mehta, M. D. de Ackermann // Advances in tan spot research. Proc. Int. Tan Spot Workshop, 2nd. L. J. Francl, J. M. Krupinsky and M. P. McMullen eds. N.D. Agric. Exp. Stn., Fargo. – 1992. – P. 86-90.
141. Singh, D. P. First report of tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis* in the Northern Hills and Northwestern Plains Zones of India [Text] / D. P. Singh // Plant Disease. – 2007. – Vol. 91. – P. 460.
142. First report of tan spot on wheat in Pakistan [Text] / S. Ali, L. J. Francl, S. Iram and I. Ahmad // Plant Disease. 2001. – Vol. 85. – P. 1031.
143. Crop management and breeding for control of *Pyrenophora tritici-repentis* causing yellow spot of wheat in Australia [Text] / R. Loughman, R. E. Wilson, J. E. Roake et al. // *Helminthosporium* blights of wheat: spot blotch and tan spot. E. Duveiller, H. J. Dubin, J. Reeves, and A. McNab, eds. CIMMYT, D.F., Mexico. – 1998. – P. 10-17.
144. Bakonyi, J. Diseases caused by *Bipolaris sorokiniana* and *Drechslera tritici-repentis* in Hungary [Text] / J. Bakonyi, I. Aponyi, G. Fischl. In: Duveiller E., Dubin H. J., Reeves J., McNab A. (eds.): *Helminthosporium* Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot. – Mexico, El Batan, 1998. – P. 80–87.
145. Palicová-Šárová, J. Reaction of 50 winter wheat cultivars grown in the Czech Republic to *Pyrenophora tritici-repentis* races 1, 3, and 6 [Text] / J. Palicová-Šárová, A. Hanzalová // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2006. – Vol. 42 (2). – P. 31–37.
146. Смурова, С. Г. Характеристика устойчивости видов *Aegilops* L. к желтой и темно-бурой пятнистостям листьев [Текст] / С. Г. Смурова, Н. М. Коваленко, Н. Н. Чикида, Л. А. Михайлова // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 109-113.
147. Волкова, Г. В. Динамика основных возбудителей пятнистости озимой пшеницы в различных по экоресурсам районах Северного Кавказа [Текст] / Г. В. Волкова, А. Е. Андропова, О. Ю. Кремнева // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 48-51.

148. Lamari, L. Genetics of tan necrosis and extensive chlorosis in tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis* [Text] / L. Lamari, C. C. Bernier // *Phytopathology*. – 1991. – Vol. 81. – P. 1092-1095.
149. Tomás, A. Cultivar-specific toxicity of culture filtrates of *Pyrenophora tritici-repentis* [Text] / A. Tomás, W. W. Bockus // *Phytopathology*. – 1987. – Vol. 77. – P. 1337-1340.
150. Role of host sensitivity to Ptr ToxA in development of tan spot of wheat [Text] / T. L. Friesen, S. Ali, S. Kianian et al. // *Phytopathology*. 2003. – Vol. 93. – P. 397–401.
151. Tuori, R. P. Purification and immunological characterization of toxin components from cultures of *Pyrenophora tritici-repentis* [Text] / R. P. Tuori, T. J. Wolpert and L. M. Ciuffetti // *Mol. Plant-Microbe Interact.* – 1995. – Vol. 8. – P. 41-48.
152. Identification of a chlorosis-inducing toxin from *Pyrenophora tritici-repentis* and the chromosomal location of an insensitivity locus in wheat [Text] / R. J. Effertz, S. W. Meinhardt, J. A. Anderson [et al.] // *Phytopathology*. – 2002. – Vol. 92. – P. 527-533.
153. Population genetic analysis of a global collection of *Pyrenophora tritici-repentis*, causal agent of tan spot of wheat [Text] / T. L. Friesen, S. Ali, K. K. Klein and J. B. Rasmussen // *Phytopathology*. – 2005. – Vol. 95. – P. 1144-1150.
154. Михайлова, Л. А. Характеристика популяцій *Pyrenophora tritici-repentis* по вирулентності [Текст] / Л. А. Михайлова, И. Г. Тернюк, Н. В. Мироненко, К. В. Новожилов // *Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС*. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 84-93.
155. Šárová, J. *Pyrenophora tritici-repentis* - an important wheat leaf spot pathogen in the Czech Republic [Text] / J. Šárová, A. Hanzalová. *European Wheat Aneuploid Co-operative Newsletter. Proceedings of the 13th International EWAC Conference 27 June – 1 July 2005, Prague, Czech Republic*. – 2005. – P. 136-138.
156. Additional source of resistance to tan spot of wheat [Text] / C. R. Riede, L. J. Francl, J. A. Anderson [et al.] // *Crop Sci.* – 1996. – Vol. 36. – P. 771–777.
157. Rees, R. G. Sources of resistance to *Pyrenophora tritici-repentis* in bread wheats [Text] / R. G. Rees and G. J. Platz // *Euphytica*. – 1990. – Vol. 45. – P. 59–69.
158. Lamari, L. Forensic pathology of Canadian bread wheat: The case of tan spot [Text] / L. Lamari, B. D. McCallum and R. M. DePauw // *Phytopathology*. – 2005. – Vol. 95. – P. 144-152.
159. Xu, S. S. Seedling resistance to tan spot and *Stagonospora nodorum* blotch in synthetic hexaploid wheats [Text] / S. S. Xu, T. L. Friesen, and A. Mujeeb-Kazi // *Crop Sci.* – 2004.– Vol. 44. – P. 2238–2245.
160. Registration of KS96WGRC38 and KS96WGRC39 tan spot-resistant hard red winter wheat germplasms [Text] / G. L. Brown-Guedira, T. S. Cox, W. W. Bockus [et al.] // *Crop Sci.* – 1999. – Vol. 39.– P. 596.
161. Леонов, О. Ю. Моніторинг стійкості до піренофорозу серед сучасних сортів та ліній пшениці м'якої [Текст] / О. Ю. Леонов // *Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області*. – 2011. – № 10. – С. 133-143.
162. Chester, K. S. The nature and prevention of the cereal rusts as exemplified in the leaf rust of wheat [Text] / K. S. Chester. Waltham, MA: *Chronica Botanica*. – 1946.
163. Исмаилов, Х. А. Исследования по иммунитету пшеницы к болезням в Азербайджане [Текст] / Х. А. Исмаилов. – Баку : Элм, 1988. – 148 с.
164. Kislev, M. E. Stem rust of wheat 3300 years old found in Israel [Text] / M. E. Kislev // *Science*. – 1982. – Vol. 216. – P. 993-994.
165. D'Oliveira, B. D. Aecial stage of *Puccinia recondita* on ranunculaceae and boraginaceae in Portugal [Text] / B. D. D'Oliveira and D. J. Samborski. In: *Proceedings of the first European Brown Rust Conference (Macer R.C. and Wolfe M.S., eds), Cambridge, UK*. – 1966. – P. 133–150.
166. Tozzetti, G. T. True nature, causes and sad effects of the rusts, the bunts, the smuts, and other maladies of wheat and oats in the field [Text] / G. T. Tozzetti, V. Alimurgia. In L. R. Tehon, transl. *Phytopathological Classics No.9*. Am. Phytopathol. Soc., St. Paul, Minnesota (originally published 1767). – 1952. – 139 p.

167. Fontana, F. Observations on the rust of grain [Text] / F. Fontana. P. P. Pirone, transl., Classics. 1932. – No. 2, Am. Phytopathol. Soc., Washington, D.C. (Originally published in 1767).
168. Tulasne, L. R., Tulasne Ch. Memoire sur les Ustilaginess comparees aux Uridiness [Text] / L. R. Tulasne, Ch. Tulasne // Ann. sci. natur. Ser. 3. – 1847. – Vol. 7. – P. 12-127.
169. Ячевский, А. А. Ржавчина хлебных злаков в России [Текст] / А. А. Ячевский (Тр. Бюро по микологии и фитопатологии; № 4). – СПб. – 1909. – 187 с.
170. Михайлова, Л. А. Устойчивость пшеницы к бурой ржавчине [Текст] / Л. А. Михайлова // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – СПб.: ВИР, 2005. – С. 513-527.
171. Андреев, Л. Н. Ржавчина пшеницы: цитология и физиология [Текст] / Л. Н. Андреев, Ю. М. Плотникова – М.: Наука, 1989. – 304 с.
172. Roelfs, A. P. rust diseases of wheat: Concepts and methods of disease management [Text] / A. P. Roelfs, R. P. Singh and E. E. Saari. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 1992. – 81 p.
173. Kolmer, J. A. Genetic differentiation of *Puccinia triticina* populations in Central Asia and the Caucasus / J. A. Kolmer and M. E. Ordoñez // Phytopathology. – 2007. – Vol. 97. – P. 1141-1149.
174. Бабаянц, О. В. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней [Текст] / О. В. Бабаянц, Л. Т. Бабаянц. – Одесса: ВМВ, 2014. – 401 с.
175. Воронкова, А. А. Генетико-иммунологические основы селекции пшеницы на устойчивость к ржавчине [Текст] / А. А. Воронкова. – М.: Колос, 1980. – 192 с.
176. Estimating the economic impact of breeding nonspecific resistance to leaf rust in modern bread wheats [Text] / M. Smale, R. P. Singh, K. Sayre et al. // Plant Dis. – 1998. – Vol. 82. – P. 1055-1061.
177. Kolmer, J. A. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2004 [Text] / J. A. Kolmer, D. L. Long and M. E. Hughes // Plant Dis. – 2006. – Vol. 90. – P. 1219-1224.
178. Bolton, M. D. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina* [Text] / M. D. Bolton, J. A. Kolmer and D. F. Garvin // Molecular Plant Pathology. – 2008. – Vol. 9 (5). – P. 563–575.
179. A putative ABC transporter confers durable resistance to multiple fungal pathogens in wheat [Text] / S. G. Krattinger, E. S. Lagudah, W. Spielmeier et al. // Science. – 2009. – Vol. 323. No. 5919. – P. 1360 – 1363.
180. Карелов, А. В. Характеристика українських сортів м'якої пшениці (*Triticum aestivum*) за допомогою новітніх молекулярних маркерів генів помірної стійкості проти іржастих грибів [Текст] / А. В. Карелов, Н. О. Козуб, І. О. Созінов, О. О. Созінов, С. П. Лікар, Я. Б. Блюм / Захист і карантин рослин. – 2013. – Вип. 59. – С. 128–136
181. Khan, M. A. Non-hypersensitive leaf rust resistance of bread wheat cultivar PBW65 conditioned by genes different from *Lr34* [Text] / M. A. Khan and R. G. Saini // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2009. – Vol. 45 (1). – P. 26–30.
182. Hanzalová, A. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Czech Republic in 2001–2004 [Text] / A. Hanzalová and P. Bartoš // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2006. – Vol. 42 (4). – P. 126–131.
183. Putnik-Delic, M. I. Resistance to *Puccinia triticina* at different stages of wheat [Text] / M. I. Putnik-Delic. Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad. 2009. – N 116. – P. 183-190.
184. McIntosh, R. A. Wheat rusts: an atlas of resistance genes [Text] / R. A. McIntosh, C. R. Wellings and R. F. Park. CSIRO Australia, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. – 1995. – 196 p.
185. Лесовая, Г. М. Устойчивость почти изогенных линий озимой мягкой пшеницы к разным по вирулентности расам возбудителя *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* [Текст] / Г. М. Лесовая, И. А. Созинов // Цитология и генетика. – 1999. – Т. 33, № 5. – С. 52-57.
186. Пантелеев, В. К. Бура іржа пшениці. Вірулентність еціопопуляцій збудника на проміжних рослинах-живителях у східному Лісостепу [Текст] / В. К. Пантелеев // Захист рослин. – 2000. – № 2. – С. 5-7.



