УДК 633.854.78:631.527:632.9 DOI:10.30835/2413-7510.2018.134355

# *МЕТОДОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОЇ КОЛЕКЦІЇ ЛІНІЙ СОНЯШНИКУ ЗА АДАПТИВНІСТЮ ЩОДО СТІЙКОСТІ ДО ХВОРОБ*

Боровська І.Ю., Петренкова В.П.
Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, України

Викладено результати практичного застосування інтервальних оцінок як критеріїв системи визначення імунологічної характеристики генотипів за стійкістю до збудників несправжньої борошнистої роси (*Plasmopara helianthi* Novot. f. *helianthi*), фомопсису (*Phomopsis / Diaporthe helianthi* Munt. -Cvet. Etal.) та сірої гнилі (*Botrytis cinerea* Pers.) на основі динаміки хвороб за роками з урахуванням впливу погодних умов. Розроблено схему створення вихідного поширення хвороб за роками з урахуванням впливу погодних умов. Розроблено схему створення вихідного матеріалу соняшнику за стійкістю до хвороб, використання якої впродовж 2007–2013 рр. сприяло створенню 26 ліній-відновників фертильності пилку соняшнику з різним поєднанням стійкості до основних хвороб. Визначено тип адаптивності ліній відносно інтенсивності розвитку фомопсису. Виділено 15, які поєднують гомеостатичність чи середню пластичність з високим чи середнім рівнем прояву генотипового ефекту за стійкістю до фомопсису.

***Ключові слова:*** *соняшник, лінія, ураженість, збудник, раса, несправжня борошниста роса, сіра гниль, фомопсис, адаптивність, пластичність*

**Вступ.** Мобілізації генетичних ресурсів соняшнику в Національному центрі генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) при Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН відбувається через їх вивчення, упорядкування, розширення паспортних баз даних для довгострокового зберігання щодо наступних потреб кожного нового покоління селекціонерів. Певним внеском у розширення генетичного різноманіття цієї культури є формування колекцій для їх більш ефективного використання в селекції, забезпеченню наукових установ, навчальних закладів зразками та інформацією про генофонд культури [1, 2].

**Аналіз літературних даних, постановка проблеми.** Формування різноманітних колекцій соняшнику і їх реєстрація у НЦГРРУ розпочато з 2006 року [3]. На теперішній час у ході вирішення фундаментальних наукових завдань ПНД «Генетичні ресурси рослин» відмічено зростання кількості колекцій [4, 5].

Питаннями створення ліній соняшнику в Інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, які б характеризувались стійкістю до збудників грибної етіології, безперервно опікувалися селекціонери. З 1984 року в тісній співпраці з імунологами було створено скоростиглі сорти-популяції й гібриди з відповідною архітектонікою, яка сприяє стійкості до збудників таких хвороб як несправжня борошниста роса, біла гниль. Базою для створення цих селекційних розробок були біотипи, отримані в результаті міжвидової гібридизації соняшнику, яка поєднувала насичуючі й парні схрещування з багаторазовим індивідуальним добором на жорсткому інфекційному фоні. Так було отримано лінії з різним ступенем стійкості до вовчка, білої та сірої гнилей [6].

З поширенням фомопсису на посівах соняшнику в Україні з 1990 р. розпочато дослідження із залучення в селекційний процес зразків, виділених за стійкістю до цього збудника у фітотроні [7]. При перегляді методичних підходів до захисту соняшнику від гнилей, які впродовж декількох років обмежували врожайність цієї культури в Україні, були розроблені методи оцінки стійкості соняшнику для виділення стійких зразків на ранніх етапах розвитку рослин та в період вегетації культури. На основі розроблених методів створено стійкі до *Sclerotinia sclerotiorum* у фазі проростків самозапилені лінії Х 2035, W 501, RW 637, з високою стійкістю стебла (Х 3448, Х 4022, Х 2035) та кошика (Х 2035, W 501, RW 637), а також слабкосприйнят-

© І. Ю.Боровська, В. П.Петренкова 2018.

ливі до зараження *Botrytis cinerea* у фазі проростків самозапилені лінії Х 2040/7, Х 2024/6. Виділено 108 селекційних номерів стійких до *Phomopsis helianthy*. Найбільш цінні в селекційному значенні 153 лінії передано до Національного центру генетичних ресурсів рослин України для збереження і використання селекційними установами країни та за її межами (номери реєстрації ІР 2001-2153) [8, 9]. Вже у 1998 р. в ІР ім. В.Я. Юр'єва НААН серед сортів і ліній соняшнику вітчизняної та іноземної селекції було виділено нове покоління джерел продуктивності і стійкості до облігатних патогенів і фомопсису [10].

На основі вихідного матеріалу соняшнику, створеного співробітниками відділу селекції та імунологами інституту, за період 1986–2000 рр. передано на державне сортовипробування 15 селекційних розробок, з яких три сорти і 12 гібридів соняшнику, які характеризувались стійкістю до патогенів некротрофного типу живлення. Загалом, сорти і гібриди соняшнику, створені в інституті, становили 40,9 % від зареєстрованих на 2000 рік сортів культури, створених селекціонерами України. У структурі посівних площ Харківської області та загалом в Україні сорти і гібриди соняшнику селекції харківських учених становили 66,0 % та 40,0 % відповідно [11, 12, 13].

Подальшими дослідженнями наступного покоління імунологів продовжено напрям щодо створення ліній соняшнику з груповою стійкістю до збудників хвороб для впровадження в селекційні програми.

**Мета досліджень.** Отже, метою роботи є теоретичне обґрунтування методології формування колекції ліній соняшнику за адаптивністю щодо стійкості до хвороб для поповнення колекційного фонду НЦГРРУ.

Селекція ліній на стійкість до фомопсису ускладнюється відсутністю ознак ранньої діагностики хвороби у соняшнику. Вибраковка уражених відбувається вимушено тільки після зрізування перезапилених рослин у фазі повної стиглості. Незважаючи на це, добори проводять досить ефективно на провокаційних польових фонах, де відмічається високій ступінь інфекційного фону гриба. Вибраковуються зразки не тільки за рівнем їх стійкості до хвороби, але і за здатністю рослини утворити в процесі примусового самозапилення максимальну кількість насінин [14].

**Матеріал та методи.** Щорічно в умовах провокаційного фону проводили оцінку ліній за рівнем ураження збудником фомопсису та сірої гнилі [15] і визначали середньозважений показник інтенсивності розвитку хвороби [16] для визначення їх імунологічної реакції на ураження патогеном, диференціації за умовними групами стійкості і надання індивідуальної характеристики за рівнем ураження, який визначали за площею поверхні стебел рослин, колонізованої збудником [17, 18].

Стійкість до несправжньої борошнистої роси (НБР) проводили у фазі утворення кошика. Показники поширеності (розповсюдженості) хвороби вираховували як відношення частки уражених рослин до всіх облікованих. Імунологічну характеристику надавали за часткою уражених рослин зразка з відповідним балом стійкості [19].

Стійкість до септоріозу – за шкалою Саарі і Прескотта для зернових колосових визначали на початку цвітіння соняшнику в період масового ураження листкової поверхні за діагностичною відмінністю в інтенсивності розвитку хвороби [20].

У лабораторних умовах у зимовий період оцінювали створений лінійний матеріал за стійкістю до збудника несправжньої борошнистої роси (730-а раса) *Plasmopara helianthi* Novot. [21].

Для описання мінливості поширення та інтенсивності розвитку хвороб використовували мінімальні, середні і максимальні показники ураженості, визначеної по зразках, що вивчали в умовах кожного року. За усередненими середньозваженими значеннями ураженості по сукупності зразків, досліджених кожного року, статистично визначали рівень інфекційного фону цих хвороб [22]. Після цього лінії розподіляли на групи за межами довірчого інтервалу (ДІ) найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$) або середньоквадратичного відхилення (σ). Для оцінки ступеня розмаху усереднених значень інтенсивності розвитку фомопсису (варіативності ознаки) у кожній групі зразків використано значення міжквартільного розмаху (%) [23].

Визначали генотиповий ефект ( $_i$), який характеризує потенціал генотипу за оптимально комфортних умов, проводили шляхом розрахунку відхилення середнього значення ознаки кожного зразка за три роки досліджень $x_i$від їх усереднених значень по досліду $x$ [24]. Тип екологічної пластичності – за реакцією зразка на зміну умов середовища за допомогою коефіцієнта регресії ($R_i$) [25, 26].

При визначенні ступеня реакції материнських та батьківських компонентів соняшнику та їх відмінностей за генетичною цінністю щодо пластичності їх гібридів першого покоління за інтенсивністю розвитку збудника фомопсису, зразки характеризували за відхиленням від адаптивної норми (середньоуражених) ($X_{сер.} \pm 1\sigma$). До стійких віднесено слабкоуражені ($X_i > X_{сер.} + 1\sigma$), до сприйнятливих ($X_i < X_{сер.} - 1\sigma$) – сильноуражені. Розподіл ліній за типами пластичності проводили згідно коефіцієнта регресії ($b_i$) за довірчим інтервалом (ДІ) найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$).

На нашу думку, є необхідність надати деякі пояснення щодо визначення пластичності зразка за ураженістю хворобою. Так, до гомеостатичних відносили лінії, у яких рівень ураження збудником фомопсису був нижчий за середнє значення у досліді й не коливався за роками циклу вивчення. До середньопластичних відносили лінії, у яких рівень ураження коливався у циклі вивчення від слабкого до середнього і високопластичними були ті, рівень ураження хворобою яких коливався за роками вивчення від слабкого до високого.

