

**СЕЛЕКЦІЯ ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ НА СТІЙКІСТЬ ДО НЕСПРАВЖНЬОЇ
БОРОШНИСТОЇ РОСИ В УМОВАХ ЗМІНИ РАС ПАТОГЕНА**

Боровська І. Ю., Коломацька В. П., Сивенко В. І., Кириченко В. В., Петренкова В. П.
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, Україна

За результатами десятирічного (2007–2016 рр.) фітосанітарного моніторингу установлено частоту прояву несправжньої борошнистої роси соняшнику в умовах східної частини Лісостепу України. Виявлено коливання рівня розповсюдження хвороби та оцінено потенціал шкідливості хвороби за максимальними (17,5–100 % уражених рослин) і середніми показниками. Високий рівень ураження на рівні 11,3–30,7 % відмічено в умовах 2010, 2014, та 2016 рр., що характеризувались надлишком опадів (більше середньої багаторічної на 14,0–42,4 мм). В умовах більшості років (восьми із десяти) рівень ураження знаходився в межах 1,4–3,3 %. Це пов'язано з особливостями умов року, що підтверджено тісним зв'язком між середнім ($r = 0,93$) та максимальним ($r = 0,74$) по досліду значенням розповсюдженості хвороби і сумою опадів. Для зазначених показників і середньомісячної температури встановлено зворотний характер взаємозв'язку ($r = -0,55$).

Виявлено динаміку зміни рас патогенна, за реакцією рослин ліній-диференціаторів на ураження патогеном визначено появу 732 раси несправжньої борошнистої роси соняшнику. Показано ефективність поєднання фітопатологічної оцінки селекційного матеріалу щодо стійкості до патогена в польових умовах у роки з широким розповсюдженням і масовим ураженням рослин хворобою з безперервною щорічною лабораторною оцінкою до вірулентних рас у зимовий період. Виділено 33 лінії відновники фертильності пилку соняшнику різних груп стиглості, які характеризуються стійкістю до трьох рас збудника несправжньої борошнистої роси (330, 730, 732), різноманіттям прояву морфологічних ознак і є цінними для селекційних програм зі створення нових конкурентоспроможних гібридів.

Ключові слова: соняшник, лінія, стійкість, селекція, несправжня борошниста роса, розповсюдженість, раса

Вступ. Посів будь-якої польової культури як штучно створений людиною агробіоценоз у порівнянні із природними біоценозами характеризується зниженою здатністю протистояти впливу негативних чинників через порушення біологічної рівноваги системи патоген – рослина-живитель. Саме тому фітопатогенні мікроорганізми завдають значної шкоди виробництву, втрати урожаю від яких сягають понад 30,0 %–50,0 %, коли масове ураження рослин носить епіфітотійний характер. Окрім селекції стійких сортів, велике значення має дослідження фізіологічних особливостей впливу фітопатогенних мікроорганізмів на рослину в системі рослина-живитель – патоген. Важливим також є розроблення ранньої діагностики впливу патогенів на рослину і визначення механізмів її імунітету.

Аналіз літературних даних, постановка проблеми. Мінливість характерна для збудників хвороб будь-якої етіології (грибів, вірусів) і є однією з ключових проблем у селекції на імунітет. Джерелом мінливості є зміни в соматичних та генетичних структурах під впливом різноманітних зовнішніх факторів. Оскільки рослини є для фітопатогенів як живильним субстратом, так і середовищем для мешкання, то ці фактори діють на організм патогена не тільки безпосередньо, а й опосередковано через рослину-живителя. Мінливість призводить до виникнення нових патогенних форм, що спричиняє втрату сортами стійкості. Тому селекція сільськогосподарських культур має проводитися на стійкість проти певних типів патогена (рас), існуючих на теперішній час.

Несправжня борошніста роса соняшнику (*Plasmopara helianthi* Novot. f. *helianthi*, син. *Plasmopara halstedii* Berl.) є одним із високошкідливих патогенів. На генетично незахищених гібридах соняшнику втрати урожаю від ураження збудником несправжньої борошністої роси можуть сягати 0,3-0,8 т/га. Расовий склад збудника постійно змінюється під селективним тиском штучного добору імунних та стійких ліній і гібридів. Так, у дослідженнях з визначення расового складу *P. helianthi* встановлено, що на межі ХХ тисячоліття більш поширеною на значних територіях була 330 (європейська) раса, а на період 2004–2005 рр. домінуюче положення в популяції (65,0 % виділених ізолятів) зайняла більш вірулентна 710. Раса 730 мала незначне розповсюдження (3,7–8,7 % виділених ізолятів) [1, 2, 3, 4]. Але у країнах Західної Європи і США 730 раса набула найбільшого поширення [5]. На думку Бурлова В. В. в Україну дана раса була, скоріш за все, інтродукована з іноземним насінним матеріалом з наведених вище країн у 2005 році [6]. На той час ним був визначено на півдні України 310 расу. Станом на 2011 рік у світі було визначено, щонайменше 18 рас несправжньої борошністої роси (100, 300, 304, 307, 314, 330, 700, 703, 704, 710, 711, 714, 717, 721, 730, 731, 770, ...) [2].

Класичними методами визначення генетичних основ вертикальної стійкості є ідентифікація генів, встановлення відомостей щодо расового складу популяції збудника та використання ізолятів найбільш поширених та домінуючих рас у процесі інокуляції [7].

Щодо генетичного контролю стійкості до цієї хвороби існує думка як про полігенний [8], так і моногенний її характер. Кращі результати можна було б отримати при поєднанні в одному генотипі обох типів стійкості. Так чи інакше, розвиток інфекції зумовлений генетичною конституцією рослини-живителя. Соняшник та несправжня борошніста роса мають типові взаємовідносини "ген-на-ген", коли для кожного гена вірулентності патогена існує відповідний ген стійкості рослини-живителя. Якщо генотип має ефективний ген стійкості, інфекцію буде зупинено у місці проникнення шляхом обширної загибелі клітин у тканинах інфікованого гіпокотилу [9]. Це явище було визначено як реакція гіперчутливості (HR – «hyper sensitive reaction») [10]. Молекулярні механізми HR вмикають активацію гена глутатіон-пероксидази [11] та «*hsr230J*»-подібного гена [12]. Коли каскад активований, багаточисельні ланки ряду пов'язаних процесів відбуваються у апоптозі клітин – збільшуються показники дихання, продукування окису азоту і активних форм кисню, що призводить до окислювального вибуху [13].