187. Пантелеев, В. К. Гени стійкості пшениці. Ефективність проти листової іржі [Текст] / В. К. Пантелеев // Захист рослин. – 2000. – № 7. – С. 5-7.
188. Расовый состав *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. *tritici* в Степи Украины и сортоустойчивость пшеницы [Текст] / Л. Т. Бабаянц, О. В. Бабаянц, А. А. Васильев, В. А. Трасковецкая // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2004. – Вип. 6 (46). – С. 279-288.
189. Бабаянц, О. В. Расовый состав *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. *tritici* на юге Украины в 2004-2007 годах [Текст] / О. В. Бабаянц, А. А. Васильев, М. А. Залогина-Кыркелан // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 94-101.
190. Ковалишина, Г. М. Генетичний контроль стійкості проти бурої іржі у сортів озимої пшениці [Текст] / Г. М. Ковалишина, Г. П. Марусич // Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла. – 2004. – Вип. 3. – С. 15-20.
191. Лісова, Г. М. Ефективні гени стійкості пшениці до збудника бурої іржі і расовий склад популяції патогена станом на 1998 рік [Текст] / Г. М. Лісова, О. О. Созінов // Агроекологія і біотехнологія. Збірник наукових праць. – 1998. – Вип. 2. – С. 245-253.
192. Ковалишина, Г. М. Генетичне різноманіття сортів пшениці озимої за стійкістю проти бурої іржі [Текст] / Захист і карантин рослин. – 2013. – Вип. 59. – С. 137-146
193. Лісовий, М. П. Вірулентність популяції збудника бурої іржі пшениці [Текст] / М. П. Лісовий, О. П. Павлючик // Вісник аграрної науки. – 2004. – № 1. – С. 22-24.
194. Hanzalová, A. Determination of leaf rust resistance genes *Lr10*, *Lr26* and *Lr37* by molecular markers in wheat cultivars registered in the Czech Republic [Text] / A. Hanzalová, T. Sumíková, P. Bartoš // Czech J. Genet. Plant Breed. – 2009. – Vol. 45 (2). – P. 79-84.
195. Волкова, Г. В. Методы управления популяциями возбудителей бурой и желтой ржавчины пшеницы на юге России [Текст] / Г. В. Волкова, Л. К. Анпилогова // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 41-47.
196. Алфимов, В. А. Устойчивость сортов озимой пшеницы в связи с изменениями расового состава в популяции бурой ржавчины Краснодарского края [Текст] / В. А. Алфимов, Л. А. Беспалова, О. Ю. Пузырная // Пшеница и тритикале: Материалы научно-практической конференции "Зеленая революция П. П. Лукьяненко." – Краснодар: Сов. Кубань, 2001. – С. 306-317.
197. Occurrence of leaf rust resistance genes in Russian wheat varieties and their influence on virulence frequencies in the pathogen population [Text] / E. Gulyaeva, O. Baranova, N. Alpatyeva, I. Krämer // 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference: Abstract Book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey. – 2009. – P. 89.
198. Improvement of leaf rust resistance of spring bread wheat in the North Kazakhstan [Text] / Y. Zelenskiy, A. Morgounov, Y. Manes et al. // 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference: Abstract Book. October 13-16, 2009. – Antalya, Turkey. – 2009. – P. 147.
199. Kolmer, J. A. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* in Canada in 1998 [Text] / J. A. Kolmer // Plant Dis. – 2001. – Vol. 85. – P. 155-158.
200. Virulence of *Puccinia triticina* on wheat in Nebraska during 1997 and 1998 [Text] / J. E. Watkins, J. Schimelfenig, P. S. Baenziger and K. M. Eskridge // Plant Dis. – 2001. – Vol. 85. – P. 159-164.
201. Long D. L. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* [Text] / D. L. Long, J. A. Kolmer // Phytopathology. – 1989. – Vol. 79. – P. 525-529.
202. Киселева, М. И. Устойчивость к бурой ржавчине сортов озимой пшеницы, возделываемых в Правобережной Лесостепи Украины [Текст] / М. И. Киселева, Н. С. Жемчужина, В. В. Любич / Защита и карантин растений. – № 4. – 2015. – С. 45-47
203. Генетическая детерминация устойчивости пшеницы к бурой листовой ржавчине (*Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. *tritici*), происходящая от *Aegilops cylindrica*, *Triticum erebuni*, Амфидиплоида 4 [Текст] / О. В. Бабаянц, Л. Т. Бабаянц, А. Ф. Гораш, А. А. Васильев, В. А. Трасковецкая, В. А. Палясный // Збірник наукових праць СГІ-НЦНС. – 2010. – Вип. 16(56). – С. 185-202

204. Литвиненко, М. А. Селекційна цінність транслокації 1AL/1RS щодо стійкості до борої та стеблової іржі на півдні України [Текст] / М. А. Литвиненко, М. М. Топал / Збірник наукових праць СГІ–НЦНС. – 2014. – Вип. 24(64). – С. 85–94
205. Использование синтетических форм для передачи мягкой пшенице устойчивости к болезням от ее сородичей [Текст] / Р. О. Давоян, И. В. Бебякина, Э. Р. Давоян, В. А. Бибишев // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 60-68.
206. Wheat genetics resource center: the first 25 years [Text] / B. S. Gill, B. Friebe, W. J. Raupp et al. // *Advances in Agronomy*. – 2006. – Vol. 89. – P. 74-137.
207. A cryptic wheat–aegilops triuncialis translocation with leaf rust resistance gene *Lr58* [Text] / V. Kuraparthy, S. Sood, P. Chhuneja et al. // *Crop Sci.* – 2007. – Vol. 47. – P. 1995-2003.
208. Леонов, О. Ю. Теоретичні основи використання генетичних ресурсів пшениці м'якої в селекції [Текст]: дис. ... доктора сільськогосподарських наук : спеціальність: 06.01.05 – селекція / Леонов Олег Юрійович. – Харків, 2012. – 457 с.
209. Маркова, Т. Ю. Пшеничний кліщ (*Aceria tritici*) – небезпечний переносник вірусу смугастої мозаїки пшениці [Текст] / Т. Ю. Маркова, І. М. Черняєва, В. П. Петренкова. – Агроном. – № 1 (39). – 2013. – С. 84–85
210. Шпаар, Д. Вирусные болезни зерновых и кормовых злаков в Германии – эпидемиология, экономическое значение и меры борьбы с ними [Текст] / Д. Шпаар, Э. Фукс, Ф. Рабенштайн / *Агроэкологічний журнал*. – 2002. – Спецвипуск. – С. 15–21.
211. Юхименко, А. І. Добір на толерантність до вірусу смугастої мозаїки пшениці [Текст] / А. І. Юхименко, В. С. Гірко / *Вісник Київського нац. ун-ту ім. Т. Шевченка. Серія біологія*. – 2011. – № 35. – С. 23–25
212. Міщенко, Л. Т. Вірусні хвороби озимої пшениці [Текст] / Л. Т. Міщенко / К. : Фітосоціоцентр, 2009. – 352 с.
213. Abbott, D. A Single Copy of Virus-Derived, Transgene-Encoding Hairpin RNA Confers BYDV Immunity [Text] / D. Abbott, M.-B. Wang, P. Waterhouse; M. Henry and A. McNab (eds.) // *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies*. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 22-26.
214. Lister, R. M. Distribution and economic importance of barley yellow dwarf [Text] / R. M. Lister and R. Ranieri // *Barley yellow dwarf: 40 years of progress*. D'Arcy, C.J. and Burnett, P.A. (eds.). – American Phytopathological Society. – 1995, St. Paul, MN. – P. 29-53.
215. Омельченко, Л. И. Вирусные инфекции зерновых культур [Текст] / Л. И. Омельченко // *Вісник аграрної науки*. – 1995. – № 10. – С. 19-25.
216. Mozhaeva, K. A. Barley yellow dwarf in Russia [Text] / K. A. Mozhaeva and T. B. Kastalyeva; Henry M. and McNab A. (eds.) // *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies*. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 120-122.
217. Van Ginkel, M. Breeding for BYDV tolerance [Text] / Resistance in CIMMYT bread wheats targeted to developing countries / M. Van Ginkel and M. Henry; M. Henry and A. McNab (eds.) // *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies*. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 93-96.
218. Моніторинг вірусних інфекцій рослин в біоценозах України [Текст] / В. П. Поліщук, І. Г. Будзанівська, С. М. Рижук та ін.; за редакцією В. П. Поліщука. – Київ: "Фітосоціоцентр", 2001. – 220 с.
219. Николенко, М. П. Тли - переносчики желтой карликовости ячменя [Текст] / М. П. Николенко, В. П. Дутко, Л. И. Омельченко // *Защита растений*. – 1975. – №7. – С. 18-19.
220. Николенко, М. П. Особенности эпифитотии вируса желтой карликовости ячменя и возможности предупреждения потерь урожая озимой пшеницы, ячменя и тритикале. Обзор [Текст] / М. П. Николенко, Л. И. Омельченко // *С.-х. биология*. – 1985. – № 8. – С. 63-68.
221. Guo, J. Q. Variability among aphid clones of *Rhopalosiphum padi* L. and *Sitobion avenae* Fabr. (*Homoptera: aphididae*) in transmission of three PAV isolates of barley yellow dwarf