Розподіляли зразки за значеннями генотипового ефекту та типом екологічної пластичності ($b_i$) в залежності від середнього значення у досліді з використанням довірчого інтервалу найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$): високий – значення вище за $\bar{}$ ± $НІР_{05}$, середній – значення в межах $\bar{}$ ± $НІР_{05}$, низький – значення нижче $\bar{}$ ± $НІР_{05}$. Коефіцієнт варіації (V) розраховували відношенням середнього квадратичного відхилення, виражене у відсотках до середнього арифметичного [27]. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали на персональному комп‘ютері методами варіаційної статистики, регресійного та дисперсійного аналізу [28]. Математичну обробку одержаних результатів досліджень проводили шляхом дисперсійного аналізу однофакторного польового досліду з використанням пакету прикладних програм Microsoft Office Excel 2010 (ліцензійний № XJT36-B8T7W-9C3FV-9C9Y8-MJ226) та Statistics 6.1 (ліцензійний № BXXR502C631824NET3).

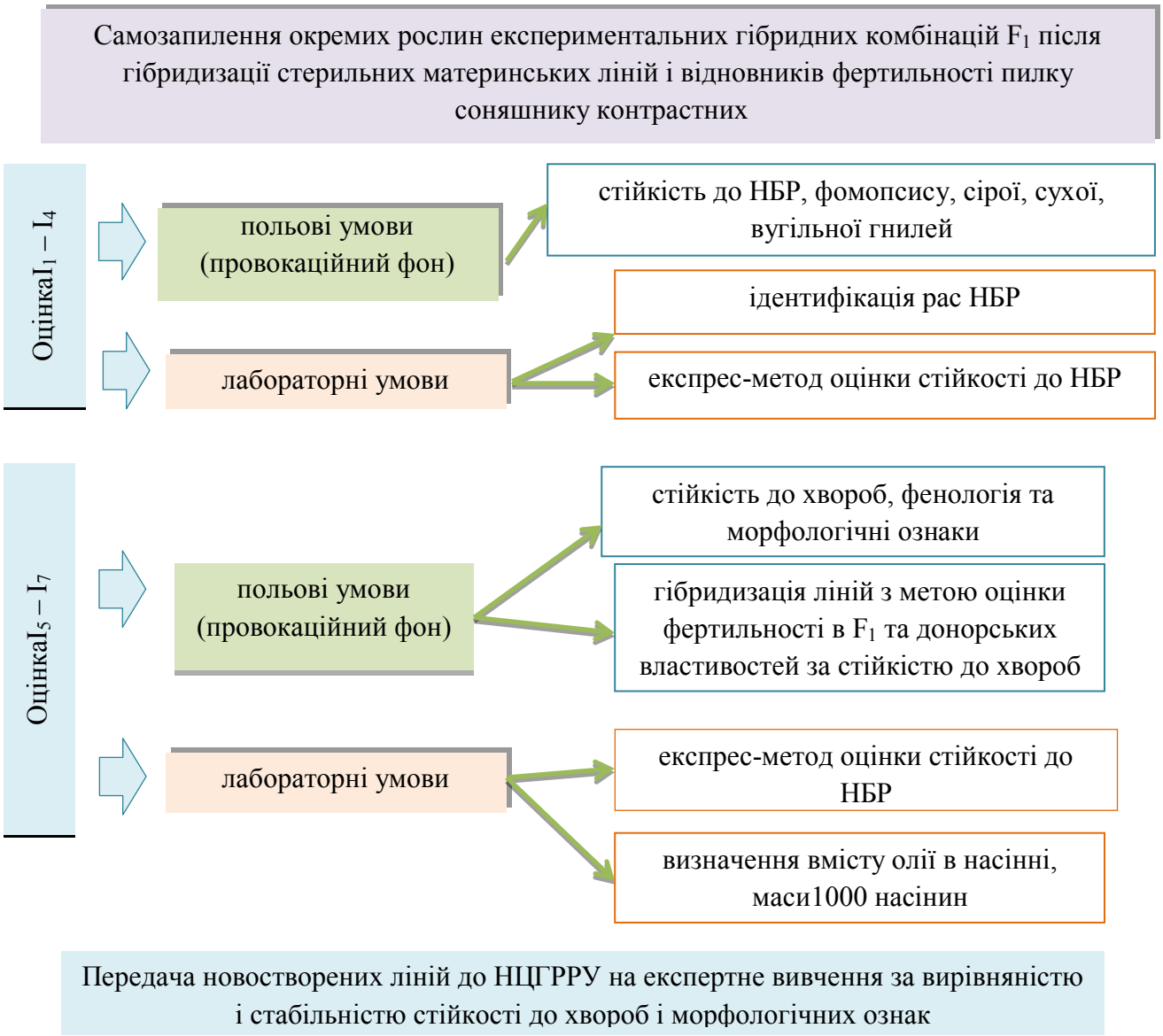
**Обговорення результатів.** Одним із методів селекції ліній соняшнику є послідовне за роками примусове самозапилення окремих рослин $F_1$ гібридів. Насіння $F_2$, отримане від ізольованої рослини $F_1$гібрида є перше інцухт покоління майбутньої лінії ($I_1$). Схема процесу створення вихідного матеріалу соняшнику, стійкого до хвороб, наведена на рисунку 1 [29].

Так із 41 гібридної комбінації 2005 року схрещування за використання семи стерильних материнських ліній та 15 самозапилених ліній - відновлювачів за допомогою експрес-методу оцінки стійкості до збудника фомопсису виділено 16 умовно стійких із ураженням площі листка до 35,0 %, на основі яких розпочато цикл багаторічного самозапилення для створення лінійного матеріалу, стійкого до цього збудника [30]. У наступні роки (2007–2013 рр.) проведено самозапилення кошиків кожної лінії. Шляхом багаторазових індивідуальних доборів зі стійких до фомопсису гібридних комбінацій добирали лінії в умовах провокаційного фону, що сприяло стабілізації цієї ознаки в генотипах $I_3$–$I_7$. В умовах епіфітотійного розвитку хвороби в 2013 році створені лінії характеризувались витривалістю до ураження збудником фомопсису, так як рівень їх ураження був нижчим за середній.

У результаті створено 26 ліній соняшнику, як вихідний матеріал для селекції культури на групову стійкість до збудників несправжньої борошнистої роси і фомопсису

Для цього за добу до розпускання язичкових квіток 3–5 рослин, які вирівняні за висотою, забарвленням, розміром, щільністю, формою, положенням язичкових квіток кошика, накривали пергаментними ізоляторами. Усі кошики обмолочували індивідуально, насіння зсипали в окремі пакети. Вибраковку сприйнятливих ліній проводили в польових умовах наприкінці серпня за результатами оцінки за інтенсивністю розвитку фомопсису, сірої гнилі та в умовах лабораторії за продуктивністю рослини (автофертильністю). Наступного року висівали 20–30 насінин кожного кошика окремо. При вирощуванні ліній з першого інцухту в умовах провокаційного фону і високої концентрації первинного інокулюму

збудників основних хвороб у ґрунті (ооспор несправжньої борошнистої роси і склероціїв білої та сірої гнилей), а також у повітрі на ранніх стадіях розвитку (до цвітіння) ми отримували результати оцінки ліній за стійкістю до цих патогенів.




Примітка. НБР – несправжня борошниста роса

**Рис. 1.** Схема створення стійких до хвороб ліній соняшнику

За фенологічними спостереженнями визначали тривалість вегетаційного періоду створюваних ліній та тривалість періоду сходи–цвітіння 50 % рослин, як важливу селекційну характеристику, для співставлення строків висіву з материнською лінією.

Для отримання ліній з груповою стійкістю до основних хвороб їх щорічно оцінювали у польових умовах у першій половині вегетації за стійкістю до збудника несправжньої борошнистої роси. Кінцеву фітопатологічну оцінку стійкості ліній проводили у фазі повної стиглості до збудників фомопсису, сірої і сухої гнилей кошиків, прикореневої вугільної гнилі. Серед ліній, які мали слабкий чи середній рівень інтенсивності розвитку хвороби, добирали такі, що виділялись високою зав‘язуваністю насіння в умовах примусового самозапилення (добір за автофертильністю). Починаючи з $I_5$ у лабораторних умовах проводили стандартні аналізи цінних ознак ліній (вміст олії в насінні, маса 1000 насінин), у зимовий період оцінювали лінії за стійкістю до несправжньої борошнистої роси за допомогою експрес-методу.

Виділення стійких до збудника фомопсису зразків у інцухт – поколіннях соняшнику $I_1$–$I_7$ проводили в умовах провокаційного фону з використанням інтервальних оцінок середньоквадратичного відхилення (ДІσ) або найменшої істотної різниці (ДІ НІР) на 5 % рівні значущості як критеріїв динамічної системи надання імунологічної характеристики генотипам соняшнику залежно від рівня інфекційного фону хвороби з урахуванням місцевих кліматичних умов і динаміки поширення хвороб за роками [31].

Упродовж періоду досліджень у 2008 та 2010 рр. по інцухт-поколіннях установлено як низькі середні значення розвитку фомопсису (5,26 % та 10,89 % відповідно), так і максимальний показник – 20,75 % та 28,13 % (табл. 1).

