

РЕАКЦІЯ РОСЛИН ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ФІТОПАТОГЕНИ ЗА УМОВ БІОЛОГІЗАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСТВА

Башлай Аліна Григорівна

аспірантка

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-1133-4025

bashlay_alina@ukr.net

Власенко Володимир Анатолійович

доктор сільськогосподарських наук, професор

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-5535-6747

vlasenkova@ukr.net

Пшениця – один з важливих злаків, що споживається людиною. Потенційні втрати її врожаю від комплексу шкідливих організмів у посівах становлять 37 %. Сучасне сільське господарство бере курс на виробництво екологічно чистого продукту, тобто відбувається стрімкий розвиток органічного сектору землеробства. Площа сертифікованих органічних сільськогосподарських угідь у нашій державі станом на 2015 рік складала 410,6 тис. га, а світові площі займають лише 1 %. Розглянуто сучасні тенденції розвитку органічної технології вирощування пшениці, визначено її особливості. Виявлено основні хвороби (види кореневих гнилей, листкових плямистостей, зокрема, септоріоз, борошнеста роса, види іржі, види сажок, фузаріоз), її проблеми, які з ними пов'язані, що стримують розвиток глобального виробництва органічної продукції. Втрати продукції спричиняють хвороби вегетуючих рослин, з якими пов'язано 15–32 % пошкоджень. Охарактеризовано сутності термінів «фітосанітарний стан», «імунітет рослин», «сортозаміна». Визначено, що найрадикальнішим, найперспективнішим, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом удосконалення інтегрованої системи захисту пшениці озимої залишається вирощування сортів, стійких до шкідників і збудників хвороб. Наш аналіз підтверджує, що ці стійкі сорти добре зарекомендували себе в імунологічному методі захисту і карантину рослин. Їх доцільно вважати основою органічної технології. Знання механізмів захисту рослин від патогенів значно розширюються. Відповідно зростає кількість ідентифікованих генів і даних про регуляцію їх активності різними захисними механізмами. Нетрадиційна технологія вирощування стимулює до пошуку нових методів, прийомів та заходів. Обґрунтовано основні перспективи та на шляху вдосконалення вітчизняного органічного сектора. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, поповнюється новими сортами. Залишається актуальним питання проведення досліджень комерційних сортів пшениці м'якої озимої в умовах північно-східного Лісостепу України за органічної системи вирощування щодо стійкості проти хвороб.

Ключові слова: імунітет рослин, сорт, збудники хвороб, органічна технологія землеробства, сортооновлення, сортозаміна.

DOI: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2020.1.1>

Вступ. Пшениця (*Triticum aestivum* L.) є одним з найважливіших видів злаків, що використовується для споживання людиною в Європі та Північній Америці. Вона є основним інгредієнтом багатьох харчових продуктів, основними із яких є хліб і хлібобулочні вироби, макарони, локшина (Goesaert et al., 2005). Пшениця є найбільш стародавньою культурою (Remeslo & Sajko, 1975). Її вирощують більше ніж у 80 країнах світу і вона є головним продуктом харчування у 43 з них (Вакуненко et al., 2019). На зернові продукти припадає приблизно 45 % від загальної добової норми споживання калорій людьми у всьому світі, коливаючись приблизно від 25 % у багатьох європейських країнах (наприклад, у Німеччині та Великобританії) до близько 55 % у деяких країнах, що розвиваються (наприклад, Індія) (National Geographic, 2019).

Сучасне сільське господарство бере курс на виробництво екологічно чистого продукту, щоб задовільнити зростаючий темп споживачів вживати безпечну їжу. За даними Федерації органічного руху України, площа сертифікованих сільськогосподарських угідь у нашій державі, задіяних під вирощуванням різноманітної органічної продукції, станом на 2015 рік складала 410,6 тис га (що близько 1 % від загальної площі сільгоспугідь). Україна займає почесне 20-те місце се-

ред світових країн-лідерів органічного руху та І місце в східноєвропейському регіоні щодо сертифікованої площі органічної ріплі, спеціалізуючись, переважно, на виробництві зернових, зернобобових та олійних культур. Щодо світових сільськогосподарських площ, то під органічне землеробство відводиться лише 1 % (Ekonomichnyj dyskusijnyj klub, 2016). Органічний продукт є одним із найвідоміших маркувань продуктів і більшість людей у розвинених країнах сьогодні споживає саме таку їжу (Seufert et al., 2017).

Обмежене використання хімічних засобів захисту рослин та синтетичних мінеральних добрив стимулює селекціонерів до пошуку нових імунологічних особливостей у зернових колосових культур та, зокрема, у пшениці озимої. Загальний фітосанітарний режим посівів починає змінюватися, відбувається накопичення зимуючих стадій хвороб та шкідників рослин, збільшуються об'єми запасів насіння бур'янів у ґрунті. За опублікованими даними Інституту захисту рослин НААН України та інших наукових установ, потенційні втрати врожаю від комплексу шкідливих організмів у посівах пшениці озимої становлять 37 % (Fedorenko & Ret'man, 2009).

Загалом органічне землеробство ґрунтується на чотирьох основних принципах, таких як: здоров'я, екологічність, справедливість та турбота (Karen & Nielsen, 2019). Органічні

культури часто мають вищу цінність, ніж звичайні, і обсяг їх посівів демонструє тенденцію постійно зростаючих обсягів виробництва (Litterick & Watson, 2017).

Системи органічного землеробства є викликом багатьом питанням захисту і карантину рослин. Серед відомих методів захисту і карантину рослин, а також одним із екологічно обґрунтованих та безпечних є імунологічний, який базується на відборі та уведенні в систему вирощування польових культур, зокрема й пшениці м'якої озимої, сортів, стійких до шкідливих організмів та адаптованих до конкретних умов. Органічне виробництво засновано на сортах сільськогосподарських культур, які були виведені під традиційний спосіб вирощування, їх частка складає більш ніж 95 %. Але нещодавні дослідження показали, що у таких сортів відсутні такі важливі характеристики, які необхідні в органічних умовах виробництва. Серед них: урожайність, стійкість до біотичного та абіотичного стресів, технологічна якість рослинної сировини для виробництва продуктів споживання (Lammerts van Bueren et al., 2002; Murphy et al., 2007; Wolfe et al., 2008). На жаль, більшість сортів сприйнятливі до домінуючих захворювань, існує обмежене генетичне різноманіття генів стійкості, доступних для використання у селекційних програмах (Shamanin et al., 2016).

Важливою проблемою під час організації біологічного землеробства є вивчення того, як шкідники, хвороби та насіння бур'янів впливає на фітосанітарний стан посівів пшениці озимої, а також яким чином імунологічні прийоми у системі вирощування можуть вплинути на збереження врожаю. Органічна складова сільськогосподарської галузі стала об'єктом вивчення багатьох вітчизняних та закордонних теоретиків і практиків (Lammerts van Bueren et al., 2002; Murphy et al., 2007; Wolfe, et al., 2008; Fedorenko, 2009).

Імунітет культури – важлива складова органічного землеробства. Дослідженню властивостей формування імунітету зернових злакових культур і шляхів його покращення присвячено чимало наукових публікацій, серед яких роботи як українських науковців, так і вчених із різних країн світу (Ret'man et al., 2014; Lisovij & Lisova, 2004, 2015; Jevtushenko, et al., 2004; Vlasenko et al., 2014; McDonald & Linde, 2002; Somers, et al., 2006). Вагомий внесок у дослідження генів стійкості зробили (Petrenkova et al., 2014, 2016; Kovalishina, 2014; Kovalishina, 2005; Kirichenko & Petrankova, 2012; Babajanc & Babajanc, 2014; Moskalec', 2015; Afanas'eva et al., 2015).

Вирощування сільськогосподарських культур за нетрадиційною технологією, зокрема пшениці, ставить перед виробниками суттєві виклики. Одним із таких викликів є контроль фітосанітарного режиму, тобто моніторинг шкідливих організмів та враховування імунологічних особливостей сортів, що культивуються за такої системи вирощування, проведення сортозамін.

Метою статті є дослідження сутності понять «фітосанітарний стан» та «імунітет рослин», практичне значення моніторингу хвороб у практиці біологічного землеробства; аналіз результатів проведених досліджень щодо контролю фітосанітарного стану в технології органічного землекористування; визначення ролі контролю фітосанітарного стану та резистентних сортів до збудників хвороб за біологічної технології вирощування.

Викладення основного матеріалу. Вибір сортів які мають різну реакцію на біотичні та абіотичні чинники навколишнього природного середовища, відіграє визначальну

роль під час організації органічного виробництва. Сучасні сорти пшениці характеризуються високим потенціалом урожайності зерна (Vologdina & Zamilia, 2006). Зі слів М. М. Гаврилюка, до використання в системі органічного землеробства придатні 10–15 % сортів озимої пшениці селекції Інститута фізіології рослин і генетики Національної академії наук України, яким властиві підвищена стійкість до хвороб і шкідників, а також достатньо висока здатність адаптуватися до природно-кліматичних умов і забезпечувати значний урожай у різних кліматичних зонах. У сучасних умовах термін ефективного використання сортів обмежується 5–10-ма роками, оскільки створюються нові генотипи, які за всіма показниками перевищують своїх попередників. Виробничники, зазвичай, обирають для вирощування краще серед нових сортів рослин. З огляду на це, надзвичайно актуальними, як стверджує М. М. Гаврилюк, є питання своєчасного сортооновлення й сортозаміни (Povidomlennja NAAN Ukraїny, 2016).