- viruses [Text] / J. Q. Guo, J. P. Moreau and H. Lapierre // Canadian Entomologist. – 1996. – Vol. 128. – P. 209-217.
222. The effect of drought stress and temperature on spread of barley yellow dwarf virus (BYDV) [Text] / I. N. Smyrnioudis, R. Harrington, N. Katis, and S. J. Clark // Agricultural and Forest Entomology. – 2000. – Vol. 3. – P. 161-166.
223. Lucio-Zavaleta, E. Variation in transmission efficiency among barley yellow dwarf virus-RMV isolates and clones of the normally inefficient aphid vector, *Rhopalosiphum padi* [Text] / E. Lucio-Zavaleta, D. M. Smith and S. M. Gray // Phytopathology. – 2001. – Vol. 91. – P. 792-796.
224. Harrington, R. BYDV: the heat is on [Text] / R. Harrington // M. Henry and A. McNab (eds.). Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 34-39.
225. Nucleotide sequence analysis of the BYDV-GPV isolate genome, and transgenic wheat obtained via pollen tube pathway [Text] / Z. Cheng, M. Wu, X. He [et al.] // M. Henry and A. McNab (eds.). Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 29-31.
226. Sharma, H. C. Registration of barley yellow dwarf virus resistant germplasm line P29 [Text] / H. C. Sharma, H. Ohm and K. L. Perry // Crop Sci. – 1997. – Vol. 37. – P. 1032-1033.
227. Larkin, P. J. Utilizing *Bdv2*, the *Thinopyrum intermedium* source of BYDV resistance, to develop wheat cultivars [Text] / P. J. Larkin, S. Kleven and P. M. Banks // M. Henry and A. McNab (eds.). Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 60-63.
228. Evaluating resistance to BYDV-PAV, BYDV-MAV, and CYDV-RPV in *Thinopyrum intermedium*-derived wheat lines [Text] / M. Henry, G. Posadas, J. Segura and S. Rajaram // M. Henry and A. McNab (eds.). Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 64-66.
229. Comeau, A. Breeding for BYDV tolerance in wheat as a basis for a multiple stress tolerance strategy [Text] / A. Comeau and S. Haber; M. Henry and A. McNab (eds.) // Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT. – 2002. – P. 82-92.
230. Бабаянц, О. В. Поражаемость озимой пшеницы вирусом желтой карликовости ячменя (ВЖКЯ) на юге Украины [Текст] / О. В. Бабаянц, Л. В. Неплий // Зб. наук. праць СГІ-НАЦ НАІС. – 2008. – Вип. 11 (51). – С. 32-40.

### References

1. Peresyphkin, VF. Atlas of diseases of field crops. Kyiv: Urozhay; 1981. 248 p.
2. Bublik LI, Vasechko GI, Vasyliiev VP et al. Handbook for plant protection. In: Lisovyi MP, editor. Kyiv: Urozhay; 1999. 744 p.
3. Sanin SS, Nazarova LN, Ibragimov TZ et al. Disease epidemiology on cereal crops in the European region of Russia. Phytopathology. 2006; 96: 102.
4. Bockus WW, Appel JA, Bowden RL et al. Success stories: breeding for wheat disease resistance in Kansas. Plant Dis. 2001; 85: 453-461.
5. Theophrastus. 370-286 B.C. Enquiry into plants. In: Arthur Hort, english translation. Vols. 1 and 2. London: Harvard University Press; 1916.
6. Biffen, RH. Mendel's laws of inheritance and wheat breeding. J. Agric. Sci. 1905; 1: 4-48.
7. Vavilov, NI. Laws of natural immunity of plants to infectious diseases. T. 2. Selected works. Leningrad: Nauka; 1967. P. 362-434.
8. Vavilov, NI. Doctrine of plant immunity to infectious diseases. T. 2. Selected works. Leningrad: Nauka; 1967. P. 260-361.
9. Vavilov, NI. Immunity challenges of cultivated plants. T. 4. Selected works. Moscow-Leningrad: Nauka; 1964. P. 4-61.
10. Zhukovskiy, PM. Co-evolution of host plant and parasite. In: Genetic bases of plant breeding for immunity. Moscow: Nauka; 1973. P. 120-134.

11. Zhukovskiy, PM. The current state and development of NI Vavilov's basic ideas. In: Works on applied botany, genetics and breeding. T. 54, Issue 1. 1975. P. 229-238.
12. Berliand-Kozhevnikov VM, Fedin MA. Wheat breeding for resistance to major fungal diseases. Overview. Moscow: All-Union SRI of study the information and technic-economical for agriculture; 1977. 56 p.
13. Person K, Sidkhu G. Genetics of interactions in the "host-parasite" system. In: Use of mutations in plant breeding for disease resistance. Leningrad: All-Union Institute of Plant Production; 1974. P. 3-18.
14. Shcherbakov, VG. Genetic systems of plant resistance. In: Genetic bases of plant breeding for immunity. Moscow: Nauka; 1973. P. 11-64.
15. Flor HH. Host-parasite interaction in flax rust – its genetics and other implications. *Phytopathology*. 1955; 45: 680-685.
16. Van Der Plank, Ya. Resistance of plants to diseases. Moscow: Kolos; 1972. 253 p.
17. Dyakov, YuT. Дьяков Ю. Т. Overview of parasitism. In: Genetic bases of plant breeding for immunity. Moscow: Nauka; 1973. P. 65-73.
18. Lisovyi MP, Lisova GM. The modern view on polygenic and monogenic resistance of plants within active physiological immunity. *Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation*. 2008; 11(51): 21-31.
19. Chesnokov YuV. Чесноков Ю. В. Resistance of plants to pathogens. Overview. *Selskokhoziaystvennaya biology*. 2007; 1: 16-35.
20. Pukhalskiy VA, Odintsova TI, Izvekova LI et al. Problems of natural and acquired immunity of plants. Development of NI Vavilov's ideas. *Vestnik All-Union Association of geneticists and breeders*. 2007. 11(3/4): 631-649.
21. Babayants LT, Rybalka AI, Babayants OV. Sources and donors of new genes of wheat resistance to phytopathogens. In: Works on fundamental and applied genetics. Kharkiv: Shtrikh; 2001. P. 232-241.
22. Fayt VI, Stelmakh AF, Motsnyi II, Lamari NP. Genetic systems of adaptability and expansion of spiked cereal diversity. *Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation*. 2010; 16(56): 118-130.
23. Climate atlas of the Ukrainian SSR. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izdatelstvo; 1968. 232 p.
24. Cassini, R. Fusarium diseases of wheat and corn in western Europe. In: Fusarium: diseases, biology and taxonomy. P. E. Nelson, T. A. Toussoun and R. J. Cook, eds. The Pennsylvania State University Press, University Park. 1981. P. 56-63.
25. Parry DW, Pettitt TR, Jenkinson P, Lees AK. The cereal Fusarium complex. In: Ecology of Plant Pathogens. Blakeman JP, Williamson B, eds. London: CAB International; 1994. P. 301-320.
26. Rossi V, Cervi C, Chiusa G, Languasco L. Fungi associated with foot rots on winter wheat in northwest Italy. *J. Phytopathol*. 1995; 143: 115-119.
27. Smiley RW, Patterson L-M. Pathogenic fungi associated with Fusarium foot rot of winter wheat in the semiarid Pacific Northwest. *Plant Dis*. 1996; 80: 944-949.
28. Lipps PE, Bruehl GW. Snow rot of winter wheat in Washington. *Phytopathology*. 1978; 68: 1120-1127.
29. Khvaley OA. Phytosanitary situation in fields of the Republic of Belarus. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2015; 6: 27.
30. Conway KE, Williams EJr. Typhula-like snow mold on wheat in Oklahoma. *Plant Disease*. 1986; 70: 169-179.
31. Sunderman DW, McKay HC. Snow-mold-tolerant winter wheats. *Crop Sci*. 1968; 8: 630-631.
32. Basics of field crop breeding for resistance to pests. In: Kyrychenko VV, Petrenkova VP, editors. Kharkiv: Plant Production Institute nd. A VYa Yuriev; 2012. 320 p.
33. KOMUGI-integrated wheat science Database [Internet]. McIntosh RA, Yamazaki Y, Dubcovsky J, Rogers J, Morris C, Somers J, Appels R, Devos KM. Catalogue of gene symbols for wheat. [2013]. Available from: <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/download.jsp>.