Гени стійкості до несправжньої борошністої роси було виявлено у дикорослих видів соняшнику, деякі з яких було використано як донори. Так, ген *Pl₆* було перенесено з дикорослого еко типу *H. annuus* [14], *Pl₅* – з *H. tuberosus*, *Pl₇* – з *H. praecox*, *Pl₈* та *Pl_{arg}* – з *H. argophyllus*. На теперішній час відомо 11 – 15 *Pl* генів стійкості до патогена, локалізація кожного з яких встановлена на SSR генетичній карті [13].

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи було виділення стійкого до збудника несправжньої борошністої роси вихідного матеріалу для використання в селекційних програмах. Не тільки складовими, але і нагальною необхідністю для цього є фітосанітарний моніторинг стану посівів щодо даного збудника і ідентифікація рас, які є відправною точкою в селекції на стійкість.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на полях наукової сівозміни Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН. Обліки стійкості зразків соняшнику до збудника несправжньої борошністої роси проведено у колекційному розсаднику ліній-відновників фертильності пилку (1200 ліній) лабораторії селекції та генетики соняшнику та в умовах провокаційного фону інфекційного розсадника лабораторії імунітету рослин до хвороб та шкідників. Провокаційний фон створювали скороченою ротацією культури (чотирирічна сівозміна) [15]. Обліки проводили у фазі утворення кошика, коли зовнішній вигляд між рослинами, ураженими I-III формами дифузного типу збудником несправжньої борошністої роси і здоровими рослинами не викликає сумнівів. Стійкість зразків соняшнику до хвороби визначали за показниками розповсюдженості хвороби, за відношенням частки уражених рослин до всіх, що були обліковані [16]. Імунологічну характеристику надавали за часткою ураження зразка і віднесенням його до певного балу [17].

У зимовий період у лабораторії імунітету рослин до хвороб та шкідників проведено оцінку зразків за стійкістю до зазначеного патогена з використанням експрес-методу [18]. Ізоляцію збудника проводили з уражених рослин падалиці соняшнику. Інокулюм розмножували на сприйнятливих зразках. Ідентифікували раси *P. helianthi* за реакцією на зараження проростків триплетного набору ліній–диференціаторів [6], отриманих з колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України.

Окрім стійкості, визначали морфологічні і біологічні ознаки ліній соняшнику, а саме групу стиглості, висоту рослин і тип галузнення [19, 20]. Зазначені ознаки виділених за стійкістю до несправжньої борошнистої роси ліній описували за наступними балами: висота рослин – бал 3 низька (60–100 см), бал 5 – середня (101–140 см), бал 7 – висока (141–180 см); тип галузнення: бал 1 – біля основи, бал 3 – по всій висоті, бал 5 – біля верхівки.

Обґрунтування впливу метеорологічних показників подано з використанням загальноприйнятих методик [21]. Для аналізу експериментальних даних використано методи варіаційного та кореляційного аналізів, проведених за комп'ютерною програмою «Microsoft Office Excel».

Обговорення результатів. Впродовж 2007–2016 рр. в умовах східної частини Лівобережного Лісостепу України розповсюдження збудника несправжньої борошнистої роси на зразках соняшнику, які досліджували в інфекційному розсаднику, відмічали щорічно, окрім 2007 та 2013 рр. (рис. 1).