За спеціалізованим словником термін «сортозаміна» визначається як: «повна планова заміна старого районованого сорту сільськогосподарської культури новим, продуктивнішим і ціннішим» (Bilodid, 1970, 1980). Нові сорти істотно перевищують старі за врожайністю. Тому, сортозаміну необхідно проводити швидко, упродовж одного, максимум двох років. При цьому скоріше і повніше використовуються біологічні й господарські переваги нового сорту, і разом з тим можна уникнути тиску хвороб, які супроводжували старий сорт. А поняття сортооновлення визначається як «заміна сортового насіння низьких репродукцій, у якого погіршилися сортові і біологічні якості, на насіння того самого сорту, але вищих репродукцій» (Symonenko, 2019). Це є також важливим елементом для технології вирощування пшениці.

Важливим є питання імунітету рослин. М. І. Вавілову належить головна роль у його дослідженні. Вчений вважав, що стійкість до патогенів сформувалася у процесі світової еволюції рослин під впливом довготривалого ураження збудниками хвороб (Vavilov & Dunin, 1946). Дослідник систематизував усі відомі типи стійкості рослин на дві категорії, які назвав пасивним, або механічним, і активним, або фізіологічним імунітетом. До пасивного імунітету він відніс: анатомо-морфологічні особливості рослин, що перешкоджають розвитку патогена; всі морфо-фізіологічні особливості рослин, які не є захисними реакціями на вторгнення паразита, тобто не виникають у відповідь на вторгнення паразитичного організму. Активний імунітет – це тип стійкості рослин, пов'язаний з активними фізіолого-біохімічними реакціями клітин і тканин, що виникають у рослинному організмі у відповідь на вторгнення паразита. Такий розподіл імунітету на типи існує і до нашого сьогодення (Jevtushenko et al., 2004). Фітоімунітет – система захисних реакцій рослин, спрямованих на протистояння інфекційним хворобам та підтримання структурної й функціональної цілісності організму. Функція імунітету проявляється у здатності розпізнавати й позбуватися паразитичних мікроорганізмів, протистояти інфекціям (Dmitriev, 2006). Тому фундаментальні дослідження за цим напрямком стали підґрунтям для селекції сортів сільськогосподарських культур, що є основою виникнення імунологічного методу захисту рослин.

Імунологічний захист рослин від грибних хвороб, який базується на упровадженні стійких сортів, є одним з найважливіших елементів стратегії контролю, оскільки не є затратним для виробника і знижує забруднення довкілля пестицидами та іншими біологічно активними речовинами

(Kljuchevich et al., 2017). Т. Д. Страхов сформулював теорію фізіологічного імунітету рослин до інфекційних хвороб в основу якої було покладено гіпотезу регресивних змін інфекційних структур (гіпоплазія, дегенерація і лізис міцелію) в тканинах рослин. Вчений підтвердив цю теорію для багатьох видів сажкових грибів зернових культур, бурої іржі та борошнистої роси пшениці з використанням добрив, мікроелементів, фітонцидів та різних фізичних і хімічних факторів, які здатні порушити фізіологічний обмін у рослинах і, тим самим, змінити у несприятливий бік умови існування паразита (Jevtushenko et al., 2004). Ним було доведено, що в тканинах рослин, стійких до хвороб, відбуваються регресивні зміни патогенних мікроорганізмів, які пов'язані з дією ферментів рослин (Shapiro et al., 1986).

Головним завданням своєчасного та ефективного захисту посівів є фітосанітарний моніторинг. Перше обстеження посівів озимої пшениці проводиться в осінній (сходи-кущення), наступні – у весняно-літній (кущіння-молочна стиглість зерна) та літній періоди (до повної стиглості). У ході осіннього моніторингу проводять контроль поширення і рівня розвитку корневих гнилей, борошнистої роси, септоріозу, бурої іржі та чисельності комах-фітофагів. У весняний період на особливому контролі знаходиться розвиток корневих гнилей, листових плямистостей, видів іржі, ріжок та шкідливих комах. Фітосанітарний моніторинг складається з системи обстежень, які дозволяють оцінити фізіологічний стан рослин, ступінь ураження їх хворобами та пошкодження комахами-шкідниками (Petrenkova et al., 2016). Фітосанітарний стан – це комплексна система, складовими якої є ряд взаємопов'язаних чинників. Ступінь розвитку збудників хвороб тісно пов'язана з фізіологічним станом рослин, наявністю першоджерела інфекції, фазою розвитку рослин, попередниками, системою обробітку ґрунту, строками сівби, умовами навколишнього середовища та технологією вирощування (традиційна чи органічна) (Petrenkova et al., 2016).

Грибні захворювання становлять основне обмеження для виробництва пшениці. В усьому світі найбільш загрозливими хворобами є три типи іржі (стеблова, листовая і смугаста), фузаріоз, борошниста роса, комплекс плямистостей (головним чином, септоріоз, *Septoria* spp.) (Singh et al., 2016). Хвороби насіння суттєво знижують урожай та якість посівного матеріалу й фуражного зерна (Petrenkova et al., 2014). Значні втрати продукції можуть спричинити хвороби вегетуючих рослин, з якими пов'язано 15–32 % пошкоджень (Gricjuk, 2013; Ret'man & Mihajlenko, 2008). Господарники органічного землеробства, зазвичай, не розглядають хвороби, як важливе обмеження у виробництві пшениці. Це частково пояснюється тим, що сучасні сорти мають високий рівень стійкості й як результат – тиск захворюваності, зазвичай, залишається низьким упродовж усього сезону. Крім того, зменшена кількість азотних добрив, ніж на звичайних полях, та відсутність застосування регуляторів росту на органічних полях також пов'язані зі зменшенням розвитку борошнистої роси (*Blumeria graminis* (DC) Speer.), бурої іржі (*Puccinia triticina* f. sp. *tritici* Rob. et Desm.), септоріозної плямистості (*Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt. In Cohn.) та фузаріозів (*Fusarium* spp.) (Anderson et al., 1991; Lafitte & Edmeades, 1994; Foulkes et al., 1998; Valizadeh et al., 2002).

Звичайна сажка (*Ustilago tritici* Pers.) – найсерйозніша хвороба пшениці у період з початку до середини 1900-х років, наразі ефективно контролюється за допомогою фунгіцидних

обробок насіння у традиційному землеробстві (Line, 2002). Однак, цей метод обробки заборонений стандартами органічної сертифікації. Таким чином, при органічному виробництві було б корисно для здоров'я сільськогосподарських культур, а також з економічної точки зору використовувати сорти, що володіють стійкістю або толерантністю до звичайної і карликової сажок (*Tilletia controversa* Kuhn.) (Blazkova & Bartos, 2002). Звичайна сажка може стати економічно руйнівним захворюванням для фермерів, що вирощують екологічно чисті продукти, якщо не буде розроблена ефективна органічна обробка насіння, або, якщо в сортів пшениці, що використовуються в органічних системах, відсутня генетично обумовлена стійкість (Wächter et al., 2007).

Роль генетичного різноманіття будь-якого біологічного виду очевидна, що було відмічено М. І. Вавиловим і викладено ним у ряді робіт з генетики імунітету (Vavilov, 1964; Vavilov, 1967). Він підкреслює необхідність виведення сортів пшениці з імунітетом до декількох захворювань. Ним доведено, що груповий імунітет виявився широко розповсюдженим явищем серед сортів і видів пшениці по відношенню до бурої, жовтої і стеблової іржі. Найбільш віддалені види пшениці, такі як однозернянка і *Triticum timopheevii* Zhuk. характеризуються найбільш вираженим імунітетом майже до всіх інфекційних захворювань. Це відкриття стало переломним етапом у генетичних дослідженнях, спрямованих на стійкість до дії фітопатогенних факторів. У 50–60-х рр. XX століття використовували стійкість *T. timopheevii* Zhuk. проти збудників стеблової іржі та борошнистої роси (Luk'janenko, 1972), *Agropyron elongatum* (Host) P. Beauv – до стеблової іржі (Knott, 1961). Крім того, стеблова іржа знову стала загрозою в Європі, і в 2018 році вона була виявлена у Великобританії після 60-річної відсутності (Lewis et al., 2018). Відомо, що лише нещодавно стадію статевий рекомбінації збудника смугастої іржі було виявлено на барбарисі та магонії (Zhaoh et al., 2016). З вивчених матеріалів у голандських органічних фермерів у пріоритеті сорти пшениці стійкі до жовтої іржі (*Puccinia striiformis* Wesst. (синонім *Puccinia glumarum* Erikss. et Henn.), коричневої іржі (*Urocystis tritici* Koern.) та фузаріозу, а потім борошнистої роси та септоріозної плямистості (*Septoria tritici* Rob. et Desm.). Звичайні (неорганічні) фермерські господарства також цікавляться стійкими сортами, але лише тоді, коли це дозволяє їм замінити або значно зменшити обробку фунгіцидами (Vanloqueren & Baret, 2008).

Відомо, що сільськогосподарські культури уражуються 284 видами токсиноутворюючих грибів, у яких виявлено 200 мікотоксинів. Найважливіші серед них – це 10 видів роду *Fusarium*, по 5 – родів *Aspergillus* і роду *Penicillium*, 2 – *Alternaria*, 3 – *Mucor*, які продукують 11 мікотоксинів (Monastyrskij, 2006; Nazarova et al., 2006).

Мікрофлора хворого колосся у Лісостепу України представлена сапрофітами й напівпаразитами, наймасовішими серед яких виступають наступні види грибів, які уражують як генеративні структури, так і зерно: *Cladosporium* sp., *Alternaria tenuissima* (Kunze) Wiltshire., *Acremonium charticola* (Lindau) W. Gams., *Fusarium culmorum* (W.G. Sm.) Sacc., *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc., *Rhizoctonia solani* Kuehn. та інші. У період формування зерна на колосі часто зустрічаються види *Rhizopus nigricans* Ehrenb., *Mucor racemosus* Fres., *Mucor mucedo* L. До кінця вегетації вони відзначаються значним розвитком збудників *Cladosporium herbarum* (Pers.) Link. чи *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. (Sanin, 2004).