34. McIntosh RA, Yamazaki Y, Dubcovsky J et al. Catalogue of gene symbols for wheat. In: Vol. 4 & CD: Proceedings 11th International Wheat Genetics Symposium; 2008; Brisbane Qld, Australia. 2008. 166 p.
35. Akar T, Duesuenceli F, Ceccarelli S, et al. Genetic variation in barley germplasm for resistance to snow mold. Proceedings 9th International Barley Genetics Symposium [Internet]. Brno Trade Fairs. 2004 June 20-26. Brno, Czech Republic. 2004. Available from: [www.ibgs.cz/9th\\_barley\\_symposium\\_2004/book\\_of\\_abstracts/Session\\_7.htm](http://www.ibgs.cz/9th_barley_symposium_2004/book_of_abstracts/Session_7.htm).
36. Nishio Z, Iriki N, Takata K, et al. Influence of cold hardening temperature and soil matric potential on resistance to speckled snow mold of winter wheat. *Phytopathology*. 2003; 93: 65.
37. Nishio Z, Iriki N, Takata K, et al. Influence of cold-hardening and soil matric potential on resistance to speckled snow mold in wheat. *Plant Disease*. 2008; 92: 1021-1025.
38. Turner AS, Nicholson P, Edwards SG, et al. Relationship between brown foot rot and DNA of *Microdochium nivale*, determined by quantitative PCR, in stem bases of winter wheat. *Plant Pathology*. 2002; 51: 464–471.
39. Iriki N, Kawakami A, Takata K, et al. Screening relatives of wheat for snow mold resistance and freezing tolerance. *Euphytica*. 2001; 122: 335–341.
40. Leonov OYu. Resistance to snow mold in soft winter wheat accessions in relation to ecological and geographical origin. *Genetychni resursy roslyn*. 2010; 8: 92-97.
41. Shaner G, Finney RE. Weather and epidemics of *Septoria* leaf blotch of wheat. *Phytopathology*. 1976; 66: 781-785.
42. Thomas MR, Cook RJ, King JE. Factors affecting development of *Septoria tritici* in winter wheat and its effect on yield. *Plant Pathol*. 1989; 38: 246-257.
43. Kolomiets S. Populations of *Septoria* spp. affecting winter wheat in the Forest-Steppe zone of the Ukraine. In: *Septoria and Stagonospora diseases of cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 32-33.
44. Shaw M. W. Epidemiology of *Mycosphaerella graminicola* and *Phaeosphaeria nodorum*: an overview. In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 93-97.
45. Cordo CA, Simón MR, Perelló AE, Alippi HE. Spore dispersal of leaf blotch pathogens of wheat (*Mycosphaerella graminicola* and *Septoria tritici*). In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 98-101.
46. Sanin SS, Korneva LG, Akimova EA, Motovilin AA. Monitoring of *Septoria* spot of wheat and protective spraying. *Zhashchita I karantin rasteniy*. 2015; 7: 30–34.
47. Scharen AL. Biology of the *Septoria/Stagonospora* pathogens: an overview. In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 19-22.
48. Brown JKM, Kema GHJ, Forrer H-R, et al. Field resistance of wheat to *Septoria tritici* leaf blotch, and interactions with *Mycosphaerella graminicola* isolates. In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 148-149.
49. Derova TG, Shishkin NV, Zhukova VE. Prevalence rate of *Septoria* spots in winter wheat in the Rostov region. *Zhashchita I karantin rasteniy*. 2015; 4: 29–30
50. Markelova TS. Phytosanitary situation in cereal agrocenosis of the Volga region. *Zhashchita I karantin rasteniy*. 2015; 5: 22–23.
51. Eyal Z. The *Septoria/Stagonospora* blotch diseases of wheat : past, present, and future. In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 177-182.
52. Van Ginkel M, Rajaram S. Breeding for resistance to the *Septoria/Stagonospora* blights of wheat. In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research*

- Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 117-126.
53. McDonald BA, Mundt CC, Zhan J. Population genetics of *Mycosphaerella graminicola* and *Phaeosphaeria nodorum*. In: Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 77-82.
  54. Shaner G. Breeding for resistance to Septoria and Stagonospora blotches in winter wheat in the United States. In: Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 127-130.
  55. Duveiller E. Septoria tritici blotch research. AWN. 2007; 54: 87-88.
  56. Goodwin SB, Ponomarenko AL, Dhillon B, et al. The finished genomic sequence of the *Septoria tritici* blotch pathogen *Mycosphaerella graminicola*. Poster 26. AWN. 2007; 54: 27-28.
  57. McIntosh RA, Hart GE, Devos KM, et al. Catalogue of gene symbols for wheat. In: Slinkard AE, ed. Proceedings of the 9th Int. Wheat Genet. Symp.; 1998 Aug 2-7; Univ. Saskatchewan, Saskatoon; Vol. 5. P. 129.
  58. McIntosh RA, Yamazaki Y, Devos KM. Catalogue of gene symbols for wheat [Internet]. Proceedings of the 10th Internat. Wheat Genet. Symp; 2003; Paestum, Italy. CD Version, Macgene2003.
  59. Sip V, Stuchlikova E, Chrpova J. The response of selected winter wheat cultivars to artificial infection with *Septoria tritici* under field conditions. Czech J. Genet. Plant Breed. 2001; 37: 73-81.
  60. Bartos P, Sip V, Chrpova J. Achievements and prospects of wheat breeding for disease resistance. Czech J. Genet. Plant Breed. 2002; 38; 16-28.
  61. Cowger CA, Mundt CC, Hoffer ME. Vertically resistant wheat selects for specifically adapted *Mycosphaerella graminicola* strains. In: Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 85-86.
  62. Kema GHJ, Verstappen ECP. Genetic control of avirulence in *Mycosphaerella graminicola* (Anamorph *Septoria tritici*). In: Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 51-52.
  63. Brading PAA, Kema GHJ, Brown JKM. Possible gene-for-gene relationship for *Septoria tritici* leaf blotch resistance in wheat. In: Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 54-55.
  64. Brading PA, Verstappen ECP, Kema GHJ, Brown JKM. A gene-for-gene relationship between wheat and *Mycosphaerella graminicola*, the *Septoria tritici* blotch pathogen. Phytopathology. 2002; 92: 439-445.
  65. Chartrain L, Brading PA, Makepeace JC, Brown JKM. Sources of resistance to *Septoria tritici* blotch and implications for wheat breeding. Plant Path. 2004; 53: 454-460.
  66. Vechet L, Vojackova M. Resistance of wheat (*Triticum aestivum*) to *Septoria tritici* blotch (*Mycosphaerella graminicola*) on leaf segments. Proceedings of the 5th International Triticeae Symposium; 2005 June 6-10; Prague, Czech Republic. Czech J. Genet. Plant Breed. 2005; 41(Special Issue): 325.
  67. Mincu M. Response of winter wheat genotypes to artificial inoculation with several *Septoria tritici* populations. In: Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 167-169.
  68. Singh PK, Mergoum M, Ali S, et al. Identification of new sources of resistance to tan spot, *Stagonospora nodorum* blotch, and *Septoria tritici* blotch of wheat. Crop Sci. 2006; 46: 2047-2053.

69. Plakhotnik VV, Sudnikova VP, Zeleneva YuV. Assessment of wheat breeding material for resistance to *Septoria tritici* in the Central Black Soil region. AGRO XXI. 2009; 7–9: 12-13.
70. Plakhotnik VV, Sudnikova VP, Artemova SV, Zeleneva YuV. Some issues of wheat breeding methodology for resistance to *Septoria tritici* in the Central Black Earth region of Russia. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 183-188.
71. Kovalenko ED, Bockelman H, Kolomiets TM, et al. Selection for resistance sources of wheat to the most harmful diseases for creation durable resistant cultivars. Proceedings of the 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey. P. 141.
72. Ablova IB, Mokhova LM, Gorkovenko VS. Аблова И. Б. Polymorphism of wheat varieties in terms of resistance to *Septoria tritici* Rob. Ex. Desm. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 69-72.
73. Gilchrist L, Gomez B, Gonzalez R, et al. *Septoria tritici* resistance sources and breeding progress at CIMMYT, 1970-99. In: *Septoria and Stagonospora Diseases of Cereals: A Compilation of Global Research Proceedings of the Fifth International Septoria Workshop*; 1999 Sept 20-24; Mexico: CIMMYT; 1999. P. 134-134.
74. Simón MR, Ayala FM, Cordo CA, et al. The exploitation of wheat/goatgrass introgression lines for the detection of gene(s) determining resistance to *septoria tritici* blotch (*Mycosphaerella graminicola*). Euphytica. 2007; 154: 249-254.
75. Mukha TI. Starting material for winter wheat breeding for resistance to *Septoria* leaf spot in the Forest-Steppe of Ukraine. Naukovo-tekhnichnyi bul. of Mironovka Institute of Wheat nd. a V. M. Remeslo. 2001; 1: 58-61.
76. Kovalyshyna GM. Study results of winter wheat breeding for immunity to diseases. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2003; 4(44): 68-76.
77. Kyrylenko VV. Inheritance of complex resistance by leaf diseases and sedimentation index in F<sub>1</sub> winter wheat hybrids. Naukovo-tekhnichnyi bul. of Mironovka Institute of Wheat nd. a V. M. Remeslo. 2004; 4: 19-25.
78. Shelepov VV, Kyrylenko VV, Lisovyi MP, et al. Study of race composition of major winter wheat pathogens and its use in breeding for immunity. Naukovo-tekhnichnyi bul. of Mironovka Institute of Wheat nd. a V. M. Remeslo. 2004; 3: 9-14.
79. Khomenko SO. Creation of soft winter wheat starting material resistant to powdery mildew and *Septoria* spot by experimental mutagenesis. Visnyk Ukrayinskogo tovarystva genetykiv i selektsioneriv. 2008; 6(2): 319-325.
80. Bushulyan, MA. Starting material for winter wheat breeding for resistance to *Septoria* (*Septoria tritici* Rob. ex Desm.) pathogen in the South of Ukraine [dissertation]. [Odesa, Ukraine]: Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation; 2003.
81. Motsnyi II, Lyfenko SF, Koval TN. Inheritance of the traits of resistance to fungal diseases by wheat distant hybrids with amphidiploids. Cytol. and Genet. 2000; 34(2): 46-56.
82. Characterization of winter wheat varieties bred at the Platn Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar Investigation in terms of features determining resistance-susceptibility to *Septoria tritici* in the Steppe of Ukraine. Nasinnytstvo. 2015; 1(144): 1–2.
83. Cherniaieva IM, Luchna IS, Pohurenko SG, Markova TYu. Investigation of genetic control the “resistance to *Septoria tritici*” trait in soft winter wheat using different evaluation techniques. Genetychni resursy Roslyn. 2009; 7: 87-98.
84. Leonov OYu, Zakharova NM, Streltsova IB, et al. Screening of a winter wheat collection for resistance to *Septoria* spot (*Septoria tritici* Rob. et Desm.). Plant Breeding and Seed Production. 2004; 88: 9-16.
85. Bennett FGA. Resistance to powdery mildew in wheat: A review of its use in agriculture and breeding programmes. Plant Pathol. 1984; 33: 279-300.