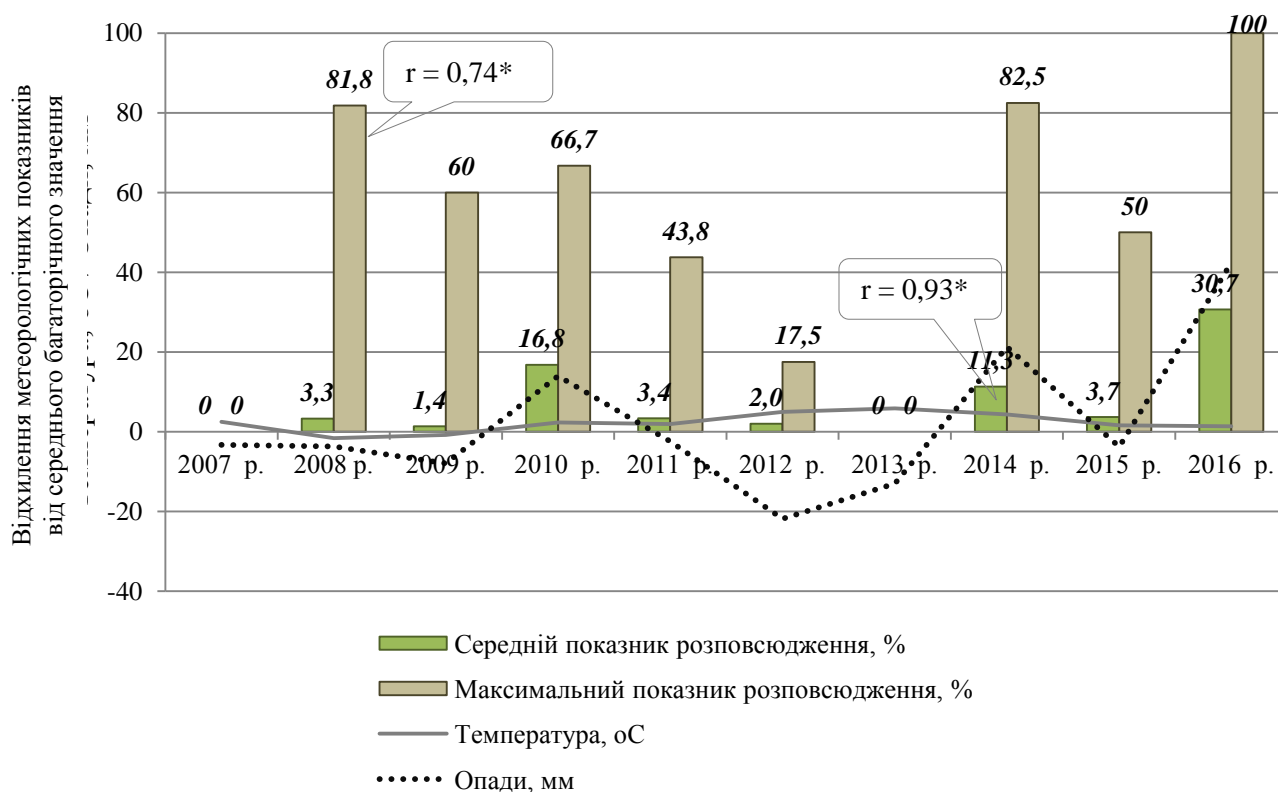


Рис. 1. Динаміка розповсюдження несправжньої борошнистої роси соняшнику та відхилення метеорологічних показників 2007–2016 рр. від середніх багаторічних. Примітка. $r = 0,93^*$ – коефіцієнт кореляції між середнім значенням розповсюдженості НБР і сумою опадів; $r = 0,74^*$ – коефіцієнт кореляції між максимальним значенням розповсюдженості НБР і сумою опадів.

Максимальний показник розповсюдженості несправжньої борошнистої роси коливався від 17,5 % уражених рослин в умовах 2012 року до 100 % в умовах 2016 року. Такі показники підкреслюють значний потенціал шкідливості цієї хвороби. За середніми показниками ураження в роки досліджень найвищий їх рівень відмічено у 2010, 2014, та 2016 рр. (11,3–30,7 %). Умови цих років відрізнялись надлишком опадів – більше серед-

нього багаторічного показника на 14,0–42,4 мм. Це також підтверджує рівень і напрям коефіцієнтів кореляції між середнім ($r = 0,93$) та максимальним ($r = 0,74$) по досліджуваному значенням розповсюдженості хвороби і сумою опадів. Зв'язок середнього рівня і негативного напрямку ($r = -0,55$) встановлено для зазначених показників і середньомісячної температури.

У цілому схема селекційної проробки вихідного матеріалу щодо несправжньої борошністої роси, як представника біотрофів не відрізняється від стандартної і полягає у виділенні стійких ліній (рис. 2).



Рис. 2. Схема оцінки селекційного матеріалу до збудника несправжньої борошністої роси

Особливостями визначення стійкості ліній до даного збудника є нерозривність фітопатологічної оцінки у польових умовах у роки з широким розповсюдженням і масовим ураженням рослин хворобою з безперервною щорічною оцінкою селекційного матеріалу взимку. Об'єктивну оцінку стійкості до цього патогена можна отримати лише за умов штучного зараження у контрольованих умовах лабораторії. Це дозволяє виділяти стійкі лінії і залучати їх до схрещування вже на наступний вегетаційний період культури.

Аналізуючи результати оцінювання ліній – відновників фертильності пилку соняшнику за стійкістю до збудника несправжньої борошністої роси у польових умовах, виявлено, що в цілому колекція ліній соняшнику мала майже однаковий розподіл зразків за групами стійкості як у 2008, так і в умовах 2009 рр. (рис. 3).

За загальною характеристикою кількісного розподілу ліній за стійкістю у 2009 році виявлено підвищення на 4,3 % частки ліній з дуже високою стійкістю порівняно з величиною 2008 року (92,1 %).

Виявлено незначне зниження (на 2,3 %) частки лінійного матеріалу в групі ліній з високою стійкістю (бал 7) в умовах 2009 року (5,8 % проти 3,5 %). Невелику різницю між кількістю ліній виявлено в групі середньостійких (бал 5): в умовах 2008 року – 1,6 %, а в умовах 2009 року – 0,08 %. Низькою стійкістю (бал 3) до хвороби характеризувались 0,5 % ліній тільки в умовах 2008 року. Серед колекції ліній соняшнику з дуже низькою стійкістю

(бал 1) до збудника несправжньої борошнистої роси як в умовах 2008 року, так і в умовах 2009 року, не виявлено.

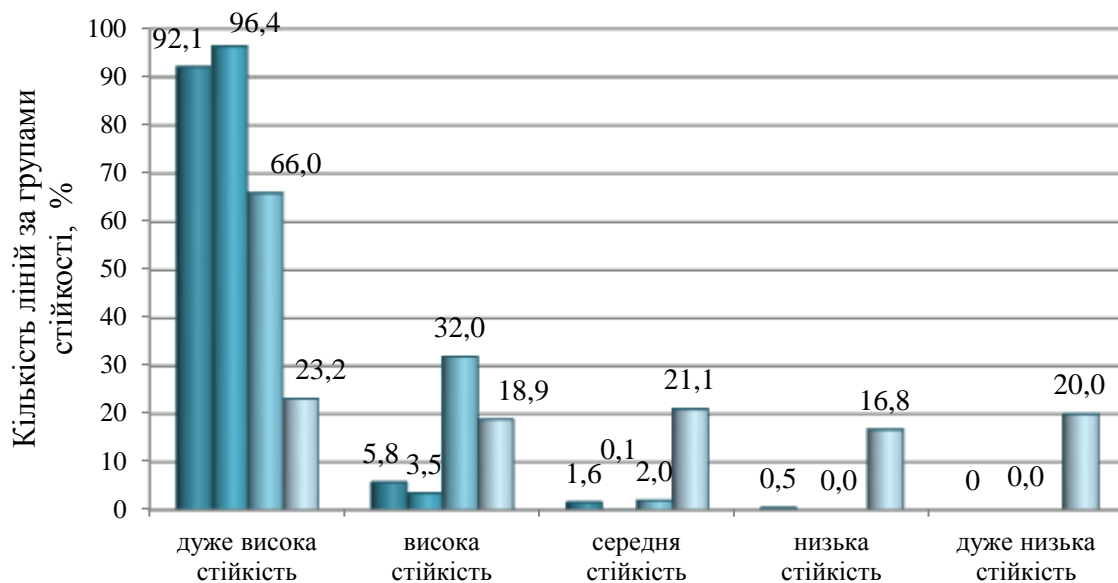


Рис. 3. Розподіл ліній соняшнику за групами стійкості до збудника несправжньої борошнистої роси, природний фон, 2008–2009, 2014, 2016 рр.