Дослідження С. В. Ретьмана показали, що останнім часом на посівах повсюдно спостерігались септоріоз листків і колоса (збудники *S. tritici*, *Stagonospora nodorum* (Berk) Castellani & Germano), піренофороз (*Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechsler), бура листовка іржа (*Puccinia recondite* Rob. et Desm.), борошнеста роса (*E. graminis* (DC), фузаріоз колоса (*Fusarium* spp.) і сажкові хвороби (*Tilletia caries* Tul., *U. tritici* Pers., Jens.), кореневі гнилі (*Fusarium* spp. + *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem., *Pseudocercos-porella herpotrichoides* (Fron.) Deighton, *Gacumannomyces graminis* Arx. et Ol.) (Ret'man, 2010; Ret'man et al., 2014).

Серед сажкових хвороб, що уражують пшеницю, найбільш поширена тверда сажка, збудником якої на території України є гриб *T. caries* Tul., (*T. tritici*). Природними джерелами стійкості проти твердої сажки є однозернянки, двозернянки, тверда пшениця, а також тетраплоїдні пшениці *Triticum timopheevii* Zhuk., *T. persicum* Boiss. та гексаплоїдні – *T. spelta* L., *T. zhukovskyi* Menab. У дослідженнях Т. І. Мухи, Л. А. Мурашко, В. Я. Мар'юшкиної, які вивчали 143 сортів пшениці озимої різних селекційних центрів України за стійкістю проти твердої сажки виділилися сорт Ластівка (Селекційно-генетичний інститут), який не мав імунності до цього захворювання. Високу стійкість проти збудника твердої сажки виявили сорти Спасівка, Сотниця (Інститут фізіології рослин і генетики НАН України) та Відрадна (Білоцерківська дослідно-селекційна станція), які уражувалися цим збудником відповідно на 0,5–4,5 %. Решта сортів були сприйнятливими до ураження твердою сажкою (Muha et al., 2020).

Летюча сажка (*Ustilago tritici* Pers.) поширена в усіх зонах вирощування пшениці, ячменю, жита. Шкідливість її полягає в тому, що уражені рослини не утворюють зерна, надземна маса їх на 30–40 % менша, ніж здорових. Хвороба виявляється під час виколоскування. При цьому в пшениці майже всі частини колоса, крім стрижнів, перетворюються в рихлу чорну спорову масу ще до виходу з піхви листка. Уражений колос виходить з піхви спочатку вкритий тонкою прозорою оболонкою, крізь яку добре видно чорну масу теліоспор. Зараження пшениці, відбувається під час цвітіння, іноді можливе і після цвітіння. Сприяють ураженню посівів підвищена вологість повітря і високі температури (+18...+24 °C) у фазі цвітіння (ALFA Science). Можна стверджувати, що погодно-кліматичні умови Лісостепу сприяють розвитку збудника, зокрема, й у північно-східному регіоні.

Також поширена така хвороба як піренофороз (жовта плямистість). Збудник – *Pyrenophora tritici-repentis* (Died) Drechsler. Зустрічається на пшениці і деяких дикорослих злаках. Найбільш шкідливий у південних регіонах України. Хвороба широко поширена також і в інших регіонах, зокрема, у північно-східному Лісостепу, виявлена у Полтавській області (Ret'man et al., 2011). Проте, її діагностика пов'язана з труднощами, бо симптоми піренофорозу нагадують нетиповий септоріоз. Проявляється захворювання з обох сторін листя і листових піхв озимої пшениці та інших злакових культур у вигляді дрібних поодинких або численних плям овальної або округлої форми, жовтого або світло-коричневого забарвлення діаметром 2–5 мм. У центрі плями епідерміс злегка піднятий. За кольором вони не відрізняються від плям при септоріозі, але не утворюють пікнід. Гриб може викликати ураження колоскових лусок. Рослинні залишки і насіння, на яких зберігається міцелій, сумки з сумкоспорами в чорних псевдотеціях визначають як джерела інфекції

(SuperAgronom).

Кореневі гнилі проявляються під час осінньої вегетації, а також поширюються у період весняного куцання і прогресують до молочно-воскової стиглості. Найбільш поширеними є звичайна коренева (гельмінтоспоріозна) гниль, фузаріозна, офіобольозна, церкоспорельозна та змішані фузаріозно-гельмінтоспоріозна та фузаріозно-церкоспорельозна кореневі гнилі (Mihal'chishena, 2019).

Збудником церкоспорельозної кореневої гнилі є недосконалий гриб *Pseudocercospora herpotrichoides* Fron., який з'являється на пшеничних полях в умовах дощової та холодної осені, теплої зими і прохолодної весни. Перші ознаки хвороби можна визначити за еліпсоподібними світлими плямами з коричневою облямівкою на стеблах. При інтенсивному розвитку цієї хвороби плями перетворюються на кільце, що оперізує стебло рослини пшениці. У період наливу зерна, коли стебло отримує додаткове навантаження від колоса, рослини починають ламатися і посіви вилягають (Muha et al., 2020). Захворювання виявляється всюди (Novohatka et al., 1983). Найбільшою шкоди в Україні завдає на Поліссі, у Західному і Центральному Лісостепу, в Степу на зрошенні. Хвороба викликає безладне вилягання рослин та ламкість стебел біля основи. Недобір урожаю зерна, залежно від інтенсивності розвитку хвороби і фази, в якій відбулося зараження рослини, може сягати 30 % і більше (Mihal'chishena, 2019).

Серед вивчених сортів пшениці відносну стійкість проти збудника корневих гнилей продемонстрували 68 сортів. Найкращими виявилися Лимарівна, Кармен, Збруч (Інститут фізіології рослин і генетики), Запашна, Овідій (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва), Либідь (Білоцерківська дослідно-селекційна станція), Ольжана (Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва) та Запорука, Княгиня Ольга, Задумка одеська, Красень (Селекційно-генетичний інститут), інтенсивність ураження яких становила від 3,3 до 8,4 % (Muha et al., 2020).

Звичайна коренева гниль – *Bipolaris sorokiniana* Shoem. Захворювання поширене всюди, але найбільшою шкоди завдає у степовій зоні та Лісостепу України за посушливих умов року, особливо на ярих зернових колосових злаках. Шкодочинність залежить від рівня розвитку хвороби, яка викликає зрідження посівів, пустоколосість або призводить до розвитку неповноцінного колоса з щуплим зерном (SuperAgronom). Хвороба більш інтенсивно розвивається на ослаблених рослинах, її шкідливість підвищується за умов посухи. За умов теплої (температура +20...+28 °C) та вологої погоди (вологість повітря понад 95 %) спостерігається загивання нижніх вузлів і вилягання рослин, тоді хворобу називають темно-бурою плямистістю. За таких умов патоген уражує колоски, проникає в перикарпій і ендосперм, викликає побуріння зародка (такі симптоми називають чорним зародком). Захворюванню сприяє м'яка зима, спочатку суха, потім волога погода, порушення сівозміни, пошкодження посівів низькими температурами (ALFA Science).

Збудником офіобольозної кореневої гнилі є сумчастий гриб *Gaeumannomyces graminis* Arx. et Ol. (син. *Ophiobolus graminis* Sacc.). Гриб інтенсивно розвивається при підвищеній вологості та температурі від +4 до +33 °C (оптимум +19–24 °C). Продуктивність уражених рослин знижується на 40 % і більше. Стійкі сорти відсутні. Іноді в комплексі з цим патогеном прикореневу гниль може викликати і збудник

– *Aureobasidium pullulans* Arnaud. Зберігається гриб на рештках уражених рослин у формі хламідоспор, що утворюються частіше у ланцюжках (LNZweb, 2019).

Збудником ризоктоніозної прикореневої гнилі (гострооблямівкова плямистість) є *Rhizoctonia solani* Kuehn. Поширена переважно в степовій та лісостеповій зонах України. У фазі сходів пшениці проявляється на колеоптилі й листових піхвах у вигляді окоподібних плям з чіткою червоно-коричневою облямівкою. Середина плями світліша, ніж при ураженні церкоспорельозом, але найчастіше має характерний дірчастий вигляд. У пізніші фази розвитку рослин ризоктоніоз виявляється на стеблах у вигляді еліпсоподібних плям з тонкою червоно-коричневою облямівкою. Розвитку хвороби сприяє тривала суха і холодна погода восени і навесні, утворення ґрунтової кірки. Найбільш інтенсивний розвиток ризоктоніозу відзначається у фазу трубкування рослин, коли в них активно формуються генеративні органи. Тому ураження в цей період негативно впливає на продуктивну кущистість, на кількість зерен у колосі (Rozora & Sekretar, 2017).

Ураження рослин фузаріозною кореневою гниллю викликають недосконалі гриби з роду *Fusarium*, але найчастіше – *Fusarium culmorum* Sacc., *F. graminearum* Shwabe., *F. gibbosum* Appel. et Woll., *F. oxysporum* Schlecht., *F. solani* Appel. et Woll. та інші. Найбільш інтенсивно коренева система уражується за надмірної вологості ґрунту або її різких коливаннях. Фузаріозна коренева гниль дуже шкідлива у фазі проростків, уповільнюючи їх ріст і розвиток. Хвороба викликає зріджування посівів і відмирання продуктивних стебел. Частина уражених стебел утворює недорозвинений колос з щуплим насінням, інколи спостерігається пустоколосість (Mihal'chishena, 2019).