86. Lebedeva, TV. Genetics of wheat resistance to powdery mildew. Identified gene pool of plants and breeding. Sankt-Peterburg: All-Union Plant Production Institute; 2005. P. 527-543.
87. Buda E, Uno E, Hiura K. Factors controlling nonpathogenicity of *Erysiphe graminis* f. sp. *agropyri* and *Erysiphe graminis* f. sp. *secalis* towards wheat varieties. Ann. Phytopath. Soc. Japan. 1976; 42: 85.
88. Last FT. Some effects of temperature and nitrogen supply on wheat powdery mildew. Ann. Appl. Biol. 1953; 2: 312-322.
89. Schafer, JF. Wheat powdery mildew. In: Heyne EG, editor. Wheat and wheat improvement. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc; 1987. P. 579-584.
90. Te Beest DE, Paveley ND, Shaw MW, Van den Bosch F. Disease-weather relationships for powdery mildew and yellow rust on wheat. Phytopathology. 2008; 98: 609-617.
91. Everts KL, Leath S. Effect of early season powdery mildew on development, survival, and yield contribution of tillers of winter wheat. Phytopathology. 1992; 82: 1273-1278.
92. Lebedeva TV. Genetics of wheat resistance to powdery mildew. Genetics. 1994; 30(10): 1343-1351.
93. McIntosh RA, Dubcovsky J, Rogers WJ, Morris CF, Appels R, Xia XC. Catalogue of gene symbols for wheat: 2013-14 supplement. Annual Wheat Newsletter. 2014; 60: 153-175.
94. Geliarna TI. Population structure of powdery mildew of wheat in different soil-climatic zones of Ukraine. Zakhyst Roslyn. 1992; 39: 18.
95. Boyko IA, Yarynychyn AM. Polymorphism of wheat powdery mildew pathogen races by virulence. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 131-138.
96. Ivanchenko VV. Virulence of wheat powdery mildew in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. Zakhyst Roslyn. 1999; 10: 8-9.
97. Babayants LT, Babayants OV, Traskovetskaia VA. Race composition of *Blumeria graminis* (DC.) Speer f. sp. *tritici* in the Steppe of Ukraine and efficiency of *Pm*-genes. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2004; 6(46): 269-278.
98. Kowalczyk K, Hsam SLK, Zeller FJ. Heterogeneity of powdery mildew resistance genes *Pm2* and *Pm6* in new Polish common wheat cultivars. European Wheat Aneuploid Co-operative Newsletter, 2006. P. 135-136.
99. Voluievich EA, Buloychuk AA. . Prospects for the gene pool of different cereal species as donors of soft wheat resistance to powdery mildew. In: Genetic resources of cultivated plants. Proceedings of the Inter. scient.-pract. confer.; 2001 Nov 13-16; Sankt-Peterburg: All-Russian Plant Production Institute; 2001. P. 240-241.
100. Bedő Z, Szunics L, Láng L, et al. Items from Hungary. Breeding. AWN. 2001; 48: 66-70.
101. Moldovan M, Moldovan V, Kadar R. Wheat genes resistant to rusts and powdery mildew used in controlling the dynamics of virulence in local populations of these pathogens at A.R.S. Turda. AWN. 2000; 47: 139.
102. Jevtic R, Telečki M, Stojanovic S, Staletić M. Virulence of *Blumeria graminis tritici* in Serbia (2000-2009). Proceedings of the 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey; 2009. P. 94.
103. Alexandrov AE, Krupnov VA. Efficiency of *Pm* genes in the Saratov region. AWN. 2000; 47: 146.
104. Singrun C, Rauch P, Morgounov A, et al. Identification of powdery mildew and leaf rust resistance genes in common wheat (*Triticum aestivum* L.). Wheat varieties from the Caucasus, Central and Inner Asia. Genetic Resources and Crop Evolution. 2004; 51: 355-370.
105. Kovalyshyna. GM. Immunological aspects of the creation of winter wheat starting forms with increased resistance to fungal diseases and justification of protective measures in the Forest-Steppe of Ukraine [dissertation]. [Cabinet of Ministers of Ukraine, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine]: Kyiv; 2012.
106. Xue Fei, Duan Xiayu, Zhai Wenwen et al. Microsatellite mapping of the powdery mildew resistance gene in two Chinese landraces of wheat (*Triticum aestivum* L. em.Thell.) Mazhamai



- and Xiaobaidong. Proceedings of the 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey; 2009. P. 81.
107. Chen Y, Chelkowski J. Genes for resistance to wheat powdery mildew. *J. Appl. Genet.* 1999; 40: 317-334.
  108. Sibikeev SN, Voronina SA, Stupina NV. The resistance of new spring bread wheat-*Ag. elongatum* (2n = 70) lines L3026 and L3027 to leaf rust. *AWN.* 2000; 47: 143.
  109. Sibikeev SN, Badaeva ED, Voronina SA, Stupina NV. Genetics and cytogenetics of new spring bread wheat-*Ae. umbellulata* lines. *AWN.* 2000; 47: 144.
  110. Vyushkov AA, Siukov VV. Introgression of alien genetic material in soft spring wheat breeding. Problems of plant introduction and distant hybridization. In: Abstracts of the International Conference on the occasion of centenary of the birth of Academician NV Tsitsin. Moscow, 1998. P. 289-290.
  111. Odintsova TI, Badaeva ED, Bilinskaya EN, Pukhalsky VI. Chromosome analysis and glutenin characterization in a wheat introgressive line, 224/2-96. *AWN.* 2000; 47: 190-191.
  112. Maxwell JJ. Genetic characterization and mapping of wheat powdery mildew resistance genes from different wheat germplasm sources [dissertation]. [Raleigh, (North Carolina)]; 2008.
  113. Muller G, Vahl U, Bringezu T. Stability of 1AL.1RS, 1BL.1RS wheat-rye double translocation lines. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 2001; 37: 6-12.
  114. Ben David R, Peleg Z, Saranga Y, et al. Asymmetric reciprocal virulence pattern among *Blumeria graminis* isolates originating from domesticated wheat and its wild progenitor. Proceedings of the 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey; 2009. P. 77.
  115. Parks R, Carbone I, Murphy JP, et al. Virulence structure of the Eastern U.S. wheat powdery mildew population. *Plant Dis.* 2008; 92: 1047-1082.
  116. Dyakov YuT, Odintsova IG. Programs of creating varieties with long-lasting resistance. In: Genetic bases of plant breeding for immunity. Moscow: Nauka; 1973. P. 115-120.
  117. Mingeot D, Chantret N, Baret PV, et al. Mapping QTL involved in adult plant resistance to powdery mildew in the winter wheat line RE714 in two susceptible genetic backgrounds. *Plant Breed.* 2002; 121; 133-140.
  118. Bushnell, WR. The role of powdery mildew in understanding host-parasite interaction: Past, present, and future. In: Belanger R, Bushnell WR, Dik AJ, Caver TLW, editors. The powdery mildews. A comprehensive treatise. St. Paul Minnesota: Am. Phytopath. Soc.; 2002. P. 1-12.
  119. Tratwal A. Variety and species mixtures as the possibility of powdery mildew (*Blumeria graminis*) incidence reduction in cereals. Proceedings of the 12th International Cereal Rusts and Powdery Mildews Conference; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey; 2009. P. 124.
  120. Finckh MR, Gacek ES, Goyeau H, et al. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie.* 2000; 20: 813-837.
  121. Rajaram S. International wheat breeding: Past and present achievements and future directions. In: Warren E, Karow R, Reed B, editors. Kronstand Honorary Symposium; 1999 Feb 18; Corvallis, OR (USA): Oregon State University. Extension Service. 2000. P. 49-79.
  122. Kyrylenko VV, Parfeniuk AI, Basanets GS. Creation of winter wheat lines with complex resistance to leaf diseases in the Forest-Steppe of Ukraine. *Naukovo-tekhnichnyi bul. of Mironovka Institute of Wheat nd. a V. M. Remeslo.* 2002; 2: 64-73.
  123. Shelepov VV, Dubovyi VI, Kyrylenko VV et al. Creation of resistant winter wheat varieties using complex infection backgrounds of pathogens in at breeding stages. In: Lisovyi MP, Shelepov VV, editors. Kyiv: Kolobig; 2005. 20 p.
  124. Leonov OYu. Patterns of manifestations of the “resistance” trait to powdery mildew in soft wheat gene pool accessions. *Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation.* 2010; 16(56): 209-211.
  125. Babayants LT, Rybalka AI, Akselrud DV, et al. New wheat lines derived from interspecies hybridization, highly resistant to infectious agents. In: Problems of plant introduction and