У 2014 та 2016 рр. виявляли зразки без симптомів ураження соняшнику хворобою. Середні показники розповсюдженості зросли більше, ніж у п'ять разів в умовах 2016 року (46,9 %) проти значення 2014 року (8,19 %). Максимальний показник поширеності хвороби на рослинах соняшнику в 2016 році сягнув 100 % і був вищим за попередній у два рази. Такі високі показники середнього і максимального рівня розповсюдженості свідчать про епіфітотійний розвиток несправжньої борошнистої роси у 2016 році.

Якщо в умовах 2008–2009 рр. досліджувані лінії соняшнику мали подібний розподіл за групами стійкості, то в умовах 2014 і 2016 рр., він значно змінився. Так, у 2014 році спостерігалось зміщення основної кількості зразків (66,0 %) у групу з дуже високою стійкістю (бал 9), а в умовах 2016 року кількість ліній з балом 9 знизилась втричі і становила лише 23,2 %.

Також тенденцію до зменшення зразків майже вдвічі відмічено і в групі високостійких (бал 7) від 32,0 % у 2014 році до 18,9 % у 2016 році. Значне підвищення середніх показників розповсюдження в умовах 2016 року викликало підвищення кількості середньостійких (бал 5) зразків у цій групі в 10 разів – від 2,0 % в умовах 2014 року до 21,1 % в умовах 2016 року). Низьку (бал 3) та дуже низьку (бал 1) стійкість до збудника несправжньої борошнистої роси серед ліній колекції соняшнику в умовах 2008–2009 рр. не виявляли. Підвищення рівня інфекційного фону несправжньої борошнистої роси в умовах 2016 року спровокувало збільшення групи зразків з низькою (бал 3) та дуже низькою (бал 1) стійкістю на 16,8 % та 20,0 % відповідно.

Щодо фітопатологічної оцінки вихідного матеріалу у лабораторних умовах, то поряд з охопленням значної кількості зразків через неконтрольований природний процес утворення нових рас несправжньої борошнистої роси, кожна наступна з яких є більш вірулентною, нами за допомогою триплетного набору ліній-диференціаторів щорічно проводилось визначення належності виділених ізолятів до відповідних рас патогена. За отриманими даними ми пропонуємо ймовірну картину появи рас збудника несправжньої борошнистої роси соняшнику в умовах східної частини Лісостепу України, а саме Харківської області (рис. 4).

Так, за результатами досліджень, які проводили в лабораторії імунітету до хвороб та шкідників ІР НААН в умовах східної частини Лісостепу України, до 2006 року найбільш поширеною була раса 330 [22, 23, 24].

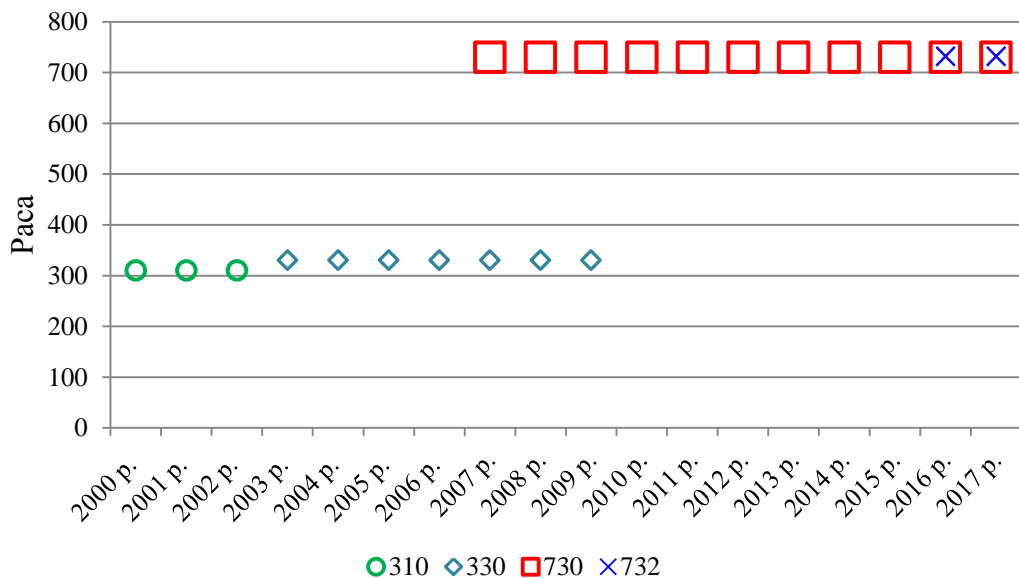


Рис. 4. Динаміка змін у появі рас несправжньої борошнистої роси, 2003–2017* рр.
Примітка. 2017 р.*– прогноз розповсюдження на 2017 рік.

Влітку 2007 року вперше було виділено ізолят збудника, ідентифікований як 730 раса, яка є більш вірулентною за попередню, а вже у 2009–2010 рр. погодні умови сприяли масовому ураженню ліній і гібридів соняшнику, у яких генетичний контроль стійкості був відсутній [25]. З 2010 року пануюче положення займала раса 730. Весною 2016 року за реакцією рослин на ураження патогеном тест-набору ліній-диференціаторів, а саме лінії НАR-5 з третього набору триплета, було визначено 732 расу (табл. 3).