Слід звернути увагу також на фузаріоз колосу, що спричиняється грибами роду *Fusarium*. Негативні наслідки ураження фузаріозом оцінюються як прямими втратами врожаю (трухлявість зерна, різний рівень щуплості), так і непрямыми (зниження врожаю внаслідок зрідження посівів, розвитку корневих гнилей, білоколосості, тобто різних патологій росту та розвитку рослин пшениці озимої) (Muha et al., 2020). Хвороба має широке розповсюдження в Україні, особливо за умов температури від +3 до +35 °C (оптимум становить +15–22 °C) та вологості ґрунту понад 40 % (Mihal'chishena, 2019).

Високостійких проти фузаріозу колосу сортів не виявлено, проте на штучному інфекційному фоні дослідникам вдалося виділити середньостійкі: Чорнява (4,4 %) (ІФРГ), Романтика (4,3 %) (БЦ ДСС), Миронівська ранньостигла (4,0 %) (МІП, ІФРГ), Герта (4,9 %) (Полтавська державна аграрна академія) та Благо (3,3 %) (ІР). Середній розвиток збудника фузаріозу колосу в розсаднику – 5,2 % (Muha et al., 2020).

Борошниста роса проявляється переважно на молодих, активно вегетуючих рослинах. Збудник захворювання – сумчастий гриб *B. graminis* (DC) Speer. (Muha et al., 2020). Хвороба спричинена біотрофним аскоміцетовим грибом і є однією з найбільш руйнівних хвороб пшениці у всьому світі (Wang et al., 2015). Шкодочинність борошнистої роси виявляється, насамперед, у зменшенні асиміляційної поверхні рослин і порушенні транспірації та фотосинтезу (Novahatka, 1983). В зерні зменшується вміст клейковини, білка і крохмалю (Krivchenko, 1980; Nekselä et al., 1990). В Україні борошниста роса поширена в усіх районах вирощування пшениці впродовж усієї вегетації рослин (Tribel', 2004). Істотно уражує

озиму пшеницю в умовах північно-східного Лісостепу (Os'tmachko et al., 2019). У дослідження вчених Т. І. Мухи, Л. А. Мурашко, В. Я. Мар'юшкиної, у середньому за два роки розвиток борошнистої роси на сортах пшениці озимої становив 17,0 %, бурої іржі – 7,0 %, септоріозу листя – 47,9 % (Muha et al., 2020). Залежно від вирощуваних сортів і кліматичних умов року від борошнистої роси гине 14–40 % рослин, що, у свою чергу, призводить до втрати 10–55 % урожаю (Kosilovich & Kononenko, 2010; Re'tman et al., 2014; Sandec'ka & Topchij, 2014). У науковій літературі прослідковується інформація про 70 генів стійкості та їхніх алелів щодо збудника борошнистої роси *B. graminis* (DC) Speer. sp. *tritici* Marchal (Babajanc & Babajanc, 2014). Ці гени були виявлені у 30 локусах (El Klifi et al., 2003; Somers et al., 2006). Серед зразків озимої пшениці з України стабільно високою стійкістю до борошнистої роси за високого потенціалу продуктивності вирізняються сорти Смуглянка, Переяславка, Фаворитка, Золотоколоса, Пивна, Ветеран (Afanas'jeva et al., 2015; Leonov, 2016).

Зросли також частки іржастих хвороб (16,8–22 %) і корневих гнилей (від 24–28 %), які дедалі частіше називають «хворобами сучасних систем землеробства» (Afanas'jeva, 2015). Гриби пшеничної іржі утворюють величезну кількість спор, які можуть розсіюватися вітром на великі відстані (Meyer et al., 2017a, 2017b; Visser et al., 2019).

Бура листовка іржа (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. et Desm.) вважається найпоширенішою серед усіх видів іржі. Збудник хвороби розвивається у всіх районах вирощування пшениці з помірною температурою та вологими умовами, тоді як збуднику стеблової іржі *P. graminis* f. sp. *tritici* (Pgt) сприяють теплі та вологі умови (Figueroa et al., 2018). У Європі смугаста іржа вже була виявлена на початку 1900-х рр. з кількома епідеміями, характеристикою рас і першим набором диференціальних ліній, встановлених у Німеччині на початку 1930-х рр. (Wan et al., 2017). У всьому світі були ідентифіковані різні лінії смугастої іржі, і кожна лінія представляє один або кілька тісно пов'язаних генотипів однієї раси (Ali et al., 2017). Це захворювання спричиняє зменшення асиміляційної поверхні та посилення транспірації рослин, що порушує водний баланс і призводить до передчасного відмирання листя та щуплості зерна. Втрати врожаю за ураження до 40 % становлять 3–4 ц/га, а понад 40 % – перевищують 10 ц/га (Jevtushenko et al., 2004). У масштабах земної кулі на сьогодні під загрозою епіфітотії іржастих хвороб знаходиться 65 млн га сільськогосподарських угідь (Peresipkin, 2000; Moskalec', 2015; Kohmetova & Atishova, 2012; Dermenko et al., 2013). Шкідливість іржастих хвороб полягає в тому, що, гриб розриває епідерміс рослин, утворюючи на ній величезну кількість пошкоджень покривної тканини, на зарубцювання яких вона витрачає значний запас енергетичних і пластичних речовин; викликає порушення фотосинтезу. Наслідком його впливу на рослини є зниження їх продуктивності, зимостійкості і посухостійкості (Jevtushenko et al., 2004). При сильному ураженні рослин бурою іржею у колоссях утворюється менше зерен, вони мають низьку абсолютну масу. Уражені рослини як правило, формують щупле насіння. Недобір урожаю може становити 15–20 % і більше. Чим раніше уражуються рослини іржею, тим більший недобір урожаю від хвороби (Peresipkin, 2000). Бура іржа є найпоширенішою з іржастих. Це специфічне захворювання пшениці, що зумовлює великий недобір урожаю особливо в зонах достатнього зволоження, в Поліссі і Лісостепу України (Tribel', 2004, Vlasenko et al., 2014). У Степу в умовах

зрошення також може спричиняти недобір 20–30 % урожаю зерна (Peresyupkin et al., 1990). На сьогодні відомо понад 40 генів стійкості до бурої іржі (*Lr*) (Lisova, 1999; McDonald & Linde, 2002). Відомо, що ефективними джерелами генів стійкості до збудника є дики види пшениці – *T. beoticum* Boss., *T. timopheevii* Zhuk., *T. durum* Derf., *T. monococcum* L., *A. squarrosa* L., *A. speltooides* Tausch., *A. elongatum* (Host) Neviski (Singh & Rajaram, 2002). Найефективніші гени стійкості до збудника бурої листкової іржі – *Lr9* і *Lr19*, інтрогресовані відповідно від *Aegilops* *bellulata* й *Agropyron* *elongatum* (Kirichenko & Petrankova, 2012).

Збудники септоріозів – недосконалі гриби з роду *Septoria*. На пшениці озимій зустрічаються *Septoria tritici* Rob. et Desm., *S. graminum* Desm., які уражують переважно листки і їх піхви. На відміну від інших видів, збудник *S. nodorum* Berk. уражує всі надземні органи, в тому числі й колосся (Walther, 1989; Markov, 1998; Jevtushenko et al., 2004). У Лісостепу та Поліссі України найбільш поширеною і шкодочинною є листкова форма септоріозу (*Septoria tritici* Rob et Desm.). Недобір урожаю від септоріозу може сягати понад 20 %. Шкодочинність септоріозу заключається в зниженні асиміляційної поверхні листя і, як наслідок, зниження врожаю. При сильному ураженні пшениці патогеном число зерен у колосі і маса їх зменшується на 22 % (Tapp, 1975). Високої інтенсивності септоріози набувають за умов тривалої вологої і вітряної погоди, опадів, особливо у період цвітіння-колосіння (Thomas et al., 1989). На території України септоріоз зустрічається майже скрізь, причому *S. tritici* спостерігається в усіх зонах вирощування, а *S. nodorum* та *S. graminum* поширюються в лісостеповій та поліській зонах (Petrenkova et al., 2004). Імунні до септоріозу сорти пшениці в Україні відсутні, однак більшість районуваних мають середню стійкість (Kovalishina, 2005, 2014). За морфотипом стійкішими до септоріозу є форми високо- чи середньорослі, пізньостиглі, безості, з інтенсивним нальотом на рослині. Саме такий екотип характерний для сортів з Північної та Західної Європи, а також з Полісся, західного Лісостепу України (Leonov et al., 2004; Lisovij & Lisova, 2015).

З даних фітосанітарного моніторингу Харківської обласної станції захисту рослин септоріоз починав поширення з 1988 року, а з 1998 року хвороба вже була зареєстрована в усіх районах області (Marjutin, 2002). Видовий склад грибів роду *Septoria* на посівах пшениці озимієї включає збудники – *S. tritici* Rob. et Desm. та *S. graminum* Desm. (Chernjaeva & Muraeva, 1992; Petrenkova et al., 2004).

Серед досліджуваних сортів пшениці озимієї виявлено й такі, що мають групову стійкість у різних сполученнях проти твердої сажки, кореневих гнилей, фузаріозу колосу, борошнистої роси, бурої іржі, септоріозу листя. Стійкими проти трьох хвороб були Сотниця, Кармен, Каланча (ІФРГ), Запорука, Задумка одеська (СГІ), Відрадна (БЦ ДСС), Запашна, Овідій (ІР); проти чотирьох хвороб – Лимарівна (ІФРГ), Спасівка, Славна, Наталка (ІФРГ, МІП), Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Селянка (СГІ), Либідь (БЦ ДСС), Ольжана (ІР). За стійкістю проти п'яти хвороб виявились сорти Волошкова (МІП, ІФРГ), Смуглянка (ІФРГ, МІП), Журавка одеська (СГІ) (Muha et al., 2020).