Таблиця 1

**Мінливість інтенсивності розвитку фомопсису в інцухт-поколіннях зразків соняшнику, провокаційний фон**

| Рік | Інцухт-покоління | Кількість зразків, шт. | Показник варіювання ознаки | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *середн* / min – max | середньоквадратичне відхилення, (σ) | міжквартільний розмах, % |
| 2007 | $I_3$ | 164 | 20,76 / 1,25 – 55,5 | 10,60 | 14,5 |
| 2008 | $I_4$ | 56 | 5,26 / 0,5 – 20,75 | 4,91<br>1,33 ($НІР_{05}$) | 7,38 |
| 2009 | $I_5$ | 47 | 20,80 / 4,75 – 45,0 | 8,83 | 12,0 |
| 2010 | $I_6$ | 134 | 10,89 / 0,75 – 28,13 | 7,59<br>1,17 ($НІР_{05}$) | 12,09 |
| 2011 | $I_7$ | 31 | 28,21 / 6,0 – 45,5 | 11,9 | 14,5 |
| 2012 | $I_8$ | 31 | 24,33 / 7,0 – 50,5 | 9,41 | 14,5 |
| 2013 | $I_9$ | 31 | 23,36 / 2,50 – 40,75 | 12,25 | 21,25 |

Примітка. ДІ – довірчий інтервал при 5 % рівні значущості

В умовах решти років (2007 р., 2009 р., 2011–2012 рр.) рівень інфекційного фону був близьким до достатнього з коливанням середніх значень розвитку хвороби від 20,76 % до 28,21 % і максимальних від 40,75 % до 55,5 %.

У цілому в умовах п'яти років з семи показники значення міжквартільного розмаху коливалися в межах 12,0–14,5 %. У два рази вищу і два рази нижчу мінливість ураженості ліній соняшнику збудником фомопсису визначено в умовах посухи 2008 року (7,38 %), та в умовах надмірної кількості опадів у 2013 році (21,25 %).

Так, у 2007, 2009 та 2011–2012 рр. згідно меж довірчого інтервалу (ДІ) середньоквадратичного відхилення (σ) з варіюванням площі ураженої поверхні стебла від 0,50–7,00 % до 10,03–14,89 % виділено 16,10–20,90 % слабкоуражених ліній (додаток Л, табл. Л.2). За показниками коливання нижньої межі групи 10,04 %–14,90 % та верхньої межі 29,47 %–41,20 % інтенсивності розвитку хвороби визначено високу частку середньоуражених збудником фомопсису ліній (59,70–71,00 %).

Частка сильноуражених ліній за роками була в межах 12,90–20,10 % з ураженою площею стебла від 29,48 %–41,24 % до 45,00–60,00 %. В умовах 2010 року, і, особливо, в умовах 2008 року, через низький рівень інфекційного фону фомопсису при розподілі ліній на групи стійкості значення середньоквадратичного відхилення (σ) перевищувало відхилення від сере-

днього і через це лінії були об'єднані у групи: середньоуражені – 89,30 % та сильноуражені – 10,70 %, групу слабкоуражених не сформовано (0,00 %). Тому для забезпечення рівномірного розподілу ліній на 3 групи і зменшення довірчого інтервалу було використано ще один статистичний критерій – $НІР_{05}$, значення якого також надані в таблиці 2.

Таблиця 2

**Розподіл ліній інцухт-поколінь соняшнику на групи стійкості за рівнем ураження збудником фомопсису, провокаційний фон**

| Рік | Інцухт-покоління | ДІ | Межі груп за рівнем ураження / частка ліній в групі, % | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | слабкоуражені | середньоуражені | сильноуражені |
| 2007 | $I_1$ | σ | 1,3–10,03<br>17,7 | 10,04–31,26<br>66,5 | 31,27–55,5<br>15,9 |
| 2008 | $I_2$ | σ | 0,39<br>0,0 | 0,4-10,26<br>89,3 | 10,27-20,8<br>10,7 |
| | | $НІР_{05}$ | 0,5–3,99<br>48,2 | 4,0–6,66<br>16,1 | 6,67–20,8<br>35,7 |
| 2009 | $I_3$ | σ | 4,8–11,82<br>18,8 | 11,83–29,47<br>66,7 | 29,48–45,0<br>14,6 |
| 2010 | $I_4$ | σ | 0,8–1,85<br>24,1 | 1,86–13,21<br>58,2 | 13,22–23,5<br>17,7 |
| | | $НІР_{05}$ | 0,8–6,26<br>44,3 | 6,27–8,8<br>16,5 | 8,81–23,5<br>39,2 |
| 2011 | $I_5$ | σ | 1,25–11,74<br>20,9 | 11,75–41,2<br>59,7 | 41,21–60,0<br>20,1 |
| 2012 | $I_6$ | σ | 7,0–14,89<br>16,1 | 14,90–33,7<br>71,0 | 33,71–50,5<br>12,9 |
| 2013 | $I_7$ | σ | 13,0–23,66<br>12,9 | 23,67–58,07<br>71,0 | 58,08–75,0<br>16,1 |

Примітка. ДІ – довірчий інтервал при 5 % рівні значущості

За його використання межі ДІ $НІР_{05}$ інтенсивності розвитку хвороби в ці роки у групі слабкоуражених ліній коливались від 0,50–0,80 % до 3,99–6,26 % і частка ліній даної групи становила 44,30–48,20 %. Згідно з ураженою площею стебел 4,00–6,27 % до 6,66–8,80 % визначено групу ліній як середньо уражені, яка складала 16,10–16,50 %. Частка сильноуражених ліній у роки з низьким рівнем інфекційного фону становила 35,70–39,20 %, а межі ураженої площі їх стебла коливались від 6,67–8,81 % до 20,80–23,50 %. Розподіл ліній на групи залежно від рівня ураження збудником фомопсису в інцухт-поколіннях соняшнику в 2007–2013 рр. ілюстровано на рисунку 2.

Серед трьох груп (слабкоуражені, середньоуражені, сильноуражені) середньою варіабельністю (V = 10,8 %) і основною наповненістю (58,20–89,30 %) характеризувалась група середньоуражених. Причому найбільше значення (89,30 %) встановлено для посушливого 2008 року, за рахунок відсутності сильноуражених ліній. Слабку варіабельність частки ліній відмічено в групі сильноуражених від 10,70 % до 20,10 % і слабкоуражених від 2,90 % до 24,10 % (V = 3,3 % та 8 % відповідно до груп). Підвищення коефіцієнта варіації до середнього рівня (V = 8,0 %) пояснюється відсутністю слабкоуражених ліній (0,0 %) саме в цій групі в умовах 2008 року і поряд з цим підвищення їх частки до 24,1 % в умовах 2010 року, спричинене посухою. Для зняття подібних екстремумів у нерівномірності розподілу і виділенні стійких зразків зі слабким рівнем ураження збудником фомопсису нами застосовано в ці роки ДІ $НІР_{05}$.

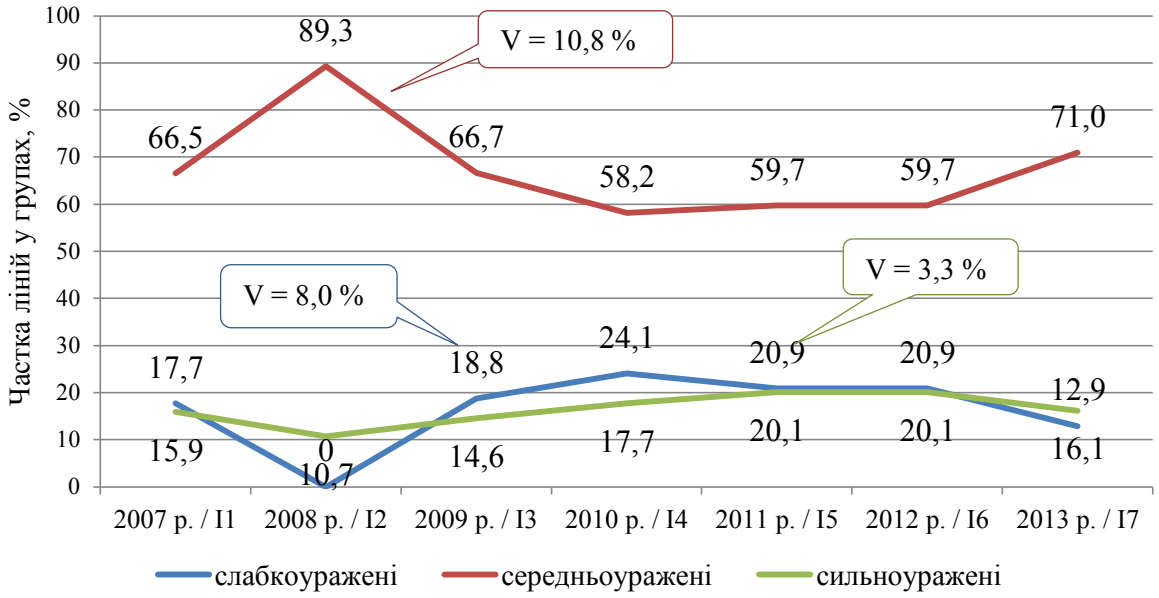



**Рис. 2**. Групи ліній інцухт-поколінь $I_1$–$I_7$ соняшнику залежно від рівня ураження збудником фомопсису, %

Таким чином, спираючись на середньозважений показник площі стебел, ураженої збудником фомопсису, проведено диференціацію самозапилених ліній соняшнику на групи за рівнем ураження. В роки з достатнім рівнем інфекційного фону (2007, 2009 та 2011–2013 рр.) лінії розподілено на групи згідно меж довірчого інтервалу (ДІ) середньоквадратичного відхилення (σ), в роки з низьким інфекційним фоном – згідно меж довірчого інтервалу найменшої істотної різниці (ДІ $НІР_{05}$).

На зразках будь-якої культури при вивченні будь-якої ознаки впродовж трьох років отримується максимум інформації щодо стабільності її прояву залежно від умов довкілля [32, 33]. У нашому випадку окрім визначення стійкості зразків до збудника фомопсису визначено екологічну пластичність ліній соняшнику за стійкістю до означеного патогена, генотиповий ефект та їх поєднання. На створених лініях соняшнику, вивчення яких проходило впродовж 2011–2013 рр., коли рівень інфекційного фону сягав високих значень, визначено зв'язок генотипового ефекту з екологічною пластичністю. Встановлено прямий і середній його ступінь (r = 0,59) (табл. 3).

