

The results of the accelerated aging experiment by B.S. Likhachev's method showed that the moisture level of 6% was closer to the optimal one for long-term storage as compared to the moisture content of 5% and 7%.

Freezing either had a positive effect on seed parameters or did not change them. The AOA had a positive significant correlation with the germination power:  $r = 0.98$ . The indices of the freezing effect on the germination power, germinability and sprout length closely and positively correlated with the AOA of seeds after freezing:  $r = 0.79 - 0.87$ .

**Conclusions.** The close significant positive correlation between the AOA level in the control and the indices of germination power, germinability and sprout length after freezing ( $r = 0.79 - 0.87$ ) allows us to predict (to some extent) the response of seeds of wheat accessions to freezing from the initial AOA index. More specifically, the higher AOA level is, the greater the seed parameters increase under the influence of freezing.

**Key words:** *wheat, seeds, longevity, antioxidant activity, accelerated aging, freezing, germination power, germinability*

УДК 635.656 : 631.527 : 575

### УСПАДКУВАННЯ ЦІННИХ ГОСПОДАРСЬКИХ ОЗНАК У F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> ГІБРИДІВ ГОРОХУ

Сокол Т.В.

Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, Україна

У статті наведено результати вивчення особливостей успадкування в F<sub>1</sub> гібридних популяцій гороху висоти рослин, основних елементів продуктивності та ознаки стійкості до збудників фузаріозної кореневої гнилі (*Fusarium spp.*) за ступенем домінантності. Визначено донорські властивості джерел стійкості та кількість генів, що контролюють ознаку стійкості до фузаріозу. Виділено ряд гібридних комбінацій, у яких прогнозується посилення прояву цінних ознак у наступних поколіннях, що дозволить провести добори та створити стійкий і продуктивний вихідний матеріал для селекції гороху. Визначено перспективи подальших досліджень.

**Ключові слова:** *горох, фузаріозна коренева гниль, штучний інфекційний фон, стійкість до хвороби, гібридизація, гібрид, ступінь домінантності, донорські властивості*

**Вступ.** Здавна зернобобові культури використовувались як важливе джерело білка. Горох має важливе значення не тільки для одержання високоякісного рослинного білка, а ще й агротехнічне. Однією з причин низької врожайності гороху є ураження рослин збудниками різних хвороб. За даними ряду дослідників ураження гороху фузаріозом, починаючи з ранніх фаз розвитку рослин, впливає на ріст та розвиток як кореневої системи, так і всієї рослини. При сильному ураженні кореневими гнилями гинуть сходи і дорослі рослини, знижується урожайність зерна до 50 % і більше, погіршується його товарна цінність. У даний час фузаріозна коренева гниль поширена в усіх районах вирощування культури: в Україні ураження гороху цією хворобою варіює за роками і зонами від 13 до 80 %. Втрати врожаю становлять близько 30 %, при цьому вміст білка знижується на 3–5 %. Створення стійких сортів є визнаним у всьому світі найбільш ефективним, економічно обґрунтованим і досконалим з погляду охорони навколишнього середовища методом захисту рослин, оскільки стійкість до збудників хвороб є важливим фактором стабільності виробництва будь-якої культури [1, 2, 3, 4]. На теперішній час найбільш розповсюдженим та ефектив-

ним методом селекції гороху є внутрішньовидова гібридизація, а визначення закономірностей спадковості та мінливості гібридів є теоретичною основою селекції. Провідним методом генетичних досліджень є гібридологічний аналіз, що дозволяє виявити характер закономірностей успадкування певних ознак потомствами гібридних поколінь.

**Аналіз літературних джерел, постановка проблеми.** Створення нових сортів, що мають ефективну і довготривалу стійкість до хвороб грибної етіології, є першочерговим завданням у селекційних програмах гороху. Стратегія селекції полягає в доскональному вивченні і підборі вихідного матеріалу, визначенні його генетичної цінності і механізмів успадкування цінних господарських ознак. Оскільки основним методом селекції гороху є гібридизація, успіх її в значному ступені залежить від батьківських форм, залучених в схрещування [5, 6]. Поряд з селекцією стійких до фузаріозу сортів гороху необхідно вивчати і закономірності стійкості та її успадкування [7]. Селекція на стійкість до фузаріозу має ряд труднощів через те, що недостатньо вивчено біологічні особливості збудників хвороби, відсутні імунні форми до *Fusarium spp.*, немає чітких критеріїв відбору резистентних генотипів. Стійкість до цієї групи патогенів контролюється численними механізмами, кожен з яких забезпечує опірність рослин на певних етапах їх розвитку [8]. Як правило, практичний інтерес для селекції мають тільки ті гібриди, у яких в  $F_1$  домінує стійкість. Якщо ж рослини  $F_1$  уражуються збудниками хвороби, то в наступних поколіннях стійкі форми відібрати неможливо [4, 9, 10]. Так, при вивченні успадкування ознаки стійкості до *Fusarium oxysporum f. Pisi* Кирпичовою Т.С. встановлено домінування стійкості до патогена, якщо материнською формою є стійкий сорт [11]. Нові сорти гороху, окрім високої урожайності та інших цінних господарських ознак, повинні характеризуватись підвищеною стійкістю до основних хвороб та шкідників, а гібридизація дає можливість отримати гібридні популяції, визначити ступінь домінантності тієї чи іншої ознаки в гібридному поколінні та в подальшому провести добір бажаних форм. Дослідами окремих авторів доведено, що добір на інфекційному фоні з метою створення стійких ліній може позитивно впливати на підвищення показників елементів продуктивності рослин [12, 13]. Кращий результат забезпечує добір найбільш стійких до хвороб та витривалих форм на жорсткому інфекційному фоні серед біотипів, що складають популяцію. М.І. Вавилов наголошував, що індивідуальний добір стійких форм з популяції рослин із наступним випробуванням їх потомства є основним методом, який дає надійний вихідний матеріал для селекції [14]. У самозапильних культур стійкість може бути передано шляхом схрещувань зі стійкими формами. Її легко збалансувати, забезпечуючи самозапилення в наступних поколіннях і добираючи стійкі рослини в  $F_2$  і наступних поколіннях [15, 16].