Стійкістю проти борошнистої роси та септоріозу листя відрізняються сорти Лимарівна (ІФРГ), Наталка, Смуглянка (ІФРГ, МІП), Волошкова (МІП, ІФРГ), Ластівка, Княгиня Ольга, Красень, Журавка одеська (СГІ), Либідь, Романтика (БЦ ДСС), Ольжана (ІР). Дослідження Г. М. Лісової показало, що

сорти Подолянка, Колумбія, Смуглянка були стабільно стійкими до дії збудника бурої іржі та борошнистої роси за різних епідеміологічних умов, їх можна використовувати у селекційному процесі як джерела стійкості (Lisovij & Lisova, 2004).

Стійкість сорту до патогенів мінлива у часі і просторі. Це пов'язано не тільки з особливостями і коефіцієнтом розмноження паразитів, а й з високою їх мутагенністю, до чого призводить надмірне застосування фунгіцидів (Singh & Rajaram, 2002; Lisovij & Lisova, 2004; Dermenko et al., 2013). При цьому харчова цінність зерна знижується на 20–25 %, а економічні втрати внаслідок такого «забруднення» можуть перевищувати 60 % загальних збитків (Monastyrskij, 2003).

Варто зазначити, що найперспективнішим, екологічно безпечним та економічно вигідним напрямом удосконалення інтегрованої системи захисту пшениці озимієї залишається вирощування сортів, стійких до шкідників і збудників хвороб. Саме цей напрям дає змогу без додаткових затрат мінімізувати втрати врожаю від шкідливих організмів та зменшити енерговитрати на 25–30 % (Eyal et al., 1973). Тому, потрібно враховувати сортові імунологічні властивості. Українські селекціонери активно займаються пошуком шляхів підвищення стійкості сортів пшениці м'якої озимієї.

Науковці Миронівського інституту пшениці займаються дослідженнями найпоширеніших й найбільш шкодочинних листових хвороб, серед яких: борошнеста роса, бура іржа та септоріоз листя. Проведені ними дослідження нових сортів пшениці озимієї показали, що ураження листовими хворобами було у межах від 3 до 15 %. Високу стійкість проти трьох хвороб (до 5 %) упродовж 2016–2019 рр. показали сорти МІП Ассоль, МІП Дніпрянка та Грація миронівська, які були занесені до Державного реєстру 2018 року. Високу стійкість проти двох хвороб (борошнеста роса та бура іржа) – до 5 % – показав сорт Вежа миронівська. Стійкістю (до 10 %) проти трьох хвороб відрізняються сорти Світанок миронівський, Миронівська слава, Балада миронівська та Естафета миронівська (Demidov et al., 2019). Тобто одним із найбільш ефективних способів, що не вимагають при вирощуванні сільськогосподарських культур збільшення витрат, залишається використання у виробництві стійких сортів (Дас'ко, 2019). Останніми роками істотно зросла кількість ідентифікованих генів і отримані дані про регуляцію їх активності різними захисними механізмами. Клонування генів, продукти яких відповідальні за регуляцію генів стійкості, відкриває додаткові можливості для реалізації нових стратегій захисту (Neklesa et al., 1990).

Висновки. Як свідчить аналіз, стійкі сорти виступають основним елементом імунологічного методу захисту і карантину рослин, зокрема за органічного землеробства. При цьому, жоден із методів захисту рослин не забезпечує такої окупності, як імунологічний. Як наслідок, істотно спрощується технологія вирощування та зменшуються енергозатрати завдяки вилученню певних операцій із системи захисту рослин. Актуальними питаннями в органічному землеробстві є дослідження імунологічних властивостей пшениці, біологічного захисту, фітосанітарного фітопатологічного моніторингу, процесу сортозаміни та сортооновлення. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні, поповнюється новими стійкими сортами. Актуальним питанням є проведення досліджень комерційних сортів пшениці м'якої озимієї в умовах північно-східного Лісостепу України щодо стійкості проти хвороб за органічної системи вирощування.

Подальші дослідження повинні охоплювати питання щодо моніторингу й встановлення етіології патогенного комплексу пшениці озимої та розробки і удосконалення ефекти-

вних заходів регулювання шкідливих організмів в агроценозах нетрадиційної (органічної) технології вирощування культури.

Бібліографічні посилання:

1. Goesaert, H., Brijs, K., Veraverbeke, W. S., Courtin, C. M., Gebruers, K., & Delcour, J. A. (2005). Wheat flour constituents: How they impact bread quality, and how to impact their functionality. *Trends in Food Science & Technology*, 16(1), 12–30. doi:10.1016/j.fochx.2020.100089.
2. Remeslo, V. M., & Sajko, V. F. (1975). Sortova agrotehnika pshenici [Varietal agricultural machinery of wheat]. *Urozhaj, Kiiv* (in Ukrainian).
3. Bakumenko, O. M., Os'machko, O. M., & Vlasenko, V. A. (2019). Kombinacijna zdattnist' sortiv pshenicy ozymoї Kryzhynka ta Smugljanka [Combination ability winter wheat varieties Kryzhynka and Smuhlyanka]. *VVP «Mrija-1», Sumy* (in Ukrainian).
4. National Geographic. What the world eats, (2019). Retrieved April 2009. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.nationalgeographic.com/what-the-world-eats/>
5. Ekonomichnyj dyskusijnyj klub (2016). Dinamika ta perspektivi rozvutku rinku organichnoї produkciї v sviti ta v Ukraїni [Dynamics and prospects of development of the market of organic products in the world and in Ukraine.]. <http://edclub.com.ua/analityka/dynamika-ta-perspektyvy-rozvytku-rynku-organichnoyi-produkciyi-v-sviti-ta-v-ukrayini> (in Ukrainian).
6. Seufert, V., Ramankuttyab, N., & Mayerhofer T. (2017). What is this thing called organic? – How organic farming is codified in regulations. *Food Policy*, (68)11, 10–20. doi:org/10.1016/j.foodpol.2016.12.009/.
7. Fedorenko, V., & Ret'man, S. (2009). Aktual'ni pitannya zahystu posiviv. [Current issues of crop protection]. *Karantyn i zahyst roslyn*, (3), 1–5 (in Ukrainian).
8. Karen M Nielsen, (2019). Organic Farming. *Encyclopedia of Ecology*, (4)2, 550–558. doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.10603-7
9. Litterick, A. M., & Watson, C. A. (2017). Organic Farming. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, (3)2, 311–317. doi:10.1016/B978-0-12-394807-6.00004-6.
10. Lammerts van Bueren, E. T., Struik, P. C., & Jacobsen, E. (2002). Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 50, 1–26.
11. Murphy, K. M., Campbell, K. G., Lyon, S. R., & Jones, S. S. (2007). Evidence of varietal adaptation to organic farming system. *Field Crops Research*, 102, 172–177.
12. Wolfe, M. S., Baresel, J. P., Desclaux, D, Goldringer, I., Hoad, S., Kovacs, G., & Lammerts van Bueren, E. T. (2008). Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica*, 163, 323–346.
13. Shamanin, V., Salina, E., Wanyera, R., Zelenskiy, Y., Olivera, P., & Morgounov, A. (2016). Genetic diversity of spring wheat from Kazakhstan and Russia for resistance to stem rust Ug99. *Euphytica*, (212)10, 287–296. doi: 10.1007/s10681-016-1769-0
14. Vologdina, G., & Zamlila, N. (2006). Produktivnij proces ta adaptivnist' u novih sortiv ta linij pshenicy ozimoї [Production process and adaptability in new varieties and lines of winter wheat]. *Visnyk Bilocerkivs'kogo NAU*, 37, 154 (in Ukrainian).
15. Povidomlennja NAAN Ukraїny (2016). Naukovci Akademii' – pro stvoreni nymy vysokovrozhajni sorty ta gibrydy sil'skogospodars'kyh kul'tur i perspektyvy ukrai'ns'kogo agropromyslovogo kompleksu. [Scientists of the Academy - about the high-yielding varieties and hybrids of agricultural crops created by them and the prospects of the Ukrainian agro-industrial complex]. [Electronic resource]. Access mode: <http://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=2683> (in Ukrainian).
16. Bilodid, I. K. (ed.) (1970–1980). *Slovník ukraїns'koї movi: v 11 tt.* [Dictionary of Ukrainian language: in 11 vols]. *Naukova dumka, Kiev* (in Ukrainian).
17. Symonenko, T. V. (2019). Sortoonovlennja ta sortozamina – shljah do pidvishhennja efektyvnosti viroshhuvannja sil'skogospodars'kih kul'tur [Variety renewal and variety replacement – a way to increase the efficiency of growing crops]. [Electronic resource]. Access mode: <https://pereyaslav-rda.gov.ua/news/2019/9933-sortoonovlennia-ta-sortozamina-shliakh-do-pidvyschennia-efektyvnosti-vyroshchuvannia-silskohospodars'kykh-kulturn> (in Ukrainian).
18. Vavilov, N. I., & Dunin, M. S. (1946). *Immunogenez i ego praktičeskoe ispol'zovanie* [Immunogenesis and its practical use]. *Latgosizdat, Riga* (in Russian).
19. Jevtushenko, M. D., Panteleev, V. K., Sijusarenko, O. M., & Lisovij, M. P. (2004). *Imunitet roslyn* [Plant immunity]. *Kolobig, Kiiv* (in Ukrainian).
20. Dmitriev, O. P. (2006). *Sekreti roslinnogo imunitetu* [Secrets of plant immunity]. «Svitogljad», 2(4), 55–57 (in Ukrainian).
21. Ključevich, M. M., Moskalec', V. V., & Moskalec', T. Z. (2017). Ocinka urazhennja sortiv tritikale ozimogo zbudnikami gribnih hvorob [Rating lesions of winter triticale varieties by fungal pathogens]. *V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Organichne virobništvo i prodovol'ča bezpeka. ZhNAEU, Zhitomir* (in Ukrainian).
22. Shapiro, I. D., Vilkova, N. A., & Slepjan, Je. I. (1986). *Imunitet rasteńij k vrediteljam i boleznjam* [Plant immunity to pests and diseases]. *Agropromizdat, Leningrad* (in Russian).
23. Petrenkova, V. P., Luchna, I. S., & Borovs'ka, I. Ju. (2016). Zalezhnist' fitosanitarnogo stanu posiviv pshenicy ozimoї vid pogodnih umov [Dependence of phytosanitary condition of winter wheat crops on weather conditions]. *Visnyk Centru naukovogo zabezpečennja agropromyslovogo virobništva Harkivs'koї oblasti*, 20, 60–68 (in Ukrainian).
24. Singh, R. P., Singh, P. K., Rutkoski, J., Hodson, D. P., He, X., Jørgensen, L. N., Hovmøller, M. S., & Huerta-Espino J. (2016). Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control. *Annual Review of Phytopathology*, (54)1, 303–322. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095835>