Таблиця 3

Триpletний код визначення рас збудника несправжньої борошнистої роси з реакцією ліній на ураження збудником

Лінія-диференціатор	Раса збудника <i>Plasmopara helianthi</i> (Nov.)										
	100 (1)	300 (2)	700 (3)	730 (4)	770 (5)	732 (6)	332 (7)	710 (8)	330 (9)	701 (10)	733 (11)
Набір 1											
НА 300 (RNA 288)	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
RNA-265	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
RNA-274 (носії Pl_a , Pl_2 , Pl_6)	R	R	S	S	S	S	R	S	R	S	S
Набір 2											
DM-2 (носії Pl_2 , Pl_5)	R	R	R	S	S	S	S	S	S	R	S
PM-17	R	R	R	S	S	S	S	R	S	R	S
803-1	R	R	R	R	S	R	R	R	R	R	R
Набір 3											
НАR-4 $Pl_{r+?}$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
НАR-5 $Pl_{g+?}$	R	R	R	R	R	S	S	R	R	R	S
НА 335 $Pl_{6+?}$	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

Примітка. S – сприйнятливі; R – стійкі

На підставі характеру поширення 730-ої раси, ми висуваємо гіпотезу про поширення 732 раси на наступний сезон 2017 року.

За співставленням результатів оцінювання зразків соняшнику в польових та лабораторних умовах на стійкість до збудника несправжньої борошнистої роси виділено 33 лінії, які характеризуються стійкістю до трьох рас патогена – 330, 730 і 732 (табл. 4).

Таблиця 4

Характеристика морфологічних ознак ліній соняшнику, виділених за стійкістю до трьох рас (330, 730, 732) збудника несправжньої борошнистої роси, 2014–2016 рр.

Лінія	Висота рослини, бал*	Тип галуження, бал*	Лінія	Висота рослини, бал*	Тип галуження, бал*
Скоростигла					
X 44-13 В	7	3	X 49-13 В	7	5
X 47-13 В	7	3	X 50-13 В	7	3
Ранньостигла					
X 14-13 В	7	–	X 55-13 В	5	5
X 16-13 В	7	–	Ф/о 14-109 В	7	3
X 24-13 В	7	1	X 14-73 В	7	3
Середньорання					
X 06-134 В	5	5	X 49-13 В	5	5
X 06-135 В	5	–	X 51-13 В	7	3
X 10-13 В	5	5	X 56-13 В	7	–
X 13-13 В	7	3	X 57-13 В	7	–
X 37-13 В	5	3	X 59-13 В	7	–
X 38-13 В	7	–	X 60-13 В	3	3
X 39-13 В	5	–	X 62-13 В	7	–
X 40-13 В	5	–	Ф/о 14-103 В	7	3
X 41-13 В	5	3	Ф/о 14-105 В	5	–
X 42-13 В	7	3	Ф/о 14-108 В	5	–
X 43-13 В	3	1	X 14-74 В	5	–
X 45-13 В	5	3	–	–	–

Примітка. *– згідно методики UPOV.

Переважна більшість виділених ліній- відновників фертильності пилку соняшнику (23 шт.) належить до середньоранньої групи стиглості, чотири лінії – до скоростиглої і шість – до ранньостиглої. Вони характеризуються різноманітним типом галуження (1–5 балів) і висотою рослин (3–7 балів). Так, висота скоростиглих ліній коливається в межах 141–180 см, вони мають розташування кошиків по всій висоті (бал 3), окрім лінії X 49-13 В, яка має скупчення кошиків біля верхівки (бал 5). Серед шести ранньостиглих ліній лише одна (X 55-13 В) має середню висоту (101–140 см), решта п'ять – високі. Дві з них, лінії X 14-13 В і X 16-13 В однокошикові. У лінії X 24-13 В кошики розташовані біля основи стебла (бал 1), у двох ліній Ф/о 14-109 В та X 14-73 В бічні кошики знаходяться по всій висоті і у лінії X 55-13 В – біля верхівки. Серед середньоранніх ліній тільки X 43-13 В та X 60-13 В відносяться до низькорослих (60–100 см, бал 3), 12 з них мають середню висоту (101–140, бал 5) та дев'ять є високорослими (141–180 см, бал 7). Серед них 11 є однокошиковими, лінія X 43-13 В відрізняється галуженням біля основи стебла, вісім з них розгалужені по всій висоті (3 бали) і три лінії – X 06-134 В, X 10-13 В, X 49-13 В галузяться біля верхівки (5 балів).

Висновки. За результатами оцінки фітосанітарного стану посівів соняшнику в умовах східної частини Лісостепу України впродовж 2007–2016 рр. встановлено частоту прояву однієї з поширених хвороб соняшнику – несправжньої борошнистої роси. Виявлено коливання рівня розповсюдження хвороби та оцінено потенціал шкідливості хвороби за максимальними (17,5–100 % уражених рослин) і середніми показниками. Високий рівень ураження на рівні 11,3–30,7 % відмічено в умовах трьох років (2010, 2014, та 2016 рр.), що характеризувались надлишком опадів. У восьми із десяти років рівень ураження знаходився в межах 1,4–3,3 %, що пов'язано з особливостями умов року та підтверджено тісним зв'язком між середнім ($r = 0,93$) та максимальним ($r = 0,74$) по досліді значенням розповсюдженості хвороби і сумою опадів. Для зазначених показників і середньомісячної температури встановлено зворотний характер взаємозв'язку ($r = -0,55$).

Визначено, що до 2006 року найбільш поширеною була раса 330. З 2010 року пануюче положення зайняла раса 730. В умовах затяжної надмірно вологої весни 2016 року за реакцією рослин на ураження патогеном ліній-диференціаторів визначено 732 расу. За характером поширення 730-ої раси запропоновано прогноз поширення 732 раси на сезон 2017 року, за сприятливих умов для розвитку патогена.

У результаті дослідження показано ефективність поєднання оцінки зразків для селекції соняшнику на стійкість до несправжньої борошнистої роси у польових умовах у роки з широким розповсюдженням і масовим ураженням рослин хворобою з безперервною щорічною оцінкою селекційного матеріалу до вірулентних рас у зимовий період в умовах лабораторії.

Виділено 33 лінії-відновники фертильності пилку соняшнику різних груп стиглості, які характеризуються стійкістю до трьох рас (330, 730 і 732) збудника несправжньої борошнистої роси, різноманіттям прояву морфологічних ознак і є базою для створення нових стійких гібридів.