Необхідною умовою для вирішення проблеми створення стійких до фітопатогенів сортів гороху є постійний пошук нових джерел стійкості, оскільки вони мають здатність втрачати свої властивості через зміни умов навколишнього середовища, мінливість у популяціях патогенів та зміну сортового складу польових культур. Для обґрунтованого використання в селекції донорів стійкості необхідна інформація про їх основні ознаки та властивості. Важливими є відомості про їх генетичну основу стійкості – гени стійкості та їх взаємодію. В багатьох випадках стійкість гороху до хвороб контролюється одним, частіш за все домінантним геном. Так, гени *Fu* і *Fnu* визначають стійкість до збудників відповідно 1-ї і 2-ї раси в'янення, а рецесивні алелі *fu* і *fnu* – сприйнятливість до них. Чекалін М.М. зазначає, що у *Fusarium oxysporum f. sp. pisi* існує п'ять різних фізіологічних рас патогена, контроль якими здійснюється чотирма домінантними та одним рецесивним геном стійкості. Тобто стійкість до даного збудника є расоспецифічною, яка є нетривалою. Разом з тим, ген *Fw*, який знаходиться у 50 % сортів гороху, зберігає ефективну стійкість до *F. oxysporum pisi* (раса 1) впродовж 20 років. Ген *Fnw*, ефективний проти раси 2, також має здатність контролювати стабільну стійкість. Гени *Fw* та *Fnw* знаходяться у IV хромосомі, між ними існує слабе зчеплення – частота перехресту становить 40 %. Стійкість до раси 5 *F. oxysporum pisi* контролює ген *Fwf*, що також знаходиться у IV хромосомі. Аналіз стійкості гороху до фузаріозу з використанням молекулярних маркерів дозволив встановити, що RLFP-маркери p.252, p.254, p.248, p.227, p. 105, p.236 та RAPD-маркери H19, U14, U15 зчеплені з генами стійкості *to* (віруси BYMV, PCMV), *Fw* (фузаріоз), *er* (борошниста роса) [17].

**Метою досліджень** було визначення характеру успадкування найважливіших господарських ознак гороху, виділення кращих генотипів для подальших досліджень та створення перспективного вихідного матеріалу з комплексом цінних ознак. Для її вирішення проводили гібридизацію з наступною оцінкою  $F_1$ – $F_2$  гібридів гороху. До схрещування залучено джерела стійкості до фузаріозу, визначені у попередні роки.

**Матеріал і методи.** Досліди проводили в інфекційному розсаднику лабораторії імунітету рослин до хвороб та шкідників Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Попередник – чорний пар, посів гороху проводили в оптимальні для культури строки. Зразки висівали ручним способом (саджалками) рядками довжиною 1 м. У процесі виконання дослідження використовували фітопатологічні (створення штучного інфекційного фону, обліки ураженості рослин) [18, 19], мікологічні (виділення збудників фузаріозу в чисту культуру) [20, 21], селекційні (гібридизація, індивідуальний добір) [22] та статистичні (визначення успадкування за ступенем домінантності та критерію  $\chi^2$ ) методи досліджень [23, 24]. Гібридизацію та визначення цінних господарських ознак  $F_1$  гороху проводили на природному фоні, тобто без застосування штучного зараження фузаріозом, а стійкість визначали на штучному інфекційному фоні. Оскільки потенційну стійкість можна виявити лише в умовах високого штучного інфекційного фону або ж у рік епіфітотії, то особливу увагу приділяли його створенню. Для цього інфікували насіння при сівбі міцелієм найбільш патогенних ізолятів гриба *Fusarium* spp., заздалегідь нарощеним на живильному середовищі (використовували місцеву популяцію збудників, виділених із районуваних сортів гороху). Для вивчення імунологічних властивостей  $F_1$  та  $F_2$  у фазі наливу бобів проводили облік за площею ураженої поверхні кореневої системи рослин гороху. Для цього викопували на ділянці рослини, відмивали корені і визначали ураження кореневої системи кожної облікової рослини. Потім вираховували показник інтенсивності ураження кореневої системи кожної гібридної комбінації та батьківських форм. Для проведення гібридологічного аналізу  $F_2$  гороху та визначення кількості генів, що контролюють стійкість, одержані дані ураження кореневої системи кожної рослини групували в два класи, а саме стійкі (бал 0–2, оцінені за відповідною п'ятибальною шкалою) та сприйнятливі (бал 3–4). Отримані співвідношення класів стійких та сприйнятливих рослин порівнювали з одним із теоретично очікуваних менделевських відношень та будували припущення про можливу кількість та взаємодію генів стійкості.