25. Petrenkova, V. P., Chernjaeva, I. R., Markova, T. Ju., Vus, E. A., & Klimenko, I. I. (2014). Fitosanitarnij stan [Phytopathological condition]. *Karantin i zahist roslin*, 8, 6–8 (in Ukrainian).
26. Gricjuk, N. V. (2013). Stijkist' sortiv pshenici ozimoï proti fuzarioznoï infekcii zariznih strokiv urazhennja [Resistance of winter wheat varieties against fusarium wilt infection]. *Karantin i zahist roslin*, 10, 2-3 (in Ukrainian).
27. Ret'man, S. V., & Mihajlenko, S. V. (2008). Ozima pshenicia: zahist posiviv vid hvorob [Winter wheat: protection of crops from diseases]. *Karantin i zahist roslin*, 11, 1–4 (in Ukrainian).
28. Foulkes, M. J., Sylvester-Bradley, R., & Scott, R. K. (1998). Evidence for differences between winter wheat cultivars in acquisition of soil mineral nitrogen and uptake and utilization of applied fertilizer nitrogen. *Journal of Agricultural Science*, 130, 29–44.
29. Valizadeh, G. R., Rengel, Z., & Rate, A. W. (2002). Wheat genotypes differ in growth and phosphorus uptake when supplied with different sources and rates of phosphorus banded or mixed in soil in pots. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42, 1103–1111.
30. Anderson, W. K., Seymour, M., & D'Antuono, M. F. (1991). Evidence for differences between cultivars in responsiveness of wheat to applied nitrogen. *Australian Journal of Agricultural Research*, 42, 363–377.
31. Lafitte, H. R., & Edmeades, G. O. (1994). Improvement for tolerance to low soil nitrogen in tropical maize. II. Grain yield, biomass production, and N accumulation. *Field Crops Research*, 39, 15–25.
32. Line, R. F. (2002). Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review. *Annual Review of Phytopathology*, 40, 75–118.
33. Blazkova, V., & Bartos, P. (2002). Virulence pattern of European bunt samples (*Tilletia tritici* and *T. laevis*) and sources of resistance. *Cereal Research Communications*, 30, 335–342.
34. Wächter, R., Waldow, F., Müller, K. J., Spiess, H., Heyden, B., Furth, U., & Koch, E. (2007). Charakterisierung der Resistenz von Winterweizensorten und – zuchtlinien gegenüber Steinbrand (*Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*). *Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz*, 59 (2), 30–39.
35. Vavilov, N. I. (1964). Problemy immuniteta kul'turnyh rastenij [Problems of immunity of cultivated plants]. *Izbrannye trudy*, 4. Nauka, Leningrad (in Russian).
36. Vavilov, N. I. (1967). Nauchnye osnovy selekcii pshenicy [Scientific bases of wheat selection]. *Izbrannye proizvedeniya*, 2. Nauka, Leningrad (in Russian).
37. Luk'janenko, P. P. (1972). Dostizhenija i perspektivy v selekcii ozimoy pshenicy [Achievements and prospects in the selection of winter wheat]. *Tez. Doklada II sezda VOGiSim. N. I. Vavilova. Nauka, Moskva* (in Russian).
38. Knott, D. R. (1961). The inheritance of rust resistance. IV. The transfer of stem rust resistance from *Agropyron elongatum* to common wheat, 1, 147.
39. Lewis, C. M., Persoons, A., Bebbler, D. P., Kigathi, R. N., Maintz, J., Findlay, K., Bueno-Sancho, V., Corredor-Moreno, P., Harrington, S. A., Kangara, N., Berlin, A., Garcia, R., Germán, S. E., Hanzalová, A., Hodson, D. P., Hovmöller, M. S., Huerta-Espino, J., Imtiaz, M., Mirza, J. I., & Saunders, D. G. O. (2018). Potential for re-emergence of wheat stem rust in the United Kingdom. *Communications Biology*, 1(1), 13. doi: 10.1038/s42003-018-0013-y
40. Zhao, J., Wang, M., Chen, X., & Kang, Z. (2016) Role of alternate hosts in epidemiology and pathogen variation of cereal rusts. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 207–228.
41. Vanloqueren, G., & Baret, P. V. (2008). Why are ecological, low-input, multi-resistant wheat cultivars slow to develop commercially? A Belgian agricultural 'lock in' case study. *Ecological Economics*, 66, 436–446.
42. Monastyrskij, O. A. (2006). Toksinoobrazujushhie griby i mikotoksin [Toxin-forming fungi and mycotoxin]. *Zashhita i karantin rastenij*, 11, 8–10 (in Russian).
43. Nazarova, L. N., Motovilina, A. A., Korneva, L. G., & Sanin, S. S. (2006). Progressirujushhie bolezni ozimoy i jarovoy pshenicy [Progressive diseases of winter and spring wheat]. *Zashhita i karantin rastenij*, 7, 12–14 (in Russian).
44. Sanin, S. S. (2004). Vlijanie vrednyh organizmov na kachestvo zerna [Influence of harmful organisms on grain quality]. *Zashhita rastenij*, 11, 14–18 (in Russian).
45. Ret'man, S. V. (2010). Pljamistosti ozimoï pshenici. Poshirennja shkidlivist' ta konceptual'ni osnovi zahistu [Spots of winter wheat. The spread of malware and the conceptual framework of protection]. *Koloobig, Kiiv* (in Ukrainian).
46. Ret'man, S. V., Kislih, T. M., & Shevchuk, O. V. (2014). Dinamika rozvitku hvorob listja pshenici ozimoï [Dynamics of winter wheat leaf disease]. *Karantin i zahist roslin*, 10, 6–8 (in Ukrainian).
47. Muha, T. I., Murashko, L. A., & Mar'jushkina, V. Ja. (2020). Sorti pshenici ozimoï iz grupovoju stijkistju proti hvorob dlja Lisostepu Ukraini [Varieties of winter wheat with group resistance to diseases for the Forest-Steppe of Ukraine]. *Agronom*, 2, 64–66 (in Ukrainian).
48. ALFA Science. Enciklopedija shkidlivih ob'ektiv (Hvorobi zernovih kolosovih kul'tur). Letjucha sazhka. [Electronic resource]. Access mode: https://alfasmartagro.com/alfa-science/harmful_objects/diseases_cereals/letyucha_sazhka/ (in Ukrainian).
49. SuperAgronom / Pirenoforoz, zhovta pljamistist' [Yellow leaf spot]. [Electronic resource]. Access mode: <https://superagronom.com/hvorobi-grib/pirenoforoz-jovta-plyamistist-pshenitsya-id16372> (in Ukrainian).
50. Ret'man, S. V., Shevchuk, O. V., & Gorbachova, N. P. (2011). Hvorobi listja i kolosa [Diseases of leaves and ears]. *Karantin i zahist roslin*, 4, 25–27 (in Ukrainian).
51. Mihal'chishena, N. A. (2019). Korenevi gnili zernovih kul'tur [Root rot of cereals]. [Electronic resource]. Access mode: <https://consumerhm.gov.ua/1278-korenevi-gnili-zernovikh-kultur> (in Ukrainian).
52. Novohatka, V. G., Vlasenko, V. A., & Doroshenko, N. V. (1983). K izucheniju ustojchivosti sortoobrazcov ozimoy pshenicy k kornevoj gnili *Cercospora herpotrichoides* Fron. (Selekcija i osobennosti agrotehniki pshenicy) [To study the resistance of winter

wheat cultivars to root rot *Cercospora herpotrichoides* Fron. (Selection and features of wheat farming techniques)]. Sb. nauch. tr. Mironovskij NII sel. i semen. pshen, 110–114 (in Russian).

53. SuperAgronom. Zvichajna koreneva gnil' [Common root rot]. [Electronic resource]. Access mode: <https://superagronom.com/hvorobi-grib/zvichajna-koreneva-gnil-pshenitsya-yariy-yachmin-id16356> (in Ukrainian).

54. ALFA Science. Enciklopedija shkidlivih ob'ektiv (Hvorobi zernovih kolosovih kul'tur). Zvichajna koreneva gnil'. [Electronic resource]. Access mode: https://alfasmartagro.com/alfa-science/harmful_objects/diseases_cereals/zvichajna_koreneva_gnil/ (in Ukrainian).