Так, серед 31 створеної лінії, 13 характеризувались гомеостатичністю (bi = -0,73–0,53) щодо ураження збудником фомопсису, а саме БИ 55 В, БИ 78 В, БИ 77 В, БИ 113 В, БИ 61 В, БИ 72 В, БИ 70 В, БИ 54 В, БИ 47 В, БИ 131 В, БИ 71 В, БИ 63 В, БИ 43 В. Вісім з них (БИ 11 В, БИ 127 В, БИ 65 В, БИ 66 В, БИ 83 В, БИ 112 В, БИ 62 В, БИ 20 В) за коефіцієнтами екологічної пластичності ($b_i$) від 0,61 до 1,39 віднесено до середньопластичних, а 10 ліній (БИ 29 В, БИ 21 В, БИ 16 В, БИ 44 В, БИ 85 В, БИ 17 В, БИ 89 В, БИ 79 В, БИ 110 В, БИ 80 В) визначено як високопластичні($b_i$ = 1,46–3,49).

Щодо розподілу ліній за проявом генотипового ефекту, визначено високий його рівень ($E_i$ від -18,30 до -4,13) у дев'яти ліній (БИ 127 В, БИ 77 В, БИ 131 В, БИ 71 В, БИ 113 В, БИ 11 В, БИ 54 В, БИ 17 В, БИ 66 В).

Середній рівень прояву генотипового ефекту ($E_i$ від -2,30 до 1,37) визначено для 11 ліній, а саме БИ 21 В, БИ 29 В, БИ 43 В, БИ 47 В, БИ 55 В, БИ 61 В, БИ 72 В, БИ 78 В, БИ 83 В, БИ 85 В. Низький рівень прояву генотипового ефекту ($E_i$ = 2,70–15,95) виявлено також у 11 ліній (БИ 20 В, БИ 44 В, БИ 62 В, БИ 63 В, БИ 65 В, БИ 70 В, БИ 79 В, БИ 80 В, БИ 89 В, БИ 110 В БИ 112 В) (рис. 3).

Таблиця 3

**Характеристика ліній соняшнику за екологічною пластичністю і генотиповим ефектом за інтенсивністю розвитку фомопсису, провокаційний фон**

| Лінія | Інтенсивність розвитку фомопсису, % | | | | Екологічна пластичність, bi | Стабільність, Sd | Генотиповий ефект | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2011 р. | 2012 р. | 2013 р. | середнє | | | $E_i$ | характеристика рівня прояву |
| БИ 11 В | 30,75 | 16,25 | 30,00 | 25,67 | 0,61 | 77,46 | -5,47 | високий |
| БИ 16 В | 45,50 | 7,00 | 43,00 | 31,83 | 1,59 | 550,45 | 0,70 | високий |
| БИ 17 В | 21,25 | 9,25 | 47,75 | 26,08 | 2,27 | 5,36 | -5,05 | високий |
| БИ 20 В | 40,50 | 23,50 | 50,00 | 38,00 | 1,39 | 70,85 | 6,87 | низький |
| БИ 21 В | 21,50 | 26,25 | 47,75 | 31,83 | 1,49 | 58,47 | 0,70 | середній |
| БИ 29 В | 35,50 | 14,25 | 43,00 | 30,92 | 1,46 | 128,21 | -0,22 | середній |
| БИ 43 В | 23,00 | 28,50 | 35,00 | 28,83 | 0,53 | 30,08 | -2,30 | середній |
| БИ 44 В | 30,50 | 32,50 | 62,50 | 41,83 | 1,99 | 49,79 | 10,70 | низький |
| БИ 47 В | 35,25 | 23,25 | 30,00 | 29,50 | 0,20 | 66,12 | -1,63 | середній |
| БИ 54 В | 21,00 | 28,50 | 28,25 | 25,92 | 0,13 | 33,75 | -5,22 | високий |
| БИ 55 В | 30,50 | 35,75 | 23,00 | 29,75 | -0,73 | 3,11 | -1,38 | середній |
| БИ 61 В | 43,00 | 21,25 | 25,00 | 29,75 | -0,18 | 265,45 | -1,38 | середній |
| БИ 62 В | 45,50 | 16,25 | 45,00 | 35,58 | 1,30 | 308,65 | 4,45 | низький |
| БИ 63 В | 35,25 | 28,75 | 37,50 | 33,83 | 0,44 | 12,05 | 2,70 | низький |
| БИ 65 В | 28,50 | 30,75 | 42,50 | 33,92 | 0,81 | 15,28 | 2,78 | низький |
| БИ 66 В | 19,00 | 23,75 | 38,25 | 27,00 | 1,04 | 40,50 | -4,13 | високий |
| БИ 70 В | 42,75 | 28,50 | 32,75 | 34,67 | 0,00 | 107,04 | 3,53 | низький |
| БИ 71 В | 26,00 | 16,25 | 25,25 | 22,50 | 0,39 | 35,56 | -8,63 | високий |
| БИ 72 В | 36,00 | 31,00 | 30,00 | 32,33 | -0,16 | 16,70 | 1,20 | середній |
| БИ 77 В | 28,50 | 18,50 | 13,00 | 20,00 | -0,55 | 77,69 | -11,13 | високий |
| БИ 78 В | 30,50 | 35,75 | 25,25 | 30,50 | -0,58 | 4,73 | -0,63 | середній |
| БИ 79 В | 14,25 | 30,25 | 70,00 | 38,17 | 2,90 | 390,92 | 7,03 | низький |
| БИ 80 В | 33,25 | 16,25 | 75,00 | 41,50 | 3,49 | 6,30 | 10,37 | низький |
| БИ 83 В | 42,75 | 11,75 | 37,50 | 30,67 | 1,07 | 379,63 | -0,47 | середній |
| БИ 85 В | 23,50 | 21,25 | 52,75 | 32,50 | 2,01 | 16,11 | 1,37 | середній |
| БИ 89 В | 35,25 | 31,00 | 75,00 | 47,08 | 2,78 | 22,48 | 15,95 | низький |
| БИ 110 В | 10,75 | 26,00 | 75,00 | 37,25 | 3,49 | 436,00 | 6,12 | низький |
| БИ 112 В | 6,00 | 53,25 | 57,50 | 38,92 | 1,20 | 1418,66 | 7,78 | низький |
| БИ 113 В | 13,50 | 35,75 | 22,75 | 24,00 | -0,41 | 224,66 | -7,13 | високий |
| БИ 127 В | 6,75 | 11,50 | 20,25 | 12,83 | 0,66 | 28,21 | -18,30 | високий |
| БИ 131 В | 18,25 | 21,50 | 26,25 | 22,00 | 0,37 | 11,61 | -9,13 | високий |
| Середнє | 28,21 | 24,33 | 40,86 | 31,13 | 1,00 | – | 0,0 | – |
| Індекс середн. | -2,92 | -6,80 | 9,73 | – | – | – | – | – |
| $НІР_{05}$ | 4,10 | 3,55 | 6,31 | 2,60 | 0,43 | – | 2,6 | – |
| ДІσ | 11,19 | 9,69 | 17,21 | 7,08 | – | – | – | – |

Примітка. Кольором позначено: гомеостатичні, середньопластичні, високопластичні лінії, та ступінь (високий, середній, низький) вираження генотипового ефекту