- distant hybridization. Abstracts of the International Conference on the occasion of centenary of the birth of Academician NV Tsitsin. Moscow, 1998. P. 268-269.
126. Babayants LT, Rybalka AI, Babayants OV, et al. Novel starting material for wheat breeding for resistance to infectious agents. In: Wheat and triticale: Materials of the Scientific-Practical Conference "PP Lukyanenko's Green Revolution". Krasnodar: Sov. Kuban; 2001. P. 329-337.
  127. Babayants LT, Babayants OV. New introgressed genes of resistance to pathogens and their use in wheat breeding for immunity. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 12-20.
  128. Babayants OV, Babayants LT, Traskovetskaya VA, Gorash AF, Paliasnyi VA, Vasiliev AA. Genetic determination of wheat resistance to *Blumeria graminis* (DS) ssp. *tritici*, originating from *Aegilops* and *Triticum erebuni* species. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2011; 17(57): 30–40.
  129. Sandukhadze BI, Kochetygov GV, Bugrova VV, Rybakova MI. Efficiency of winter wheat breeding in the middle of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. In: Wheat and triticale: Materials of the Scientific-Practical Conference "PP Lukyanenko's Green Revolution". Krasnodar: Sov. Kuban; 2001. P. 186-192.
  130. Retman, SV. Spot diseases of winter wheat. Kyiv: Kolobig; 2010. 232 p.
  131. Rees RG, Platz GJ. Effects of yellow spot on wheat: Comparison of epidemics at different stages of crop development. Aust. J. Agric. Res. 1983; 34: 39–46.
  132. Ciuffetti LM, Tuori RP. Advances in the characterization of the *Pyrenophora tritici-repentis*–wheat interaction. Phytopathology. 1999; 89: 444-449.
  133. Dreschler C. Some graminicolous species of *Helminthosporium* I. J. Agric. Res. 1923; 24: 641-740.
  134. Retman SV. Phytopathogenic complex of winter wheat in the Forest-Steppe of Ukraine. Karantyn i zakhyst roslyn. 2008; 4: 5.
  135. Rudakov OL. Tan spot of winter wheat. Zashchita rasteniy. 1985; 10: 28-29.
  136. Bockus WW, Claasen MM. Effects of crop rotation and residue management practices on severity of tan spot of winter wheat. Plant Disease. 1992; 76: 633–636.
  137. Ali S, Francl LJ. Population race structure of *Pyrenophora tritici-repentis* prevalent on wheat and noncereal grasses in the Great Plains. Plant Dis. 2003; 87: 418-422.
  138. Bergstrom GC, Schilder MC. Seed pathology of tan spot. In: *Helminthosporium* blights of wheat: spot blotch and tan spot. Duveiller E, Dubin HJ, Reeves J, McNab A, editors. Mexico: CIMMYT D.F.; 1998. P. 364-368.
  139. McMullen MP, Leonard Franc L. Tan spot of wheat [Internet]. North Dakota State University of Agriculture and Applied Science. PP-766 (Revised). [January 1993]. Available from: <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/smgrains/pp766w.htm>.
  140. Kohli MM, Mehta YR, De Ackermann MD Spread of tan spot in the southern cone region of South America. In: Advances in Tan Spot Research. Proc. Int. Tan Spot Workshop, 2nd. Francl LJ, Krupinsky JM, McMuller MP, editors. N.D. Agric. Exp. Stn., Fargo; 1992. P. 86-90.
  141. Singh DP. First report of tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis* in the Northern Hills and Northwestern Plains Zones of India. Plant Disease. 2007; 91: 460.
  142. Ali S, Francl LJ, Iram S, Ahmad I. First report of tan spot on wheat in Pakistan. Plant Disease. 2001; 85: 1031.
  143. Loughman R, Wilson RE, Roake JE, et al. Crop management and breeding for control of *Pyrenophora tritici-repentis* causing yellow spot of wheat in Australia. In: *Helminthosporium* Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot. Duveiller E, Dubin HJ, Reeves J, McNab A, editors. Mexico: CIMMYT, D.F.; 1998. P. 10-17.
  144. Bakonyi J, Aponyi I, Fischl G. Diseases caused by *Bipolaris sorokiniana* and *Drechslera tritici-repentis* in Hungary. In: *Helminthosporium* Blights of Wheat: Spot Blotch and Tan Spot. Duveiller E, Dubin HJ, Reeves J, McNab A, editors. Mexico: El Batan; 1998. P. 80–87.

145. Palicová-Šárová J, Hanzalová A. Reaction of 50 winter wheat cultivars grown in the Czech Republic to *Pyrenophora tritici-repentis* races 1, 3, and 6. Czech J. Genet. Plant Breed. 2006; 42 (2): 31–37.
146. Smurova SG, Kovalenko NM, Chikida NN, Mikhaylova LA. Characterization of resistance of Aegilops L. species to yellow and brown leaf spots. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 109-113.
147. Volkova GV, Andronova AE, Kremneva OYu. Dynamics of major spot pathogens of winter wheat in areas of the North Caucasus differing by ecoresources. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 48-51.
148. Lamari L, Bernier CC. Genetics of tan necrosis and extensive chlorosis in tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis*. Phytopathology. 1991; 81: 1092-1095.
149. Tomás A, Bockus WW. Cultivar-specific toxicity of culture filtrates of *Pyrenophora tritici-repentis*. Phytopathology. 1987; 77: 1337-1340.
150. Friesen TL, Ali S, Kianian S, et al. Role of host sensitivity to Ptr ToxA in development of tan spot of wheat. Phytopathology. 2003; 93: 397–401.
151. Tuori RP, Wolpert TJ, Ciuffetti LM. Purification and immunological characterization of toxin components from cultures of *Pyrenophora tritici-repentis*. Mol. Plant-Microbe Interact. 1995; 8: 41-48.
152. Effertz RJ, Meinhardt SW, Anderson JA, et al. Identification of a chlorosis-inducing toxin from *Pyrenophora tritici-repentis* and the chromosomal location of an insensitivity locus in wheat. Phytopathology. 2002; 92: 527-533.
153. Friesen TL, Ali S, Klein KK, Rasmussen JB. Population genetic analysis of a global collection of *Pyrenophora tritici-repentis*, causal agent of tan spot of wheat. Phytopathology. 2005; 95: 1144-1150.
154. Mykhaylova LA, Terniuk IG, Myronenko NV, Novozhylov KV. Characterization of *Pyrenophora tritici-repentis* populations in terms of virulence. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 84-93.
155. Šárová J, Hanzalová A. *Pyrenophora tritici-repentis* - an important wheat leaf spot pathogen in the Czech Republic. European Wheat Aneuploid Co-operative Newsletter. Proceedings of the 13th International EWAC Conference; 2005 27 June–1 July; Prague, Czech Republic; 2005. P. 136-138.
156. Riede CR, Francl LJ, Anderson JA, et al. Additional source of resistance to tan spot of wheat. Crop Sci. 1996; 36: 771–777.
157. Rees RG, Platz GJ. Sources of resistance to *Pyrenophora tritici-repentis* in bread wheats. Euphytica. 1990; 45: 59–69.
158. Lamari L, McCallum BD, DePauw RM. Forensic pathology of Canadian bread wheat: The case of tan spot. Phytopathology. 2005; 95: 144-152.
159. Xu SS, Friesen TL, Mujeeb-Kazi A. Seedling resistance to tan spot and *Stagonospora nodorum* blotch in synthetic hexaploid wheats. Crop Sci. 2004; 44: 2238–2245.
160. Brown-Guedira GL, Cox TS, Bockus WW, et al. Registration of KS96WGRC38 and KS96WGRC39 tan spot-resistant hard red winter wheat germplasms. Crop Sci. 1999; 39: 596.
161. Leonov OYu. Monitoring of resistance to tan spot among modern bread wheat varieties and lines. Visnyk Tsentru naukovoogo zabezpechennia APV Kharkivskoy] oblasti. 2011; 10: 133-143.
162. Chester, KS. The nature and prevention of the cereal rusts as exemplified in the leaf rust of wheat. Waltham, MA: Chronica Botanica; 1946.
163. Ismaylov, KhA. Studies on wheat immunity to diseases in Azerbaijan. Baku: Elm; 1988. 148 p.
164. Kislev ME. Stem rust of wheat 3300 years old found in Israel. Science. 1982; 216: 993-994.
165. D'Oliveira BD, Samborski DJ. Aecial stage of *Puccinia recondita* on ranunculaceae and boraginaceae in Portugal. In: Proceedings of the first European Brown Rust Conference. Macer RC, Wolfe MS, editors. Cambridge, UK; 1966. P. 133–150.