55. LNZweb (2019). Ofiobul'ozna koreneva gnil' [Ofiobolic root rot]. [Electronic resource]. Access mode: <https://lnzweb.com/ru/blog/of-obolozna-koreneva-gnil> (in Ukrainian).

56. Rozora, L., & Sekretar, J. (2017). Vchasna diagnostika jak zasib poperedzhennja intensivnogo rozvitku korenevih gnilej zernovih kul'tur [Timely diagnosis as a means of preventing the intensive development of root rot of cereals]. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.syngenta.ua/news/zernovi/vchasna-diagnostika-yak-zasib-poperedzhennja-intensivnogo-rozvitku-korenevih-gniley> (in Ukrainian).

57. Wang, Z., Li, H., Zhang, D., Guo, L., Chen, J., Chen, Y., Wu, Q., Xie, J., Zhang, Y., Sun, Q., Dvorak, J., Ming-cheng, L., & Zhiyong, L. (2015). Genetic and physical mapping of powdery mildew resistance gene MIHLT in Chinese wheat landrace Hulutou. *Theor Appl Genet*, 128, 365–373. doi: 10.1007/s00122-014-2436-2

58. Novohatka, V. G. (1983). Sozdanie ishodnogo materiala dlja selekcii ozimoi pshenicy, ustojchivogo k muchnistoj rose (*Erysiphe graminis* Ds. F. Sr. *tritici* Magshal.) [Creation of a source material for selection of the winter wheat steady against a powdery mildew (*Erysiphe graminis* Ds. F. Sr. *tritici* Magshal)]. *Nauchnye trudy Mironovskogo instituta pshenicy imeni V. M. Remesla*, 9, 116–126 (in Russian).

59. Krivchenko, V. I. (1980). Izuchenie ustojchivosti zlakovyh kul'tur k muchnistoj rose : metodicheskie ukazanija [Study of the resistance of cereals to powdery mildew: guidelines.]. Leningrad, 78 (in Russian).

60. Neklesa, N. P., Bystrickaja, V. N., & Srizhekozina, Ju. A. (1990). Prognoz srokov pojavlenija muchnistoj rosy, ee vredonosnosti i zashhita ozimoi pshenicy ot boleznej: rekomendacii [Forecast of the timing of the appearance of powdery mildew, its harmfulness and protection of winter wheat from diseases: recommendations]. Moskva, 23 (in Russian).

61. Tribel, S. O. (2004). Stijki sorti. Radikal'ne rozv'jazannja problemi zmeshennja vtrat urozhaiv vid shkidlivih organizmiv [Resistant varieties. Radical solution to the problem of reducing crop losses from pests]. *Karantin i zahist roslin*, 6, 6–7 (in Ukrainian).

62. Os'machko, O. M., Vlasenko, V. A., Bakumenko, O. M., Je, Tao, & Oshomok, T. V. (2019). Ocinka stijkosti do boroshnistoї rosi zrazkiv *Triticum aestivum* L. [Estimation of resistance to powdery mildew of samples of *Triticum aestivum* L.]. 4th WWSRRN CIMMYT v umovah pivnichno-shidnogo lisostepu Ukraini. *Genetichni resursi roslin*, 24, 74 (in Ukrainian).

63. Kosilovich, G. O., & Kononenko, Ju. M. (2010). Porivnjal'na charakteristika genetichnoi strukturi populacii zbudnika boroshnistoї rosi jachmenju v Lisostepu Ukraini [Comparative characteristics of the genetic structure of the population of the pathogen of barley powdery mildew in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Mizhvidomchij tematichnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 56, 81–89 (in Ukrainian).

64. Ret'man, S. V., Kislih, T. M., & Shevchuk, O. V. (2014). Karlikova sazhka pshenici ozimoї [Dwarf smut of winter wheat]. *Karantin i zahist roslin*, 2, 1–3 (in Ukrainian).

65. Sandec'ka, N. V., & Topchij, T. V. (2014). Efektivnist' sumisnogo zastosuvannja fungicidiv i pozakorenevoї obrobki dobrivami v zahisti ozimoї pshenici vid gribnih zahvorjuvan' [The effectiveness of the combined use of fungicides and foliar fertilization in the protection of winter wheat from fungal diseases]. *Fiziologija rastenij i genetika*, (46), 2, 171–178 (in Ukrainian).

66. Babajanc, O. V., & Babajanc, L. T. (2014). Osnovy selekcii i metodologija ocenok ustojchivosti pshenicy k vzbuditeljam boleznej [Fundamentals of selection and methodology for assessing the resistance of wheat to pathogens]. VMV, Odessa (in Russian).

67. El Klifi, Oum., Chamlal, Hakita, Sharma, Hari & Benhabib, Ouafac. (2003). Interspecific cross between durum wheat and *Aegilops geniculata* to transfer resistanceto bassian fly (*Mayetiola destructor* Say.). *Acta bot. malas*, 28, 149–154.

68. Somers, D. J., Fedak, G., Clarke, J. & Wenguang, C. (2006). Mapping of FHB resistance QTLs in tetraploid wheat. *Genome*, 49, 586–1593.

69. Afanas'eva, O. G., Golosna, L. M., Lisova, G. M., Bojko, I. A., & Kucherova, L. O. (2015). Donori ta dzhherela stijkosti pshenici ozimoї proti osnovnih zbudnikov gribnih hvorob [Donors and sources of resistance of winter wheat against the main pathogens of fungal diseases]. *Mizhvidomchij tematichnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 61, 30–39 (in Ukrainian).

70. Leonov, O. Ju. (2010). Zakonomirnosti pojavu oznaki stijkosti do boroshnistoї rosi sered zrazkiv genofondu pshenici m'jakoї [Regularities of manifestation of the sign of resistance to powdery mildew among the samples of the gene pool of bread wheat]. *Zbirnik naukovih prac' SGI-NCNS*, 6(56), 208–220 (in Ukrainian).

71. Afanas'yeva, O. G. (2015). Stijkist' sortozrazkiv pshenici ozimoї proti zbudnika cercosporel'ozu [Resistance of winter wheat cultivars against the pathogen cercosporiosis]. *Karantin i zahist roslin*, 6, 35 (in Ukrainian).

72. Meyer, M., Burgin, L., Hort, M. C., Hodson, D. P., & Gilligan, C. A. (2017a). Large scale atmospheric dispersal simulations identify likely airborne incursion routes of wheat stem rust into Ethiopia *Phytopathology*, 107(10), 1175–1186. doi: 10.1094/PHYTO-01-17-0035-FI

73. Meyer M., Cox J. A., Hitchings M. D. T., Burgin L., Hort M. C., Hodson D. P., & Gilligan C. A. (2017b). Quantifying airborne dispersal routes of pathogens over continents to safeguard global wheat supply *Nat. Plants* 3(10), 780–786. doi: 10.1038/s41477-017-0017-5

74. Visser, B., Meyer, M., Park, R. F., Gilligan, C. A., Burgin, L. E., Hort, M. C., Hodson, D. P., & Pretorius, Z. A. (2019). Microsatellite analysis and urediniospore dispersal simulations support the movement of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* from southern

Africa to Australia *Phytopathology*, 109(1), 133–144. doi: 10.1094/phyto-04-18-0110-r

75. Figueroa, M., Hammond-Kosack, K. E., & Solomon, P. S. (2018). A review of wheat diseases—a field perspective. *Molecular Plant Pathology*, 19(6), 1523–1536. doi: 10.1111/mpp.12618

76. Wan, A., Wang, X., Kang, Z., & Chen, X. (2017) Variability of the Stripe Rust Pathogen. In: Chen X., Kang Z. (eds) *Stripe Rust*. Springer, Dordrecht., 35–154. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1111-9_2

77. Ali, S., Rodriguez-Algaba, J., Thach, T., Sørensen, C. K., Hansen, J. G., & Lassen, P. (2017) Yellow rust epidemics worldwide were caused by pathogen races from divergent genetic lineages. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1057. doi: 10.3389/fpls.2017.01057

78. Moskalec', T. V., Kljukevich, M. M., & Moskalec', V. V. (2015). Stijkist' ozimih tritikale i pshenici m'jakoï proti Puccinia recondite Dietel & Holw [Stability winter triticale and bread wheat against Puccinia recondite Dietel & Holw]. *Karantin i zahist roslin*, 6, 1–3 (in Ukrainian).

79. Dermenko, O. P., Panchenko, Ju. S., & Gavriljuk, L. L. (2013). Zahist pshenici ozimoï vid buroï listkovoï irzhi [Protection of winter wheat from brown leaf rust]. *Karantin i zahist roslin*, 5, 9–11 (in Ukrainian).

80. Kohmetova, A. M., & Atishova, M. N. (2012). Identifikacija istochnikov ustojchivosti k steblevoj rzhavchine pshenicy s ispol'zovaniem molekularnykh markerov [Identification of sources of resistance to stem rust of wheat using molecular markers]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*. 16(1), 132–141 (in Russian).

81. Peresipkin, V. F. (2000). Sil's'kogospodars'ka fitopatologija [Agricultural phytopathology]. *Agrarna osvita*, Kiïv (in Ukrainian).

82. Vlasenko, V. A., Os'machko, O. M., & Bakumenko, O. M. (2014). Stijkist' sortiv pshenici ozimoï proti buroï irzhi v umovah pivnichno-shidnogo Lisostepu Ukraïni [Resistance of winter wheat varieties against brown rust in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine]. *Tezi dopovidej derzhavnoï nauk.-prakt. konf. Novitni tehnologii v roslinnictvi*. BNAU, Bila Cerkva (in Ukrainian).