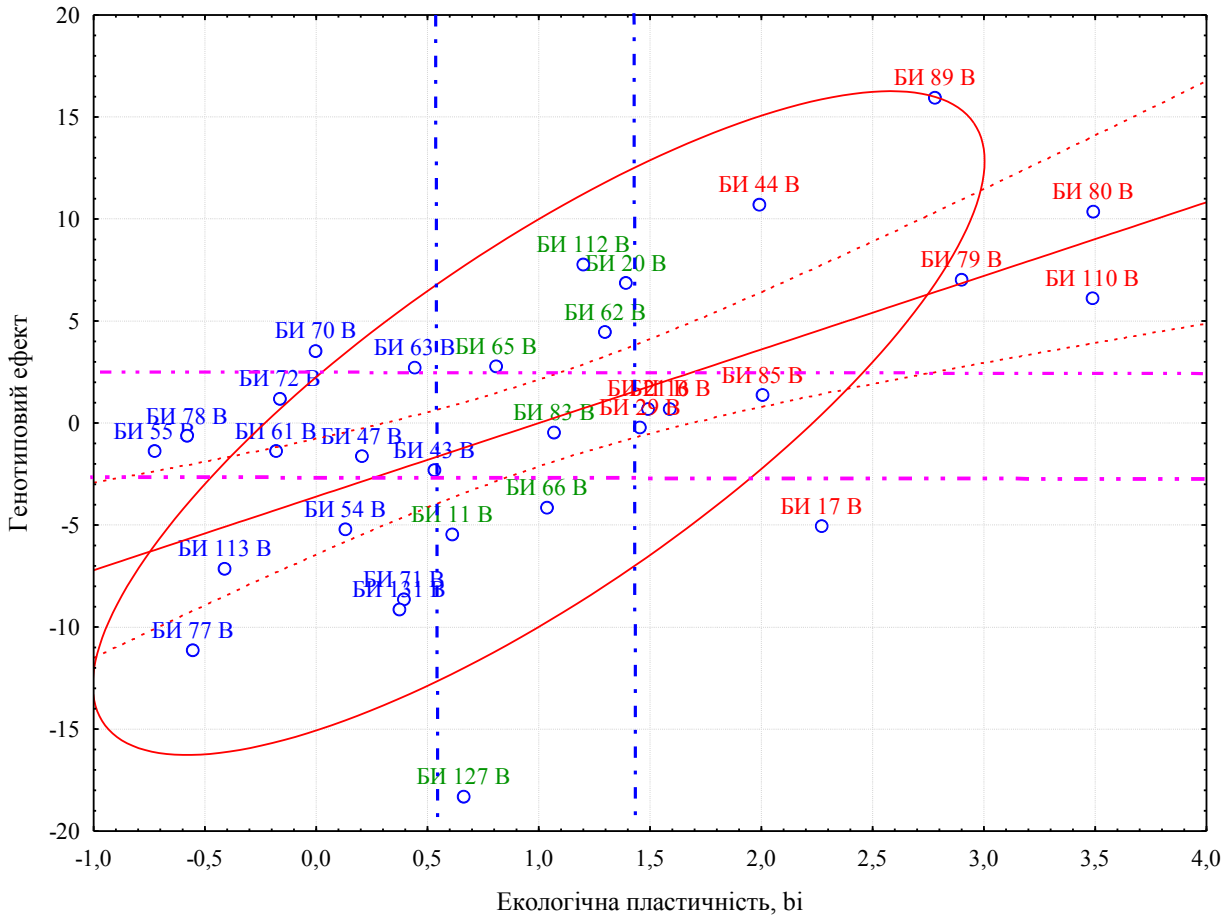



**Рис. 3.** Зв'язок екологічної пластичності і генотипового ефекту у створених ліній соняшнику, середнє за 2011–2013 рр.

Але при визначенні поєднання обох характеристик стійкості ліній до збудника фомопсису, зокрема генотипового ефекту з екологічною пластичністю, виявлено, що у кожному типі екологічної пластичності присутніми є всі рівні прояву генотипового ефекту, і навпаки – у кожному рівні прояву генотипового ефекту є всі типи екологічної пластичності. Нами виділено ряд ліній з поєднанням обох характеристик, що являє цінність для селекції соняшнику. Так, за поєднанням високого рівня генотипового ефекту ($E_i$ від -11,13 до -5,22) і гомеостатичністю ($b_i$ від -0,55 до -0,39) за стійкістю до фомопсису виділено п'ять ліній – БИ 54 В, БИ 71 В, БИ 77 В, БИ 113 В, БИ 131 В. Середню пластичність ($b_i$ = 0,61–1,04) і високий рівень генотипового ефекту ($E_i$ від -18,30 до -4,13) поєднували три лінії (БИ 11 В, БИ 66 В, БИ 127 В). Поєднання гомеостатичності ($b_i$ від-0,73 до 0,53) з середнім рівнем прояву генотипового ефекту ($E_i$ від -2,30 до 1,20) виявлено у шести ліній (БИ 43 В, БИ 47 В, БИ 55 В, БИ 61 В, БИ 72 В, БИ 78 В). У середньопластичної ($b_i$ = 1,07) лінії БИ 83 В виявлено середній рівень прояву генотипового ефекту ($E_i$ = -0,47).

Ці лінії також характеризуються комплексом цінних господарських ознак (табл. 4).

За відсутністю галуження 12 з них віднесено до однокошикових (БИ 54 В, БИ 62 В, БИ 63 В, БИ 65 В, БИ 71 В, БИ 77 В, БИ 80 В, БИ 85 В, БИ 89 В, БИ 112 В, БИ 113 В, БИ 131 В), решта 14 – багатокошикові. Так, за тривалістю періоду сходи - цвітіння 51–55 діб, і відповідно, за тривалістю вегетаційного періоду 96–100 діб 17 ліній віднесено до середньоранніх, дев'ять (101–106 діб) – до середньостиглих.

Достовірно високий вміст олії (31,85–37,95 %) у насінні визначено в 11 ліній БИ 11 В, БИ 20 В, БИ 131 В, БИ 47 В, БИ 21 В, БИ 16 В, БИ 112 В, БИ 113 В, БИ 80 В, БИ 62 В, БИ 110 В.

Таблиця 4

**Характеристика ліній соняшнику за цінними господарськими ознаками і стійкістю до хвороб, провокаційний фон**

| Лінія | Цінна господарська ознака | | | | | | | Стійкість до хвороб | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Тривалість періоду, діб | | Тип галуження* | Олійність, % | Маса 1000 насінин, г | Висота, см | Діаметр кошика, см | інтенсивність розвитку, % | | кількість уражених рослин, % | бал |
| | сходи – цвітіння | вегетації | | | | | | фомопсис, 2011–2013 рр. | сірої гнилі, 2016 р. | НБР, 2016 р. | септоріоз, 2016 р. |
| БИ 11 В | 56 | 101 | + | 31,85* | 28,5 | 103,8 | 20,3 | 25,67 | 0,0* | 58,3 | 8 |
| БИ 16 В | 56 | 101 | + | 33,35* | 51,5 | 80,0 | 20,8 | 31,83 | 0,0* | 12,5 | 7 |
| БИ 17 В | 59 | 104 | + | 23,67 | 60,0 | 99,6 | 20,7 | 26,08 | 44,4 | 5,0 | 5 |
| БИ 20 В | 55 | 100 | + | 31,86* | 62,0* | 97,0 | 19,0 | 38,00 | 0,0* | 0,0 | 6 |
| БИ 21 В | 55 | 100 | + | 32,67* | 66,0* | 82,8 | 16,5 | 31,83 | 0,0* | 25,0 | 8 |
| БИ 29 В | 55 | 100 | + | 25,29 | 53,0 | 101,2 | 18,8 | 30,92 | 0,0* | 23,1 | 8 |
| БИ 43 В | 57 | 102 | + | 24,24 | 45,0 | 105,4 | 20,6 | 28,83 | 60,0 | 42,9 | 7 |
| БИ 47 В | 55 | 100 | + | 32,54* | 49,5 | 125,5 | 25,0 | 29,50 | 0,0* | 0,0 | 7 |
| БИ 54 В | 52 | 97 | - | 26,48 | 45,0 | 102,0 | 24,0 | 25,92 | 55,0 | 20,0 | 8 |
| БИ 55 В | 57 | 102 | + | 29,53 | 64,0* | 98,0 | 24,0 | 29,75 | 0,0* | 0,0 | 6 |
| БИ 62 В | 54 | 99 | - | 36,64* | 43,5 | 165,0 | 27,0 | 35,58 | 17,5 | 70,0 | 7 |
| БИ 63 В | 58 | 103 | - | 25,39 | 56,0 | 75,0 | 27,5 | 33,83 | 15,7 | 50,0 | 7 |
| БИ 65 В | 61 | 106 | - | 21,63 | 67,5* | 90,0 | 28,0 | 33,92 | 0,0* | 28,6 | 7 |
| БИ 70 В | 55 | 100 | + | 23,28 | 52,5 | 88,7 | 22,3 | 34,67 | 6,3* | 15,0 | 6 |
| БИ 71 В | 54 | 99 | - | 26,65 | 54,0 | 106,0 | 23,4 | 22,50* | 31,9 | 23,5 | 8 |
| БИ 77 В | 59 | 104 | - | 29,57 | 69,0* | 79,5 | 25,0 | 20,00* | 13,8 | 42,9 | 5 |
| БИ 78 В | 55 | 100 | + | 23,94 | 37,5 | 73,2 | 19,2 | 30,50 | 19,3 | 18,2 | 6 |
| БИ 79 В | 58 | 103 | + | 24,15 | 42,0 | 104,0 | 26,8 | 38,17 | 10,0 | 40,0 | 7 |
| БИ 80 В | 54 | 99 | - | 34,88* | 71,5* | 114,2 | 28,6 | 41,50 | 0,0* | 42,9 | 5 |
| БИ 83 В | 52 | 97 | + | 28,83 | 51,5 | 90,0 | 21,2 | 30,67 | 25,8 | 30,0 | 7 |
| БИ 85 В | 55 | 100 | - | 31,32 | 56,5 | 91,0 | 25,0 | 32,50 | 37,5 | 20,0 | 6 |
| БИ 89 В | 53 | 98 | - | 30,14 | 48,5 | 77,0 | 19,0 | 47,08 | 43,8 | 42,9 | 7 |
| БИ 110 В | 55 | 100 | + | 37,95* | 45,5 | 145,0 | 33,4 | 37,25 | 25,0 | 50,0 | 8 |
| БИ 112 В | 52 | 97 | - | 34,35* | 79,5* | 97,7 | 20,7 | 38,92 | 13,8 | 55,6 | 7 |
| БИ 113 В | 53 | 98 | - | 34,80* | 55,5 | 101,2 | 21,3 | 24,00* | 25,0 | 66,7 | 7 |
| БИ 131 В | 51 | 96 | - | 31,87* | 87,5* | 105,0 | 22,6 | 22,00* | 32,7 | 0,0 | 8 |
| Середнє | – | – | – | 29,5 | 55,5 | – | – | 31,13 | 31,64 | – | – |
| $НІР_{05}$ | – | – | – | 1,9 | 5,3 | – | – | – | – | – | – |
| ДІσ | – | – | – | – | – | – | – | 7,08 | 22,46 | – | – |

Примітка. *– достовірно на 5 % рівні значущості.

За висотою рослини 73,2–99,6 см 14 ліній БИ 78 В, БИ 63 В, БИ 89 В, БИ 77 В, БИ 16 В, БИ 21 В, БИ 70 В, БИ 65 В, БИ 83 В, БИ 85 В, БИ 20 В, БИ 112 В, БИ 55 В, БИ 17 В віднесено до низьких.

Середньою висотою (101,2–125,5 см) характеризувались 10 ліній БИ 29 В, БИ 113 В, БИ 54 В, БИ 11 В, БИ 79 В, БИ 131 В, БИ 43 В, БИ 71 В, БИ 80 В, БИ 47 В. Високими, 145 та 165 см визнано дві лінії БИ 110 В та БИ 62 В. За розміром кошика лінії віднесено до двох градацій цієї морфологічної ознаки. Так, переважна більшість ліній, а саме 21, характеризувались великим розміром кошика 20,3–33,4 см. П'ять з них (БИ 21 В, БИ 29 В, БИ 89 В, БИ 20 В, БИ 78 В) віднесено до середніх за діаметром кошика 16,5–19,2 см.