166. Tozzetti GT, Alimurgia V. True nature, causes and sad effects of the rusts, the bunts, the smuts, and other maladies of wheat and oats in the field. *Phytopathological Classics No.9*. St. Paul, Minnesota: Am. Phytopathol. Soc.; 1952 (originally published 1767). 139 p.
167. Fontana F, Pirone PP. Observations on the rust of grain. *Classics No. 2*. Washington, D.C.: Am. Phytopathol. Soc.; 1932 (Originally published in 1767).
168. Tulasne LR, Tulasne Ch. Memoire sur les Ustilaginees comparees aux Uridiness. *Ann. sci natur. Ser. 3*. 1847; 7: 12-127.
169. Yachevskiy AA. Rust of bread cereals in Russia. In: *Proceedings of the Mycology and Plant Phytopathology Bureau, # 4*. Sankt-Peterburg, 1909. 187 p.
170. Mikhaylova, LA. Wheat resistance to brown rust. In: *Identified gene pool of plants and breeding*. Sankt-Peterburg: All-Russian Plant Production Institute; 2005. P. 513-527.
171. Andreiev LN, Plotnikova YuM. *Wheat rust: cytology and physiology*. Moscow: Nauka; 1989. 304 p.
172. Roelfs AP, Singh RP, Saari EE. *Rust diseases of wheat: concepts and methods of disease management*. Mexico, D.F.: CIMMYT; 1992. 81 p.
173. Kolmer JA, Ordoñez ME. Genetic differentiation of *Puccinia triticina* populations in Central Asia and the Caucasus. *Phytopathology*. 2007; 97: 1141-1149.
174. Babayants OV, Babayants LT. *Basics of breeding and methods for assessments of wheat resistance to pathogens*. Odesa: VMV; 2014. 401 p.
175. Voronkova, AA. *Genetic and immunological principles of wheat breeding for resistance to rust*. Moscow: Kolos; 1980. 192 p.
176. Smale M, Singh RP, Sayre K, et al. Estimating the economic impact of breeding nonspecific resistance to leaf rust in modern bread wheats. *Plant Dis*. 1998; 82: 1055-1061.
177. Kolmer JA, Long DL, Hughes ME. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2004. *Plant Dis*. 2006; 90: 1219-1224.
178. Bolton MD, Kolmer JA, Garvin DF. Wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Molecular Plant Pathology*. 2008; 9(5): 563-575.
179. Krattinger SG, Lagudah ES, Spielmeier W, et al. A putative ABC transporter confers durable resistance to multiple fungal pathogens in wheat. *Science*. 2009; 323(5919): 1360-1363.
180. Karelav AV, Kozub NO, Sozinov IO, Sozinov OO, Likar SP, Blium YaB. Characterization of Ukrainian wheat varieties (*Triticum aestivum*) using the latest molecular markers – genes of moderate resistance to rust fungi. *Zakhyst i karantyn roslyn*. 2013; 59: 128-136.
181. Khan MA, Saini RG. Non-hypersensitive leaf rust resistance of bread wheat cultivar PBW65 conditioned by genes different from *Lr34*. *Czech J. Genet. Plant Breed*. 2009; 45(1): 26-30.
182. Hanzalová A, Bartoš P. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Czech Republic in 2001-2004. *Czech J. Genet. Plant Breed*. 2006; 42(4): 126-131.
183. Putnik-Delic MI. Resistance to *Puccinia triticina* at different stages of wheat. *Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad*. 2009; 116: 183-190.
184. McIntosh RA, Wellings CR, Park RF. *Wheat rusts: an atlas of resistance genes*. CSIRO Australia, Kluwer Academic Publishers; Dordrecht, Netherlands; 1995. 196 p.
185. Lesovaya GM, Sozinov IA. Resistance of near-isogenic winter wheat lines to pathogenic *Puccinia recondita* f. sp. *Tritici* races differing by virulence. *Cytol. And Genetics*. 1999; 33(5): 52-57.
186. Pantelyeev VK. Wheat leaf rust. Virulence of pathogen ecio-populations on plants - intermediate feeders in the Eastern Forest-Steppe. *Zakhyst Roslyn*. 2000; 2: 5-7.
187. Pantelyeev VK. Wheat Resistance genes. Efficiency against leaf rust. *Zakhyst Roslyn*. 2000; 7: 5-7.
188. Babayants LT, Babayants OV, Vasiliev AA, Traskovetskaya VA. *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. *tritici* race composition in the Steppe of Ukraine and wheat variety resistance. *Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation*. 2004; 6(46): 279-288.

189. Babayants OV, Vasiliev AA, Zalogina-Kyrkelan MA. *Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. *tritici* race composition in the South of Ukraine in 2004-2007. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 94-101.
190. Kovalyshyna GM, Marusuch GP. Genetic control of resistance to leaf rust in winter wheat varieties. Naukovo-tekhnichnyiyy bulleten Myronivskogo instytutu pshenytsi. 2004; 3: 15-20.
191. Lisova GM, Sozinov OO. Effective wheat genes of resistance to brown rust pathogen and race composition of the pathogen population as of 1998. Agroekologia I biotekhnologia. 1998; 2: 245-253.
192. Kovalyshyna GM. Genetic diversity of winter wheat varieties in terms of resistance to brown rust. Zakhyst I karantyn Roslyn. 2013; 59: 137–146.
193. Lisoviy MP, Pavliuchyk OP. Virulence of the wheat brown rust pathogen population. Visnyk agrarnoyi nauky. 2004; 1: 22-24.
194. Hanzalová A, Sumíková T, Bartoš P. Determination of leaf rust resistance genes *Lr10*, *Lr26* and *Lr37* by molecular markers in wheat cultivars registered in the Czech Republic. Czech J. Genet. Plant Breed. 2009; 45(2): 79–84.
195. Volkova GV, Anpilogova LK. Methods of control of populations of wheat brown and yellow rust pathogens in Southern Russia. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 41-47.
196. Alfimov VA, Bespalova LA, Puzyrnaya OYu. Resistance of winter wheat varieties in relation to changes in race composition of brown rust population in the Krasnodar region. In: Wheat and triticale: Materials of the Scientific-Practical Conference "PP Lukyanenko's Green Revolution". Krasnodar: Sov. Kuban; 2001. P. 306-317.
197. Gulyaeva E, Baranova O, Alpatyeva N, Krämer I. Occurrence of leaf rust resistance genes in Russian wheat varieties and their influence on virulence frequencies in the pathogen population. Proceedings of the 12th International cereal rusts and powdery mildews conference: abstract book; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey; 2009. P. 89.
198. Zelenskiy Y, Morgounov A, Manes Y et al. Improvement of leaf rust resistance of spring bread wheat in the North Kazakhstan. Proceedings of the 12th International cereal rusts and powdery mildews conference: abstract book; 2009 Oct 13-16; Antalya, Turkey; 2009. P. 147.
199. Kolmer JA. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* in Canada in 1998. Plant Dis. 2001; 85: 155-158.
200. Watkins JE, Schimelfenig J, Baenziger PS, Eskridge KM. Virulence of *Puccinia triticina* on wheat in Nebraska during 1997 and 1998. Plant Dis. 2001; 85: 159-164.
201. Long DL, Kolmer JA. A North American system of nomenclature for *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Phytopathology. 1989; 79: 525-529.
202. Kiselieva MI, Zhemchuzhyna NS, Liubich VV. Resistance to brown rust of winter wheat varieties cultivated in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. Zashchita I karantin rasteniy. 2015; 4: 45–47.
203. Babayants JV, Babayants LT, Gorash AF, Vasiliev AA, Traskovetskaya VA, Paliasniy VA. Genetic determination of wheat resistance to brown leaf rust (*Puccinia recondita* Rob. ex. Desm. f. sp. *Triticum*) derived from *aegilops cylindrica*, *triticum erebuni*, Amphidiploids 4. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2010; 16(56): 185–202.
204. Lytvynenko MA, Topal MM. Breeding value of translocation 1AL / 1RS for resistance to brown and stem rusts in the South of Ukraine. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2014; 24(64): 85–94.
205. Davoyan RO, Bebiakina IV, Davoyan ER, Bibishev VA. Use of synthetic forms for transmission of disease resistance to common wheat from its relatives. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11 (51): 60-68.
206. Gill BS, Friebe B, Raupp WJ et al. Wheat genetics resource center: the first 25 years. Advances in Agronomy. 2006; 89: 74-137.