83. Peresyppkin, V. F., Kirik, N. N., & Lesovoj, M. P. (1990) *Bolezni sel'hohozjajstvennykh kul'tur* [Diseases of agricultural crops]. (T.1). Urozhaj, Kiev (in Russian).

84. McDonald, B. A., & Linde, C. (2002). Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 40(1), 349–379.

85. Lisova, G. M. (1999). Markeri geniv stijkosti pshenici proti zbudnika buroï irzhi i ih vikoristannja pri stvorenni sortiv, stijkih proti hvorobi [Markers of genes for resistance of wheat against the pathogen of brown rust and their use in the creation of varieties resistant to disease]. *Zahist roslin*, 11, 10–11 (in Ukrainian).

86. Singh, R. P., & Rajaram, S. (2002). Breeding for disease resistance in wheat. In: *Bread wheat. Improvement and production*. FAO plant production and protection series. Rome, 30, 141–156.

87. Kirichenko, V. V., & Petrenkova, V. P. (2012). ta inshi. Osnovi selekcii pol'ovih kul'tur na stijkist' do shkidlivih organizmiv [Fundamentals of selection of field crops for resistance to pests], Harkiv (in Ukrainian).

88. Jevtushenko, M. D., Marjutina, F. M., Turenko, V. P., Zherebko, V. M., & Sekun, M. P. (2004). *Fitofarmakologija* [Phytopharmacology]. *Vishha osvita*, Kyiv (in Ukrainian).

89. Walther, H. (1989). Septoria – Resistenz als quantitative und stadienbedingte Resistenz. *Slechteni psenice na odolnost proti chorobam: sbornic referatu s porady o slechteni psenice na rezistenci proti chorobam, konane ve Srupicich ve dnech 14–16. 3. 1988 v ramci tristzanne spoluprace ve slechteni psenice, NDR-PLR-CSSR-Stupice*, 71–98.

90. Markov, I. L. (1998). *Praktikum iz sil's'kogospodars'koï fitopatologii* [Workshop on agricultural phytopathology]. Urozhaj, Kiïv (in Ukrainian).

91. Tarr, S. (1975). *Osnovy patologii rastenij* [Fundamentals of plant pathology]. Mir, Moskva (in Russian).

92. Thomas, M. R., Cook, R. J., & King, J. E. (1989). Factors affecting development of Septoria tritici in winter wheat and its effect on yield. *Plant Pathol.*, (38)4, 246–257. doi: 10.1016/0168-1699(94)90022-1

93. Petrenkova, V. P., Chernjaeva, I. M., Chernobaj, L. M., & Vus, Je. A. (2004). Vihidnij material dlja selekcii ozimoï ta jaroï pshenici do septoriozu [Source material for selection of winter and spring wheat for septoria]. *Visnik HNAU*, Harkiv, 5, 83–86 (in Ukrainian).

94. Petrenkova, V. P., Chernjaeva, I. M., & Markova, T. Ju. (2004). Nasinnieva infekcija pol'ovih kul'tur [Seed infection of field crops]. *Naukovi praci Institutu roslinnictva im. V. Ja. Jur'eva*, Harkiv (in Ukrainian).

95. Kovalishina, G. M. (2014). Stijkist' sortiv pshenici ozimoï proti hvorob [Resistance of winter wheat varieties against diseases]. *Mizhvidomchij tematicnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 60, 151–158 (in Ukrainian).

96. Kovalishina, G. M. (2005). Harakteristika Mironivs'kih sortiv ozimoï pshenici zastijkistju shhodo hvorob [Characteristics of Myronivka varieties of winter wheat resistant to diseases]. *Mizhvidomchij tematicnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 51, 43–49 (in Ukrainian).

97. Leonov, O. Ju., Zaharova, N. M., Strel'cova, I. B., Moroz, N. V., & Babushkina, T. V. (2004). Skrining kolekcii ozimoï m'jakoï pshenici za stijkistju do septoriozu (Septoria tritica Rob. Et Desm.) [Screening of winter soft wheat collection for resistance to septoria (Septoria tritica Rob. Et Desm.)]. *Selekcija ta nasinnictvo*, 88, 9–11 (in Ukrainian).

98. Lisovij, M. P., & Lisova, G. M. (2015). Shljahi zmini patogenosti gribiv – zbudnikov hvorob roslin [Ways to change the pathogenicity of fungi – pathogens of plant diseases]. *Mizhvidomchij tematicnij zbirnik zahist i karantin roslin*, 61, 8–197 (in Ukrainian).

99. Marjutin, F. M., & Ravashdeh, Z. B. (2002). Septoriozna pljamistist' listja [Septoria leaf spot]. *Zahist roslin*, 8, 4–5 (in Ukrainian).

100. Petrenkova, V. P., Rabinovich, S. V., Chernjaeva, I. M., & Chernobaj, L. M. (2004). Genetichna stijkist' ozimoї ta jariї pshenic' do listovih hvorob [Genetic resistance of winter and spring wheat to leaf diseases]. Selekciya i nasinnictvo: mizhvid. temat nauk. Zbirnik, 88, 116–127 (in Ukrainian).

101. Chernjaeva, I. N., & Muraeva, E. V. (1992). Poisk istochnikov ustojchivosti dlja selekcii septoriozoustojchivyh sortov ozimoi pshenicy [Search for sources of resistance for breeding septoria-resistant varieties of winter wheat]. Tez. dokl. Mezhdun. semin: Upravlenie geneticheskoi izmenchivost'ju sel'skozajstvennyh rastenij, Jalta, 52–53 (in Russian).

102. Lisovij, M. P., & Lisova, G. M. (2004). Osoblivosti stijkosti prirodnihi fitocenozi protipatogenu ta shljahi її vikoristannja v selekcii sil'skogospodars'kih kul'tur [Features of resistance of natural phytocenoses of antipathogen and ways of its use in selection of agricultural crops]. zb. tez dop. mizhnar. nauk.-prakt. konf Integrovanih zahist roslin na pochatku. Kolobig, Kiiv 673–678 (in Ukrainian).

103. Lisovij, M. P., & Lisova, G. M. (2004). Metodichni osnovi stvorennja sztuchnih infekcijnih foniv patogeniv v selekcii na stijkist' [Methodical bases of creation of artificial infectious backgrounds of pathogens in selection on resistance]. Mizhvidomchij tematchnij zbirnik zahist i karantin roslin, 50, 41–51 (in Ukrainian).

104. Monastyrskij, O. A. (2003). Biozashhita zernovyh kul'tur ot toksikogennyh mikroorganizmov [Bioprotection crops from toxicogenic microorganisms]. Zashhita i karantin rastenij, 2, 5–8 (in Russian).

105. Eyal, Z., Amiri, Z., & Wahl, J. (1973). Physiologic specialization of *Septoria tritici*. *Phytopathology*, (63), 1087–1091. doi: 10.1094/Phyto-63-1087.

106. Demydov, O., Muha, T., & Gumenjuk, O. (2019). Stijkist' novih sortiv ozimoї pshenici proti listkovih hvorob [Resistance of new varieties of winter wheat against leaf diseases]. «Propozycja», 9. [Electronic resource]. Access mode: <https://propozitsiya.com/ua/stiykist-novyh-sortiv-ozymoi-pshenicy-proti-lystkovyh-hvorob>

107. Dac'ko, L. V. (2019). Stijkist' novih sortiv roslin do starih hvorob [Resistance of new plant varieties to old diseases]. [Electronic resource]. Access mode: <http://integro.co.ua/stijkist-novyh-sortiv-roslin-do-starih-hvorob/>

Bashlai A. G., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Vlasenko V. A., Doctor (Agricultural Sciences), Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

REACTION OF WINTER WHEAT PLANTS TO PHYTOPATHOGENS IN THE PROJECTION ON ORGANIC AGRICULTURE

Wheat is one of the important cereals consumed by human being. The potential loss of the harvest from the complex of pests in crops is 37 %. Modern agriculture is heading towards the production of eco-friendly products meaning that the organic sector of agriculture has a rapid development. The certified organic agricultural land area in our country as of 2015 was 410.6 thousand hectares, and the global land area is only 1 %. Current trends of the development of organic technology of wheat cultivation were considered, its features were defined. The main diseases (types of root rot, leaf spots, including septoria, powdery mildew, types of rust, smut, fusarium wilt etc.) and the problems associated with them, that hinder the development of global organic production have been detected. The diseases of growing plants that are linked with the damage of 15–32 % will cause product losses. The essence of the terms "phytosanitary condition", "plant immunity", "variety replacement" was described. It is determined that the most radical, most promising, environmentally safe and cost-effective way to improve the integrated system of winter wheat protection is the cultivation of varieties that are resistant to pests and pathogens. Our analysis confirms that resistant varieties have proven to be the main advantage of immunological method of plant protection and quarantine. They are considered as the basics of organic technology. Knowledge of plant protection mechanisms against pathogens is increasing significantly. As a result, the number of identified genes and data on the regulation of their activity by various defense mechanisms is growing. Unconventional cultivation technology stimulates the search for new methods, techniques and measures. The main prospects and directions of improvement of the domestic organic sector are substantiated.

The state register of plant varieties suitable for distribution in Ukraine is being updated with new varieties. The issue of conducting research on commercial varieties of bread winter wheat in the conditions of the north-eastern Forest-Steppe of Ukraine under the organic system of cultivation in relation to disease resistance remains relevant.

Key words: plant immunity, cultivar, pathogens, organic farming technology, strain renovation, variety replacement.

Дата надходження до редакції: 29.12.2019 р.