Підвищену масу 1000 насінин (60,0–87,5 г) мали дев'ять ліній (БИ 17 В, БИ 20 В, БИ 55 В, БИ 21 В, БИ 65 В, БИ 77 В, БИ 80 В, БИ 112 В, БИ 131 В). Середньою масою (37,5–56,5 г) характеризувалась 16 створених ліній. Одна лінія (БИ 11 В), за масою 1000 насінин 28,5 г віднесена до градації «мала».

За стійкістю до групи хвороб виділено три лінії БИ 20 В, БИ 47 В, БИ 55 В. В умовах надмірно зволожених весни і літа 2016 року, вони не мали симптомів ураження (0,0 % уражених рослин) збудниками несправжньої борошнистої роси і сірої гнилі. Ці лінії були стійкими (6–7 балів) до септоріозу, за інтенсивністю розвитку збудника фомопсису 29,5–38,0 % їх віднесено до середньостійких. Цінною за високою стійкістю до несправжньої борошнистої роси (0,0 % уражених рослин) і септоріозу (8 балів), фомопсису (22,0 % інтенсивності розвитку хвороби) визнано лінію БИ 131 В.Середня стійкість даної лінії до сірої гнилі (32,7 % ураженої площі кошика) за епіфітотійних умов розвитку хвороби у 2016 році свідчить про достовірність визначення стійкості.

Поряд зі стійкістю до хвороб, ці лінії характеризуються комплексом цінних селекційних ознак. Більшість з них – багатокошикові, що збільшує тривалість періоду продукування пилку, а однокошикова лінія БИ 131 В поєднує ранньостиглість (96 діб), крупний кошик (22,5 см), високий вміст олії (31,87 %) та масу 1000 насінин (87,5 г). Лінія БИ 20 В ранньостигла (100 діб), має високу олійність (31,86 %) і масу 1000 насінин (62,0 г) при низькорослості (97,0 см) і малому діаметрі кошика (19,0 см). Низькорosла (98,0 см) ранньостигла (102 доби) лінія БИ 55 В має переваги за крупністю кошика (24,0 см) та масою 1000 насінин (64,0 г).

Отже, серед 26 створених ліній соняшнику виділено цінні 15, які поєднують гомеостатичність чи середню пластичність з високим чи середнім рівнем прояву генотипового ефекту за стійкістю до фомопсису, з них п'ять ліній (БИ 54 В, БИ 71 В, БИ 77 В, БИ 113 В, БИ 131 В) поєднують гомеостатичність (bi від -0,55 до -0,39) і високий рівень генотипового ефекту (Ei від -11,13 до -5,22), три лінії (БИ 11 В, БИ 66 В, БИ 127 В) мають середню пластичність (bi = 0,61–1,04) і високий рівень генотипового ефекту (Ei від -18,30 до -4,13), шість гомеостатичних (bi від -0,73 до 0,53) ліній (БИ 43 В, БИ 47 В, БИ 55 В, БИ 61 В, БИ 72 В, БИ 78 В) з середнім рівнем прояву генотипового ефекту (Ei від -2,30 до 1,22), одна середньопластична (bi = 1,07) лінія (БИ 83 В) з середнім рівнем прояву генотипового ефекту (Ei = -0,47).

Серед них виділено ряд ліній соняшнику, які поєднують стійкість до хвороб з комплексом цінних ознак. Багатокошикова лінія-відновник фертильності пилку БИ 20 В характеризується ранньостиглістю (ТВП 100 діб) високою стійкістю (0,0 % уражених рослин) до несправжньої борошнистої роси та сірої гнилі, високими вмістом олії в насінні (31,86 %) і масою 1000 насінин (62,0 г). Однокошикова лінія-відновник фертильності пилку БИ 131 В ранньостигла (ТВП 96 діб), поєднує такі цінні ознаки як крупний кошик (22,5 см), високий вміст олії (31,87 %) та масу 1000 насінин (87,5 г), високу стійкість(0,0 % уражених рослин) до несправжньої борошнистої роси та сірої гнилі, септоріозу (8 балів), фомопсису (22,0 % ураженої площі стебла), гомеостатичність (bi = 0,37) та високий генотиповий ефект (Ei = -9,13) щодо інтенсивності розвитку фомопсису.

**Висновки.** На основі багаторічних досліджень розроблено схему створення ліній соняшнику з груповою стійкістю до збудників хвороб, яка характеризується безперервною щорічною оцінкою вихідного матеріалу в умовах провокаційного фону до збудників хво-

роб і лабораторних умовах з використанням високовірулентних рас збудника несправжньої борошнистої роси.

У результаті використання удосконалених методів диференціації вихідного матеріалу соняшнику за стійкістю до хвороб і практичному використанні розробленої системи імунологічних оцінок, яка визначає стійкість генотипів соняшнику залежно від рівня інфекційного фону хвороби з урахуванням впливу погодних умов і поширення хвороб за роками серед 26 новостворених ліній соняшнику виділено цінні 15, які поєднують гомеостатичність чи середню пластичність з високим чи середнім рівнем прояву генотипового ефекту за стійкістю до фомопсису, з них п'ять ліній (БИ 54 В, БИ 71 В, БИ 77 В, БИ 113 В, БИ 131 В)поєднують гомеостатичність (bi від -0,55 до -0,39) з високим рівнем генотипового ефекту (Ei від -11,13 до -5,22), три лінії (БИ 11 В, БИ 66 В, БИ 127 В) мають середню пластичність (bi = 0,61–1,04) і високий рівень генотипового ефекту (Ei від -18,30 до -4,13), шість гомеостатичних (bi від -0,73 до 0,53) ліній – БИ 43 В, БИ 47 В, БИ 55 В, БИ 61 В, БИ 72 В, БИ 78 В з середнім рівнем прояву генотипового ефекту (Ei від -2,30 до 1,20), одна (БИ 83 В) середньопластична (bi = 1,07) з середнім рівнем прояву генотипового ефекту (Ei =-0,47). Серед стійких ліній соняшнику виділено такі, що поєднують ознаку стійкості до хвороб з комплексом цінних ознак. (ТВП 100 діб) Лінія-відновлювач фертильності пилку БИ 20 В характеризується високою стійкістю (0,0 % уражених рослин) до несправжньої борошнистої роси та сірої гнилі, високими вмістом олії в насінні (31,86 %) і масою 1000 насінин (62,0 г), ранньостигла, багатокошикова. Лінія-відновник фертильності пилку БИ 131 В поєднує високу стійкість(0,0 % уражених рослин) до несправжньої борошнистої роси та сірої гнилі, септоріозу (8 балів), фомопсису (22,0 % ураженої площі стебла), гомеостатичність (bi = 0,37) та високий генотиповий ефект (Ei = -9,13) щодо інтенсивності розвитку фомопсису, крупний розмір кошику (22,5 см), високі показники вмісту олії (31,87 %) та маси 1000 насінин (87,5 г), ранньостигла (ТВП 96 діб), однокошикова.

Установлені закономірності теоретичного обґрунтування методології формування колекції ліній соняшнику за адаптивністю щодо стійкості до хвороб для поповнення колекційного фонду НЦГРРУ сприяють ефективності селекційної роботи при подальшому вивченні виділених за трирічними даними ліній використовують у селекційних програмах лабораторії селекції та генетики соняшнику Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр‘єва НААН.

**Список використаних джерел**


1. Кириченко В.В., Макляк К.М., Кривошеєва О.В., Супрун О.Г., Вареник Б.Ф., Крутько В.І., Кутіщева Н.М., Ведмедева К.В.Підсумки та перспективи досліджень з селекції соняшнику в Україні. Селекція і насінництво. 2011. Вип. 99. С. 3–10.
2. Рябчун В.К., Богуславський Р.Л. Проблеми та перспективи збереження генофонду рослин в Україні. Харків: УААН, Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр‘єва, 2002. 37 с.
3. Кривошеєва О.В., Рябчун В.К., Леонова Н.М., Ведмедева К.В. Національна базова колекція соняшнику в Україні як джерело цінних ознак в селекції. Запоріжжя: НТБ ІОК УААН, 2009. Вип. 14. С. 45–49.
4. Криворучко Т.М., Рябчун В.К., Боровська І.Ю., Петренкова В.П. Формування ознакової колекції сортів соняшнику за стійкістю до хвороб. Генетичні ресурси рослин. 2013. № 12. С. 20–31.
5. Боровська І.Ю., Петренкова В.П., Рябчун В.К, Колєшкова Т.М. Поповнення генофонду соняшнику за стійкістю до хвороб. Генетичні ресурси рослин. 2015. № 17. С. 53–65.
6. Задорожна О.А., Боровська І.Ю., Петренкова В.П., Криворучко Т.М. Стійкість форм соняшнику проти біотичних чинників за участю дикорослих видів. Сучасні наукові тенденції, досягнення в генетиці, селекції, технології вирощування та переробці олійних культур: збірник тез міжнародної наукової конференції (24–25 вересня 2014 р.). ІОК. Запоріжжя, 2014. С. 10–12.
7. Кириченко В.В., Михайлова В.Н. Генофонд подсолнечника и устойчивость к фомопсису. Тезисы докл. IX Всесоюзного совещания по иммунитету растений к болезням и вредителям. Минск, 1991. Т. 1. С. 137–138.