Список використаних джерел

1. Ахтулова Е. М. Биоэкологические особенности возбудителя ложной мучнистой росы в связи с селекцией подсолнечника на устойчивость к болезни в условиях Центральной Черноземной зоны России: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство, 06.01.11 – защита растений / Ахтулова Елена Михайловна. Санкт-Петербург, 2009. 24 с.
2. Шкорич Д., Сейлер Д. Дж., Лью Жао и др. Генетика и селекция подсолнечника: международная монография. Х.: НТМТ, 2015. 540 с.
3. Ивевбор М. В. Идентификация рас возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах северного Кавказа и выделение устойчивого к ним исходного материала для селекции: автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.01.05 – селекция и семеноводство / Ивевбор Мария Вячеславовна. Краснодар, 2009. 24 с.
4. Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Головин А. В. и др. К вопросу о расовой принадлежности возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника на Северном Кавказе. Научно-техн. бюл. ВНИИМК. 2000. Вып. 123. С. 21–23.
5. Tourvieille de Labrouhe D., Gulya T. J., Rashid Y. K., Viranyi F. New nomenclature of race of *Plasmopara halstedii* (Sunflower Downy Mildew). In: 15th International Sunflower Conference, Toulouse, France. 2000. V. 2. P. 161–166.
6. Бурлов В. В., Бабаянц Л. Т. Расы *Plasmopara halstedii* Berl. На півдні України та ефективність до них *Pl* генів. Селекція і насінництво. 2005. Вип. 90. С. 157–161.
7. Крючкова Л. О., Нежигай Л. М., Чеченева Т. М. Генетичні основи стійкості пшениці до грибних хвороб. Физиология и биохимия культурных растений. 2010. Т. 42. № 3. С. 202–209.
8. Tourvieille de Labrouhe D., Serre F., Walser P., Roche S., Vear F. Quantitative resistance to downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in sunflower (*Helianthus annuus*). Euphytica. 2008. № 164 (2). P. 433–444.
9. Gulya T. J., Sackston W. E., Viranyi F., Maširević S., Rashid K. Y. New races of the sunflower

- er downy mildew pathogen (*Plasmopara halstedii*) in Europe and North and South America. *Phytopathology*. 1991. № 132(4). P. 303–311.
10. Mouzeyar S., Tourvieille de Labrouhe D., Vear F. Histopathological studies of resistance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to downy mildew (*Plasmopara halstedii*). *Phytopathology*. 1993. № 139. P. 289–297.
 11. Herbette S., Lenne C., de Labrouhe D. T., Drevet J. R., Roeckel-Drevet P. Transcripts of sunflower antioxidant scavengers of the SOD and GPX families accumulate differentially in response to downy mildew infection, phytohormones, reactive oxygen species, nitric oxide, protein kinase and phosphatase. *Physiol. Plant*. 2003. № 119(3). P. 418–428.
 12. Radwan O., Mouzeyar S., Venisse J. S., Nicolas P., Bouzidi M. F. Resistance of sunflower to the biotrophic oomycete *Plasmopara halstedii* is associated with a delayed hypersensitive response within the hypocotyl. *J. Exp. Bot.* 2005. № 56 (420). P. 2683–2693.
 13. Jocić S., Miladinović D., Imerovski I. et al. Towards sustainable downy mildew resistance in sunflower. *Helia*. 2012. V. 35, N. 56. P. 61–72.
 14. Miller J. F., Gulia T. J. Inheritance of resistance to race 4 of downy mildew derived from interspecific crosses in sunflower. *Crop Science*. 1991. V. 31, N. 1. P. 40–43.
 15. Спеціальна селекція і насінництво польових культур: навч. посібник / за ред. В. В. Кириченка. Х. : IP ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2010. 462 с.
 16. Чумаков А. Е., Минкевич И. И., Власов Ю. И., Гаврилова Е. А. Основные методы фитопатологических исследований / под. ред. А. Е. Чумакова. М.: Колос, 1974. 190 с.
 17. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Helianthus* L. Л.: Изд. ВИР, 1987. 24 с.
 18. Методика проведення експертизи сортів рослин на відмінність, однорідність та стабільність (ВОС–тест). Олійні. К.: ТОВ Нилан-ЛТД, 2014. 178 с.
 19. Долгова Е. М., Аладьина З. К., Михайлова В. Н. Экспресс-метод оценки подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе. *Селекция и семеноводство*. 1990. Вып 68. С. 50–55.
 20. Кириченко В. В., Петренко В. П., Кривошеева О. В. та ін. Ідентифікація морфологічних ознак соняшнику (*Helianthus* L.). Х.; IP ім. В. Я. Юр'єва УААН, 2007. 78 с.
 21. Чирков Ю. И. Основы агрометеорологии. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 247 с.
 22. Заключний звіт про науково-дослідну роботу НТП «Генетичні ресурси рослин» по завданню 02.02.09 «Базові та ознакові колекції ранньо- та середньостиглих зразків соняшнику». Х.: IP УААН, 2005. 68 с.
 23. Заключний звіт про науково-дослідну роботу НТП «Генетичні ресурси рослин» по завданню 08:02-013 «Сформувати базові та ознакові колекції зернових, зернобобових культур, проса та соняшнику і забезпечити ведення національного банку генетичних ресурсів рослин України». Х.: IP НААН, 2010. 292 с.
 24. Петренко В. П., Кривошеева О. В., Рябчун В. К. та ін. Господарсько–біологічна характеристика національної колекції соняшнику: каталог. Вип. 1. 124 с.
 25. Боровська І. Ю., Коломацька В. П. Добір лінійного матеріалу соняшнику за стійкістю до несправжньої борошнистої роси // Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції «Стратегії та практика розвитку агропромислового комплексу України». Всеукр. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 13-14 квітня 2012 р.). Одеса: Південноукраїнський центр аграрних досліджень. 2012. С. 6–8.