207. Kuraparthi V, Sood S, Chhuneja P et al. A cryptic wheat–aegilops triuncialis translocation with leaf rust resistance gene *Lr58*. *Crop Sci.* 2007; 47: 1995-2003.
208. Leonov, OYu. Theoretical basics of using soft wheat genetic resources in breeding [dissertation]. [Plant Production Institute nd. A VYa Yuriev, (Ukraine)]: Kharkiv; 2012.
209. Markova TYu, Cherniaieva IM, Petrenkova VP. Wheat mite (*Aceria tritici*) - a dangerous carrier of wheat streak mosaic virus. *Agronom.* 2013; 1(39): 84–85.
210. Shpaar D, Fux E, Rabenshtayn F. Viral diseases of cereal and fodder crops in Germany - epidemiology, economic importance and measures to fight them. *Agroekologichniy zhurnal.* 2002; Special issue: 15–21.
211. Yukhymenko AI, Girko VS. Selection for tolerance to wheat streak mosaic virus. *Visnyk Kyivskogo Nat. Univer. Series Biology.* 2011; 35: 23–25.
212. Mishchenko, LT. Viral diseases of winter wheat. Kyiv: Fitosotsiotsentr; 2009. 352 p.
213. Abbott DA, Wang MB, Waterhouse P. Single copy of virus-derived, transgene-encoding hairpin RNA confers BYDV immunity. In: M. Henry, A. McNab, editors. *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies.* Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 22-26.
214. Lister RM, Ranieri R. Distribution and economic importance of barley yellow dwarf. In: *Barley yellow dwarf: 40 years of progress.* D'Arcy CJ, Burnett PA, editors. St. Paul, MN: American Phytopathological Society; 1995. P. 29-53.
215. Omelchenko LI. Viral infections of cereals. *Visnyk agrarnoyi nauky.* 1995; 10: 19-25.
216. Mozhaeva KA, Kastalyeva TB. Barley yellow dwarf in Russia. In: Henry M, McNab A, editors. *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies.* Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 120-122.
217. Van Ginkel M, Henry M. Breeding for BYDV tolerance/resistance in CIMMYT bread wheats targeted to developing countries. In: Henry M, McNab A, editors. *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies.* Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 93-96.
218. Polishchuk VP, Budzanivska IG, Ryzhuk SM et al. Monitoring of viral infections of plants in biocenoses of Ukraine. In: Polishchuk VP, editor. Kyiv: Fitosotsiotsentr; 2001. 220 p.
219. Nikolenko MP, Dutko VP, Omelchenko LI. Aphids - carriers of barley yellow dwarf. *Zashchita rasteniy.* 1975; 7: 18-19.
220. Nikolenko MP, Omelchenko LI. Peculiarities of barley yellow dwarf virus epiphytotic and possibilities of preventing winter wheat, barley and triticale yield loss. *Selskokhoziaystvennaya biology.* 1985; 8: 63-68.
221. Guo JQ, Moreau JP, Lapierre H. Variability among aphid clones of *Rhopalosiphum padi* L. and *Sitobion avenae* Fabr. (*Homoptera: aphididae*) in transmission of three PAV isolates of barley yellow dwarf viruses. *Canadian Entomologist.* 1996; 128: 209-217.
222. Smyrnioudis IN, Harrington R, Katis N, Clark SJ. The effect of drought stress and temperature on spread of barley yellow dwarf virus (BYDV). *Agricultural and Forest Entomology.* 2000; 3: 161-166.
223. Lucio-Zavaleta E, Smith DM, Gray SM. Variation in transmission efficiency among barley yellow dwarf virus-RMV isolates and clones of the normally inefficient aphid vector, *Rhopalosiphum padi*. *Phytopathology.* 2001; 91: 792-796.
224. Harrington R. BYDV: the heat is on. In: Henry M, McNab A, editors. *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies.* Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 34-39.
225. Cheng Z, Wu M, He X et al. Nucleotide sequence analysis of the BYDV-GPV isolate genome, and transgenic wheat obtained via pollen tube pathway. In: Henry M, McNab A, editors. *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies.* Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 29-31.
226. Sharma HC, Ohm H, Perry KL. Registration of barley yellow dwarf virus resistant germplasm line P29. *Crop Sci.* 1997; 37: 1032-1033.
227. Larkin PJ, Kleven S, Banks PM. Utilizing *Bdv2*, the *Thinopyrum intermedium* Source of BYDV resistance, to develop wheat cultivars. In: Henry M, McNab A, editors. *Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies.* Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 60-63.

228. Henry M, Posadas G, Segura J, Rajaram S. Evaluating resistance to BYDV-PAV, BYDV-MAV, and CYDV-RPV in *Thinopyrum intermedium*-derived wheat lines. In: Henry M, McNab A, editors. Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 64-66.
229. Comeau A, Haber S. Breeding for BYDV tolerance in wheat as a basis for a multiple stress tolerance strategy. In: Henry M, McNab A, editors. Barley yellow dwarf disease: recent advances and future strategies. Mexico, D.F.: CIMMYT; 2002. P. 82-92.
230. Babayants ov, Neplyy LV. Affection of winter wheat by barley yellow dwarf virus (BYDV) in the South of Ukraine. Zbirnyk naukovykh Prats of Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seeds and Cultivar Investigation. 2008; 11(51): 32-40.

### **БОЛЕЗНИ ПШЕНИЦЫ, РАСПРОСТРАНЕННЫЕ В УКРАИНЕ: ВРЕДНОСНОСТЬ, ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ И РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ СЕЛЕКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ**

Леонов О. Ю., Петренко В. П., Лучная И. С., Суворова К. Ю., Чугаев С. В.  
Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН, Украина

В обзорной статье приведен анализ литературных источников по теме наиболее вредоносных в условиях Украины болезней пшеницы: снежная плесень, септориоз, пиренофороз, мучнистая роса, бурая ржавчина, вирус полосатой мозаики пшеницы, вирус желтой карликовости ячменя. Акцентировано внимание на симптоматике проявления этих болезней, их вредоносности, генетических основах устойчивости и основных результатах селекции.

**Обсуждение литературных данных.** По результатам исследований ученых Украины, а также ближнего и дальнего зарубежья получены следующие основные результаты.

Выявлено отсутствие четкого генетического контроля устойчивости к снежной плесени, гены устойчивости не идентифицированы. Основным методом селекции является отбор на жестком природном инфекционном фоне. Перспективен поиск доноров устойчивости среди диких сородичей.

Идентифицировано 18 *Stb* генов устойчивости к септориозу. Иммунных сортов не выявлено, но наблюдается четкая дифференциация по устойчивости к заболеванию. Создано ряд линий, гены устойчивости в которые привнесены от диких сородичей.

Известны *Pm1–Pm53* гены устойчивости к мучнистой росе. У пшеницы проявляется как специфическая, так и неспецифическая устойчивость. Ценными источниками устойчивости являются местные сорта и формы пшеницы мягкой. Путем отдаленной гибридизации получено ряд линий с известными генами устойчивости.

Изучены гены устойчивости к пиренофорозу, которые подразделяются на гены нечувствительности к токсинам патогена (*tsn*) и непосредственно гены устойчивости к желтой пятнистости. Среди современных сортов и линий пшеницы, а также родственных видов существуют источники высокой устойчивости к пиренофорозу.

Установлено классическое взаимодействие ген на ген для большинства случаев наследования устойчивости пшеницы к бурой ржавчине. Идентифицировано более 90 *Lr* генов устойчивости, супрессоры генов устойчивости, а также локусы количественных признаков QTL. Высокая эффективность использования в селекции на устойчивость к бурой ржавчине пшеницы отдаленной гибридизации, в частности, ряда сортов пшеницы озимой, несущих пшенично-ржаную транслокацию 1AL/1RS, которая содержит комплекс генов устойчивости

Рассмотрены основные вирусные заболевания пшеницы: вирус полосатой мозаики пшеницы (ВПМП) и вирус желтой карликовости ячменя (ВЖКЯ). Генов устойчивости к данным заболеваниям у пшеницы не выявлено, но известно их наличие у пырея.

Наиболее эффективным методом борьбы с вирусными заболеваниями является создание трансгенных растений.

**Выводы.** По результатам анализа литературных источников сделан вывод о целесообразности и актуальности проведения исследований в направлении создания устойчивых к болезням сортов, поиска новых источников устойчивости, расширения генетического разнообразия существующих сортов пшеницы, изучения состава популяции возбудителей и идентификации новых генов устойчивости.

***Ключевые слова:** пшеница, снежная плесень, септориоз, пиренофороз, мучнистая роса, бурая листовая ржавчина, вирусная болезнь, ген устойчивости, источник устойчивости*

### **WHEAT DISEASES COMMON IN UKRAINE: HARMFULNESS, GENETIC CONTROL AND EFFECTIVENESS OF BREEDING FOR RESISTANCE**

*Leonov O. Yu., Petrenkova V.P., Luchnaya I.S., Suvorova K.Yu., Chugayev S.V.  
Plant Production Institute nd. a V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine*

The review of literature on the most harmful diseases of wheat in Ukraine (snow mold, septoria spot, tan spot, powdery mildew, brown rust, wheat streak mosaic virus, barley yellow dwarf virus) is presented. Symptoms of these diseases, their harmfulness, genetic bases of resistance and the main results of breeding are in the focus of attention.

**Discussion.** The research of scientists of Ukraine, neighboring countries and non-CIS countries gave the following results.

There is no clear genetic control of resistance to snow mold; resistance genes have not been identified. The main method of breeding is the selection on severe natural infectious background. Search for donors of resistance among wild relatives is promising.

18 *Stb* genes of resistance to septoria spot have been identified. No immune varieties have been found, but a clear differentiation in disease resistance is observed. A number of lines with resistance genes from wild relatives were created.

*Pm1- Pm53* genes of resistance to powdery mildew are known. Wheat has both specific and non-specific resistance. Local varieties and forms of bread wheat are valuable sources of resistance. A number of lines with known resistance genes were produced by hybridization.

Genes of resistance to tan spot were investigated. They are categorized into genes of insensitivity to pathogen toxins (*tsn*) and tan spot resistance genes themselves. There are sources of high resistance to tan spot among modern wheat varieties and lines and related species.

Classical gene-gene interaction was established for the majority of cases of wheat inheritance of resistance to brown rust. Over 90 *Lr* resistance genes, resistance suppressor genes as well as quantitative trait loci QTL have been identified. The efficiency of distant hybridization in breeding for resistance to brown rust of wheat is high, in particular, a number of winter wheat varieties carry rye-wheat translocation 1AL / 1RS, which contains a set of resistance genes.

Frequent viral diseases of wheat are looked into: wheat streak mosaic virus (WSMV) and barley yellow dwarf virus (BYDV). No genes of resistance to these diseases have been identified in wheat, but we know that wheat grass have them. Transgenic plants is the most effective way to fight viral diseases.

**Conclusions.** Basing on the literature review results, we concluded that studies aimed at the creation of disease-resistant varieties, search for new sources of resistance, expansion of the genetic diversity of existing wheat varieties, exploration of pathogen population composition and identification of new resistance genes are expedient and relevant.

***Key words:** wheat, snow mold, septoria spot, tan spot, powdery mildew, brown leaf rust, viral diseases, resistance genes, sources of resistance*