8. Петренкова В.П., Боровська І.Ю., Кириченко В.В. Стійкість соняшнику до некротрофних патогенів: монографія. Харків, 2012. 296 с.
9. Петренкова В.П. Імунологічні основи селекції соняшника на стійкість до некротрофних патогенів. Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть. Київ: Логос, 2001. Т. 2. С. 306–318.
10. Петренкова В.П., Кривошеєва О.В. Генофонд соняшнику, як вихідний матеріал для селекції. Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва: матеріали міжнар. конф., присвяченої 90-річчю від заснування Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр`єва УААН. Харків, 1999. С. 297.
11. Петренкова В.П. Стійкі сорти та гібриди. Захист рослин. 1997. № 11. С. 12–13.
12. Кириченко В.В. та ін. Результати селекції соняшнику за 90 років. Наукові основи стабілізації виробництва продукції рослинництва: матеріали міжнар. конф., присвяченої 90-річчю від заснування Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр`єва УААН. Харків, 1999. С. 73–78.
13. Петренкова В.П. Інтенсифікація селекції соняшнику на стійкість проти некротрофних патогенів. Вісник аграрної науки. 2000. № 12. С. 36–38.
14. Пустовойт Г.В., Илатовский В.П., Слюсарь Э.Л. Результаты и перспективы селекции подсолнечника на групповой иммунитет методом межвидовой гибридизации. Материалы VII международной конференции по подсолнечнику (27 июня–3 июля 1976 г.). ВНИИМК. Краснодар, 1978. С. 95–101.
15. Трибель С.О., Сігарьова Д.Д., Секун М.П., Іващенко О.О. та ін. Методики випробування і застосування пестицидів. За ред. С.О. Трибеля. К.: Світ, 2000. 448 с.
16. Чумаков А.Е., Минкевич И.И., Власов Ю.И., Гаврилова Е.А. Основные методы фитопатологических исследований. Под. ред. А.Е. Чумакова. Москва: Колос, 1974. 190 с.
17. Петренкова В.П., Боровська І.Ю., Лучна І.С. та ін. Методика формування колекцій польових культур за стійкістю до біотичних чинників. За ред. В.П. Петренкової. Харків: НААН, Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр‘єва. 2015. 111 с.
18. Петренкова В.П., Боровська І.Ю., Кириченко В.В. Основні хвороби соняшнику та визначення стійкості до них. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навч. посіб. за ред. В.В. Кириченка, В.П. Петренкової. Харків: НААН, ІР ім. В.Я. Юр‘єва, 2012. С. 270–292.
19. Кириченко В.В. та ін. Ідентифікація морфологічних ознак соняшнику (Helianthus L.): посібник. Харків: НААН, ІР ім. В. Я. Юр‘єва, 2007. 78 с.
20. Бабаянц О.В., Бабаянц Л.Т. Основы селекции и методология оценок устойчивости пшеницы к возбудителям болезней. Одесса, 2014. 401 с.
21. Долгова О.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.
22. Літун П.П., Кириченко В.В., Петренкова В.П., Коломацька В.П. Адаптивная селекция. Теория и практика на современном этапе. Харьков: УААН, Ин-т растениеводства им. В.Я. Юрьева, 2007. 270 с.
23. Літун П.П., Кириченко В.В., Петренкова В.П., Коломацька В.П. Системний аналіз в селекції польових культур : навчальний посібник. Харків: УААН, Ін-т рослинництва ім. В.Я. Юр'єва, 2009. 351 с.
24. Литун П.П. Взаимодействие генотип-среда в генетических исследованиях и способы его изучения. Проблемы отбора и оценки селекционного материала. Киев: Наукова думка, 1980. С. 63–93.
25. Eberhart S.A., Russel W.A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 1966. Vol. 6. № 1. P. 36–40.
26. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология. 1984. № 40. С. 109–113.
27. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных. Москва: Колос, 1972. 207 с.

28. Рокицкий П.Ф. Введение в статистическую генетику. Минск: Вышэйшая школа, 1974. 448 с.
29. Боровська І.Ю. Методологічні основи селекції соняшнику на стійкість до основних хвороб та їх практичне використання : дис. ... д. с.-г. наук; 06.01.05. – селекція і насінництво. Харків, 2017. 504 с.
30. Боровська І.Ю. Створення ліній соняшнику з груповою стійкістю до хвороб. Селекція і насінництво. 2014. Вип. 105. С. 5–15.
31. Петренкова В.П., Боровська І.Ю., Рябчун В.К., Колєшкова Т.М. Закономірності формування робочої колекції ліній соняшнику за стійкістю проти хвороб. Перспективи та стратегія адаптивного і ресурсозберігаючого вирощування олійних культур в умовах зміни клімату: збірник тез міжнародної наукової Інтернет-конференції. ІОК НААН. Запоріжжя, 2015. С. 8–9.
32. Коломацька В.П. Методологічні основи гетерозисної селекції соняшнику на адаптивність : дис. … докт. с.-г. наук : 06.01.05 селекція і насінництво. Харків, 2015. 481 с.
33. Куркова И В., Терехин М.В. Оценка экологической пластичности сортов яровой мягкой пшеницы селекции Дальнего Востока. Вестник алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 7(45). С. 8–11.

**References**

1. Kyrychenko VV, Makliak KM, Kryvosheieva OV, Suprun OH, Varenyk BF, Krutko VI, Kutishcheva NM, Vedmedeva KV. Results and prospects of research in sunflower breeding in Ukraine. Sel. Nasinn. 2011; 99: 3–10.
2. Ryabchun VK, Bohuslavs'kyy RL. Problems and perspectives of preservation of the genepool of plants in Ukraine. Kharkiv, 2002. 37 p.
3. Kryvosheyeva OV, Ryabchun VK, Leonova NM, Vedmedeva KV. The National Base Collection of Sunflower in Ukraine as a source of valuable features in breeding. Zaporizhzhya, 2009. Issue 14. P. 45–49.
4. Kryvoruchko TM, Ryabchun VK, Borovs'ka IYu, Petrenkova VP. Formation of a representative collection of sunflower varieties for disease resistance. Henetychni Resursy Roslyn 2013. № 12. P. 20–31.
5. Borovs'ka IYu, Petrenkova VP, Ryabchun VK, Kolyeshkova TM. Replenishment of the gene pool of sunflower for disease resistance. Henetychni Resursy Roslyn 2015. № 17. P. 53–65.
6. Zadorozhna OA, Borovs'ka IYu, Petrenkova VP, Kryvoruchko TM. Sustainability of sunflower forms against biotic factors with the participation of wild species. Proc. of the Internat. Scien. Conf. Modern scientific trends, achievements in oil crop genetics, breeding, cultivation technology and processing.2014 Sept 24–25, IOK. Zaporizhzhya, 2014. P. 10–12.
7. Kyrychenko VV, Mykhaylova VN. The sunflower gene pool and resistance to phomopsis. Abstracts of the 9th All-Union Meeting on Plant Immunity to Diseases and Pests. Minsk, 1991. T. 1. P. 137–138.
8. Petrenkova VP, Borovs'ka IYu, Kyrychenko VV. Resistance of sunflower to necrotrophicpathogens. Kharkiv, 2012. 296 p.
9. Petrenkova VP. Immunological bases of sunflower breeding for resistance to necrotrophic pathogens. In: Genetics and breeding in Ukraine at the turn of the millennium. Kyiv: Logos, 2001. T. 2. P. 306–318.
10. Petrenkova VP, Kryvosheyeva OV. The gene pool of sunflower, as the source material for breeding. Scientific basics of stabilization of crop production: Proceedings of the International Conference dedicated to the 90th anniversary of the foundation of the Institute of Plant Production Institute nd. a. VYa Yuriev of UAAS. Kharkiv, 1999. P. 297.
11. Petrenkova VP. Sustainable varieties and hybrid. Zakhyst roslyn. 1997; 11: 12–13.
12. Kyrychenko VV et al. Results sunflower breeding for 90 years. Proc. of the Internat. Scien. Conf. Plant Production Institute nd a VYa Yuriev of NAAS. Kharkiv, 1999. P. 73–78.
13. Petrenkova VP. Intensification of selection of sunflower against resistance to necrotrophicpathogens. Visnyk agrarnoyi nauky. 2000; 12: 36–38.