References

1. Akhtulova EM. Bioecological particular pathogen downy mildew in connection with the selection sunflower for resistance to the disease in the conditions of Central Black Earth zone of Russia. [author abstract dissertation]. Sankt-Peterburg, 2009. 24 p.
2. Shkorych D, Seiler DJ, Liu Zhao et al. Genetics and breeding of sunflower. Kharkiv: NTMT, 2015. 540 p.
3. Yvebor MV. Identification of the races of downy mildew pathogen of sunflower in the North Caucasus region and the allocation to them of sustainable raw material for breeding [author abstract dissertation]. Krasnodar, 2009. 24 p.

4. Antonova TS, Araslanova NM, Holovyn AV et al. Revisited race affiliation of sunflower downy mildew pathogen in the North Caucasus. Nauchno-tekhn. bul. VNYIMK. 2000; 123: 21–23.
5. Tourvieille de Labrouhe D, Gulya TJ, Rashid YK, Viranyi F. New nomenclature of race of *Plasmopara halstedii* (Sunflower Downy Mildew). In: 15th International Sunflower Conference, Toulouse, France. 2000. V. 2. P. 161–166.
6. Burlov VV, Babaiants LT. Races *Plasmopara halstedii* Berl. in Southern Ukraine and efficiency to their *Pl* genes. Sel. nasinn. 2005; 90: 157–161.
7. Kriuchkova LO, Nezhygay LM, Chechenieva TM. Genetic bases of wheat resistance to fungal diseases. Fiziologiya i biokhimiya kulturnykh rastenyi. 2010; 42(3): 202–209.
8. Tourvieille de Labrouhe D, Serre F, Walser P, Roche S, Vear F. Quantitative resistance to downy mildew (*Plasmopara halstedii*) in sunflower (*Helianthus annuus*). Euphytica. 2008; 164(2): 433–444.
9. Gulya TJ, Sackston WE, Viranyi F, Maširević S, Rashid KY. New races of the sunflower downy mildew pathogen (*Plasmopara halstedii*) in Europe and North and South America. J. Phytopathology. 1991; 132(4): 303–311.
10. Mouzeyar S, Tourvieille de Labrouhe D, Vear F. Histopathological studies of resistance of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to downy mildew (*Plasmopara halstedii*). J. Phytopathology. 1993; 139: 289–297.
11. Herbette S, Lenne C, De Labrouhe DT, Drevet JR, Roedel-Drevet P. Transcripts of sunflower antioxidant scavengers of the SOD and GPX families accumulate differentially in response to downy mildew infection, phytohormones, reactive oxygen species, nitric oxide, protein kinase and phosphatase. Physiol. Plant. 2003; 119(3): 418–428.
12. Radwan O, Mouzeyar S, Venisse JS, Nicolas P, Bouzidi MF. Resistance of sunflower to the biotrophic oomycete *Plasmopara halstedii* is associated with a delayed hypersensitive response within the hypocotyl. J. Exp. Bot. 2005; 56(420): 2683–2693.
13. Jocić S, Miladinović D, Imerovski I et al. Towards sustainable downy mildew resistance in sunflower. Helia. 2012; 35(56): 61–72.
14. Miller JF, Gulya TJ. Inheritance of resistance to race 4 of downy mildew derived from interspecific crosses in sunflower. Crop Science. 1991; 31(1): 40–43.
15. Special breeding and seed production of field crops. In: VV Kyrychenko, editor. Kharkiv: Plant Production Institute and VYa Yuriev of NAAS, 2010. 462 p.
16. Chumakov AE, Mynkevych II, Vlasov YuI, Gavrylova EA. Basic methods of research of phytopathology. In: AE Chumakov, editor. Moscow: Kolos, 1974. 190 p.
17. Wide Unified classifier SEV genus *Helianthus* L. Leningrad: Publishing All-Union IP, 1987. 24 p.
18. Methods of examination of plant varieties for distinction, homogeneity and stability (DUS - test). Oilseed crops. Kyiv: TOV Nylan-LTD, 2014. 178 p.
19. Dolgova EM, Aladyna ZK, Mykhailova VN. Express –method evaluation of sunflower for resistance to downy mildew. Sel. nasin. 1990; 68: 50–55.
20. Kyrychenko VV, Petrenkova VP, Kryvosheieva OV et al. Identification of morphological characters of sunflower (*Helianthus* L.). Kharkiv, Plant Production Institute and VYa Yuriev of NAAS, 2007. 78 p.
21. Chyrkov YuI. Basics of meteorology. Leningrad: Hydrometeoyzdat, 1988. 247 p.
22. The final report on the research work NTP «Plant genetic resources» Task 02.02.09 "Basic and signs collection of early and middle samples of sunflower." Kharkiv, Plant Production Institute and VYa Yuriev of UAAS, 2005. 68 p.
23. The final report on the research work NTP «Plant genetic resources» Task 08:02-013 "Form a base and features a collection of cereals, legumes, millet and sunflower seeds and to ensure maintenance of the National Bank of Ukraine plant genetic resources". Kharkiv, Plant Production Institute and VYa Yuriev of NAAS, 2010. 292 p.

24. Petrenkova VP, Kryvosheieva OV, Ryabchun VK et al. Economic and biological characteristics of the national collection of sunflowers. Kharkiv, Plant Production Institute and a VYa Yuriev of NAAS. 124 p.
25. Borovska IYu, Kolomatska VP. Selection of linear material sunflower resistance to downy mildew. In: All-Ukrainian scient.-prakt. confer. «Stratehii ta praktyka rozvytku agropromyslovogo kompleksu Ukrainy». Odesa, 13-14 April 2012. Odesa: Pivdennoukrainskyi tsentr aghrarnykh doslidzhen. 2012. P. 6–8.

СЕЛЕКЦИЯ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЛОЖНОЙ МУЧНИСТОЙ РОСЕ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ РАС ПАТОГЕНА

Боровская И. Ю., Коломацкая В. П., Сивенко В. И., Кириченко В. В., Петренкова В. П.
Институт растениеводства им. В. Я. Юрьева НААН, Украина

Цель и задачи исследования. Основной целью данной работы было выделение устойчивого исходного материала к возбудителю ложной мучнистой росы для использования в селекционных программах. Параллельно проводили фитосанитарный мониторинг состояния посевов относительно возбудителя и идентификация рас.