14. Pustovoyt HV, Ilatovskyy VP, Slyusar' EL. Results and prospects of breeding of sunflower on group immunity by the method of inter-species hybridization. Proc. of the Internat. Scien. Conf. of Sunflower, 1976 June 27–Jule 3, VNYYMK. Krasnodar, 1978. P. 95–101.
15. Trybel' SO, Sigariova DD, Sekun MP, Ivashchenko et al. Methods of testing and application of pesticides. In: SO Trybel, editor. Kyiv:Svit, 2000. 448 p.
16. Chumakov AE, Mynkevych YY, Vlasov YuY, Havrylova EA. Basic methods of phytopathological research. In: AE Chumakov, editor. Moscow: Kolos, 1974. 190 p.
17. Petrenkova VP, Borovs'ka IYu, Luchna IS et al. Method of formation of collections of field crops for resistance to biotic factors. In: VP Petrenkova, editor. Kharkiv, 2015. 111 p.
18. Petrenkova VP, Borovs'ka IYu, Kyrychenko VV. Basic diseases of sunflower and determination of resistance to them. Basis of selection of field crops for resistance to harmful organisms. In: VV Kyrychenko, VP Petrenkova, editors. Kharkiv, 2012. P. 270–292.
19. Kyrychenko VV et al. Identification of the morphological characteristics of sunflower (Helianthus L.). 2007. 78 p.
20. Babayants OV, Babayants LT. Fundamentals of breeding and methodology of evaluations of wheat resistance to pathogens of diseases. Odesa, 2014. 401 p.
21. Dolgova OM, Alad'yna ZK, Mykhaylova VN. Express method of estimating sunflower on resistance to downy mildew. Selektsyia i semenovodstvo. 1990; 68: 50–55.
22. Litun PP, Kyrychenko VV, Petrenkova VP, Kolomats'ka VP. Adaptive breeding. Theory and practice at the present stage. Kharkiv, 2007. 270 p.
23. Litun PP, Kyrychenko VV, Petrenkova VP, Kolomats'ka V. System analysis in the breeding of field crops. Kharkiv, 2009. 351 p.
24. Litun PP. Interaction of genotype-environment in genetic researches and methods of its study. Problems of selection and evaluation of breeding material.Kyiv:Naukova dumka, 1980. P. 63–93.
25. Eberhart SA, Russel WA. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 1966; 6(1): 36–40.
26. Pakudin VZ, Lopatina LM. Estimation of ecological plasticity and stability of varieties of agricultural crops. Sel'skokhoziay stvennaia biologiia. 1984; 40: 109–113.
27. Dospekhov BA. Planning of field experience and statistical processing of its data. Moscow:Kolos, 1972. 207 p.
28. Rokytskyy PF. Introduction to statistical genetics. Minsk :Vysheyshaia shkola, 1974. 448 p.
29. Borovska IYu. Methodological basics of sunflower breeding for resistance to major diseases and their practical use. [dissertation]. [Plant Production Institute nd a VYa Yuriev of NAAS]. Kharkiv, 2017. 504 p.
30. Borovs'ka IYu. Creation of lines of sunflower with a group resistance to diseases. Sel. Nasinn. 2014; 105: 5–15.
31. Petrenkova VP, Borovs'ka IYu, Ryabchun VK, Kolieshkova TM. Patterns of formation of a working collection of sunflower lines for disease resistance. Proc. of the Internat. Scien. Conf. IOK NAANP rospects and strategy of adaptive and resource-saving cultivation of oil crops under climate changes. Zaporizhzhya, 2015. P. 8–9.
32. Kolomats'ka VP. Methodological bases of heteroseous breeding of sunflower on adaptability. [dissertation]. [Plant Production Institute nd a VYa Yuriev]. Kharkiv, 2015. 481 p.
33. Kurkova YV, Terekhyn MV. Estimation of ecological plasticity of spring varieties of soft wheat of Far East breeding. Vestnyk Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universyteta. 2008; 7(45): 8–11.

## *МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ КОЛЛЕКЦИИ ЛИНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА ЗА АДАПТИВНОСТЬЮ ПО УСТОЙЧИВОСТИ К БОЛЕЗНЯМ*

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

**Цель.** Теоретическое обоснование методологии формирования коллекции линий подсолнечника за адаптивностью по устойчивости к болезням для пополнения коллекционного фонда НЦГРРУ.

**Результаты и обсуждение.** В статье изложены результаты теоретического обоснования и целесообразности практического применения интервальных оценок, как критериев динамической системы определения иммунологической характеристики генотипов по устойчивости к возбудителям ложной мучнистой росы (*Plasmopara helianthi* Novot. f. *helianthi*), фомопсиса (*Phomopsis / Diaporthe helianthi* Munt. - Cvet. Etal.) и серой гнили (*Botrytis cinerea* Pers.) на основе динамики распространенности болезней по годам с учетом влияния погодных условий. Разработана схема создания исходного материала подсолнечника, устойчивого к болезням, в результате практического применения которой в течение 2007–2013 гг. созданы 26 линий-восстановителей фертильности пыльцы подсолнечника, с различным сочетанием устойчивости к основным болезням. Определен тип адаптивности созданных линий относительно интенсивности развития фомопсиса. Выделены15 линий, сочетающих гомеостатичность или среднюю пластичность с высоким или средним уровнем проявления генотипического эффекта относительно устойчивости к фомопсису, из них пять (БИ 54 В, БИ 71 В, БИ 77 В, БИ 113 В, БИ 131 В) объединяют гомеостатичность ($b_i$от -0,55 до -0,39) и высокий уровень генотипического эффекта ($E_i$от -11,13 до -5,22), три линии (БИ 11 В, БИ 66 В, БИ 127 В) имеют среднюю пластичность ($b_i$ = 0,61–1,04) и высокий уровень генотипического эффекта ($E_i$от -18,30 до -4,13), шесть гомеостатических ($b_i$от -0,73 до 0,53) линий (БИ 43 В, БИ 47 В, БИ 55 В, БИ 61 В, БИ 72 В, БИ 78 В) со средним уровнем проявления генотипического эффекта ($E_i$от -2,30 до 1,22), одна (БИ 83 В) среднепластичная ($b_i$ = 1,07) линия со средним уровнем проявления генотипического эффекта ($E_i$ = -0,47). Линия-восстановитель фертильности пыльцы БИ 20 В характеризуется высокой устойчивостью к ложной мучнистой росе и серой гнили, высокими содержанием масла в семенах (31,86 %) и массой 1000 семян (62,0 г), раннеспелая, многокорзиночная. Линия-восстановитель фертильности пыльцы БИ 131 В сочетает высокую устойчивость (0,0 % пораженных растений ) к ложной мучнистой росе и серой гнили, септориозу (8 баллов), фомопсису (22,0 % пораженной площади стебли), гомеостатичность ($b_i$ = 0,37), высокий генотипический эффект ($E_i$ = -9,13) выраженный слабой интенсивностью развития фомопсиса, крупный размер корзинки (22,5 см), высокое содержание масла в семенах (31,87 %) и массу 1000 семян (87,5 г), раннеспелая, однокорзиночная.

**Выводы.** Таким образом, в данной работе представлены результаты теоретического обоснования методологии формирования коллекции линий подсолнечника по адаптивности по устойчивости к болезням. Создан устойчивый к основным болезням исходный материал подсолнечника. Среди созданных линий выделены 15, сочетающих гомеостатичность, высокий генотипический эффект, выраженный слабой интенсивностью развития фомопсиса и комплекс ценных хозяйственных признаков. Линии переданы на предрегистрационную экспертизу в НЦГРРУ для последующего формирования специальной коллекции линий подсолнечника за адаптивностью по устойчивости к возбудителю фомопсиса.

***Ключевые слова :****подсолнечник, линия, пораженность, возбудитель, раса, ложная мучнистая роса, серая гниль, фомопсис, адаптивность, пластичность*

## *METHODOLOGY FOR FORMING A SPECIAL COLLECTION OF SUNFLOWER LINES BY ADAPTABILITY IN RESISTANCE TO DISEASES*

Borovskaya I.Yu., Petrenkova V.P.
Plant Production Institute named after V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine

**The aim and tasks of the study.** Theoretical justification of the methodology for forming a collection of sunflower lines by adaptability in resistance diseases to augment the collection fund of the NCPGRU.

**Results and discussion**. The article presents the results of the theoretical justification and expediency of practical application of interval estimates as criteria of a dynamic system for evaluation of immunological characteristics of genotypes in terms of resistance to pathogens of downy mildew (*Plasmopara helianthi* Novot. f. *helianthi*), stem canker (*Phomopsis / Diaporthe helianthi* Munt. –Cvet. et al.) and gray mold (*Botrytis cinerea* Pers.) on the basis of the year-by-year prevalence of disease, taking into account the influence of weather conditions. A scheme for creating starting material of disease-resistant sunflower was developed as a result of practical application of this system in 2007–2013. Twenty-six sunflower lines - pollen fertility restorers with different combinations of resistance to major diseases were created. The type of adaptability of these lines was determined in relation to the stem canker development intensity. Fifteen lines combining homeostaticity or medium plasticity with a high or medium level of the genotypic effect with respect to stem canker were identified;5 of them (BI 54 V, BI 71 V, BI 77 V, BI 113 V, and BI 131 V) combine homeostaticity ($b_i$within -0.55 –-0.39) and a high level of the genotypic effect ($E_i$ within -11,13 – -5,22); 3 lines (BI 11 V, BI 66 V, and BI 127 V) have an medium plasticity ($b_i$ = 0,61–1,04) and a high level of the genotypic effect ($E_i$within -18,30–-4,13); 6 lines (BI 43 V, BI 47 B, BI 55 V, BI 61 V, BI 72 V, and BI 78 V) are homeostatic ($b_i$ within -0,73 – 0,53) with a medium level of the genotypic effect ($E_i$within -2,30–1,22); and 1 line (BI 83 V) is mid-plastic ($b_i$ = 1.07) with a medium level of the genotypic effect ($E_i$ = -0.47). Line- pollen fertility restorer BI 20 V is characterized by high resistance to downy mildew and gray mold, high oil content in seeds (31,86 %) and 1000-seed weight of 62,0 g; it is early ripening and multi-calathidium. Line- pollen fertility restorer BI131 V combines high resistance (0,0 % of affected plants) to downy mildew and gray mold, Septoria blight (8 points), and stem canker (22,0 % of affected stemarea), homeostaticity ($b_i$ = 0,37), a high genotypic effect ($E_i$ = -9,13) manifested as weak intensity of stem canker development, a large calathidium (22,5 cm), high oil content in seeds (31,87 %) and 1000-seed weight of 87,5 g; it is early ripening and mono-calathidium.

**Conclusions.** Thus, this paper presents the results of the theoretical justification of the methodology for forming of a collection of sunflower lines byadaptatbility in disease resistance. Starting material of sunflower that is resistant to the major diseases was created. Of the lines created, 15 were distinguished, since they combinehomeostaticity, a high genotypic effect manifested as weak intensity of stem canker development and a set of economically valuable traits.The lines were submitted for pre-registration examination at the NCPGRU for subsequent formation of a specific collection of sunflower lines by adaptability in resistance to *Phomopsis helianthi*.

***Key words:*** *sunflower, line, affection, pathogen, race, downy mildew, gray mold, stem canker, adaptability, plasticity*