Материалы и методы. Учеты устойчивости линий-восстановителей фертильности пыльцы подсолнечника к возбудителю ложной мучнистой росы проводили в фазе образования корзинок. Устойчивость образцов подсолнечника к болезни определяли по распространенности болезни. В зимний период проводили оценку образцов по устойчивости к патогену с использованием экспресс-метода. Расы *Plasmopara helianthi* идентифицировали с помощью триплетного набора линий-дифференциаторов. Кроме устойчивости определяли: группу спелости, высоту растений и тип ветвления. Для анализа экспериментальных данных использованы методы вариационного и корреляционного анализов.

Обсуждение результатов. В условиях восточной части Лесостепи Украины на протяжении 2007–2016 гг. выявлено колебание показателей распространённости болезни по максимальным (17,5–100 % поражённых растений) и средним показателям. В условиях половины лет исследования уровень поражения был на уровне 1,4–3,3 %. Высокий уровень распространённости (11,3–30,7 %) отмечен в условиях трех лет (2010, 2014, та 2016 гг.), характеризовавшихся избытком осадков по сравнению со средними многолетними (на 14,0–42,4 мм). Это подтверждено тесной взаимосвязью между средним ($r = 0,93$) и максимальным ($r = 0,74$) значением по опыту распространённости болезни и суммой осадков. Для приведенных показателей и среднемесячной температуры установлен обратный характер взаимосвязи ($r = -0,55$).

До 2006 г. наиболее распространенной была раса 330. С 2010 года господствующее положение заняла раса 730. В условиях затяжной чрезмерно влажной весны 2016 г. по реакции линий-дифференциаторов на поражение патогеном была определена 732 раса. На основании характера распространения 730 расы, вероятным является прогноз распространения 732 расы на сезон 2017 года, при благоприятных условиях для развития патогена.

При сопоставлении результатов оценки селекционных образцов подсолнечника в полевых и лабораторных условиях на устойчивость к возбудителю ложной мучнистой росы, выделено 33 линии, которые характеризуются устойчивостью к трем расам патогена – 330, 730 и 732. Большинство выделенных линий (23 шт.) восстановителей фертильности пыльцы подсолнечника относятся к среднеранней группе спелости, четыре линии – к скороспелой и шесть – к раннеспелой. Они характеризуются разнообразным типом ветвления и высотой растений.

Выводы. Доказана эффективность сочетания оценки исходного материала для селекции подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росы в полевых условиях в годы с широким распространением и массовым поражением растений болезнью, с непрерывной ежегодной оценкой селекционного материала к вирулентным расам в зимний пери-

од в условиях лаборатории. Выделены 33 линии-восстановители фертильности пыльцы подсолнечника разных групп спелости, которые характеризуются устойчивостью к трем расам (330, 730 и 732) возбудителя ложной мучнистой росы и являются базой для создания новых устойчивых гибридов.

Ключевые слова: подсолнечник, линия, устойчивость, селекция, ложная мучнистая роса, распространенность, раса

BREEDING OF SUNFLOWER LINES FOR RESISTANCE DOWNY MILDEW IN THE SETTING OF CHANGING PATHOGENIC RACES

Borovska I. Yu., Kolomatska V. P., Syvenko V. I., Kyrychenko V. V., Petrenkova V. P.
Plant Production Institute nd. a V. Ya. Yuryev of NAAS, Ukraine

The aim and tasks of the study. The main objective of this study was to select starting material resistant to downy mildew pathogen for use in breeding programs. Phytosanitary monitoring of crop conditions for pathogen and races was concurrently performed.

Materials and methods. Resistance of sunflower lines – pollen fertility restorers to downy mildew pathogen was evaluated in the phase of calathidium formation. Resistance of sunflower accessions to disease was determined by the prevalence of disease. In winter, resistance of accessions to pathogen was evaluated by a rapid method. *Plasmopara helianthi* races were identified with a triplet set of lines-differentiators. In addition to resistance, we determined ripeness group, plant height and branching type. Variance and correlation analyses were used for statistical processing of experimental data.

Results and discussion. Maximum and average values of the disease prevalence fluctuated in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine in 2007-2016 (at the maximum 17.5-100 % of plants were affected). During half of the study years, the damage level was 1.4-3.3%. High prevalence (11.3-30.7%) was recorded during 3 years (2010, 2014 and 2016.) with excessive precipitation related to the multiyear average (by 14.0-42.4 mm). This is confirmed by close relationship between the average ($r = 0.93$) and maximum ($r = 0.74$) values of the disease prevalence and the precipitation amount. Negative correlation was found between these parameters and the average monthly temperature ($r = -0.55$).

Race 330 was the most common until 2006. Since 2010, race 730 has taken a dominant position. In the setting of a prolonged excessively wet spring of 2016, race 732 was identified by response of lines -differentiators to pathogen. The spread pattern of race 730 predicts a probable spread of race 732 for 2017, provided favorable the for pathogen development conditions.

Comparing the results of evaluation of sunflower breeding accessions for resistance to downy mildew pathogen in laboratory and field conditions, we identified 33 lines with resistance to 3 races of pathogen - 330, 730 and 732. Most of these sunflower lines - pollen fertility restorers (23) are mid-early; four lines are short-season; and six are early-ripening. They are characterized by various types of branching and plant height.

Conclusions. The efficacy of combination of assessment of starting material for resistance to downy mildew in the field conditions in years with wide prevalence and large-scale affection of plants with continuous annual evaluation of breeding material for virulent races in winter in the laboratory conditions was proved. We selected 33 sunflower lines-pollen fertility restorers belonging to different groups of ripeness, which are resistant to 3 races (330, 730 and 732) of downy mildew pathogen and are a basis for new resistant hybrids.

Key words: sunflower, line, resistance, breeding, downy mildew, prevalence, race