**Результати та їх обговорення.** Щорічно для виділення джерел стійкості до фузаріозної кореневої гнилі на штучному інфекційному фоні досліджували стійкість колекційних зразків гороху. У 2014 році проведено гібридизацію із залученням виділених у попередні роки джерел стійкості до фузаріозу. Експериментальні  $F_1$  гібриди гороху (13 комбінацій) отримано за участю зразків з помірною стійкістю до фузаріозу (Алекс, Свитанок, Темп, Рамбел, Миллениум) та сприйнятливих до збудників хвороби сортів (Лавр, Шквал, Фокор, 1370-5). При підборі пар для схрещування враховували показники розповсюдженості хвороби та інтенсивності її розвитку впродовж трьох років в умовах високого інфекційного фону. Ознака стійкості до хвороб здатна проявитись у різному ступені в окремі роки за певних умов вирощування та в залежності від інфекційного навантаження, як правило, в екстремальних для рослини умовах. Саме такі умови забезпечують повний або майже повний прояв ураження патогеном усіх нестійких рослин популяції. Погодні умови впродовж 2014–2016 рр. дослідження були сприятливими для розвитку збудників фузаріозної кореневої гнилі. Так, рівень інфекційного фону (ураженість сортів-еталонів сприйнятливості) був у межах від 60,7 % у 2014 році до 48,8 % у 2016 році, що забезпечило достовірне визначення стійкості у батьківських форм та гібридів гороху.

У рослин  $F_1$  та батьківських форм гороху на природному фоні визначали висоту рослин та основні елементи продуктивності, а стійкість до збудників фузаріозу – на штучному інфекційному фоні. За результатами обліків у  $F_1$  вираховували ступінь домінантності стійкості та ознак продуктивності. Продуктивність – це складна ознака, що контролюється багатьма факторами і в значному ступені залежить від умов навколишнього середовища. Тому з метою вивчення успадкування вищезначених ознак було проаналізовано  $F_1$  гороху

та їх батьківські форми і визначено ступінь домінантності. Характер успадкування цінних господарських ознак у наших дослідженнях мінливий і залежить в значному ступені від комбінації схрещування. Окрім «насінневої продуктивності» гороху, яка визначається кількістю бобів, кількістю та масою насіння з однієї рослини, слід приділяти увагу такій ознаці як «висота рослини». Так, у досліджених гібридних комбінаціях за висотою рослин було відмічено всі типи успадкування – від депресії (46,15 %) до гетерозису, або позитивного наддомінування (15,38 %), (табл. 1). За ознакою «кількість бобів з рослини» гетерозис проявився у більшості, а саме у семи гібридних комбінаціях, що складає 53,85 %; у трьох комбінаціях, або 23,08 % спостерігали проміжне успадкування. За ознакою «кількість насінин в бобі» гетерозис відмічено у чотирьох, або 30,77 % гібридних комбінаціях, у восьми ж гібридних комбінаціях (61,54 %) ознака успадковувалась за типом депресії. За ознакою «кількість насінин з рослини» гібридні комбінації розподілено таким чином: шість комбінацій, або 46,15 % успадковували цю ознаку за типом гетерозису, три (23,08 %) мали негативне домінування та по дві (15,38 %) комбінації мали проміжне успадкування та депресію. За ознакою «маса насіння з рослини» гетерозис проявився у шести (46,5 %) комбінацій, у трьох (23,08 %) відмічено депресію та по дві (15,38 %) комбінації мали проміжне успадкування та негативне домінування.

Таблиця 1

Успадкування ознак у F<sub>1</sub> гороху, 2015 р.

Ознака	Частка гібридів, %				
	Гетерозис (позитивне наддомінування), $hp > 1$	Позитивне домінування, $0,5 < hp \leq 1$	Проміжне успадкування, $-0,5 \leq hp \leq 0,5$	Негативне домінування, $-1 \leq hp < -0,5$	Депресія (негативне наддомінування), $hp < -1$
Висота рослини, см	15,38	15,38	15,38	7,69	46,15
Кількість бобів з рослини, шт.	53,85	0	23,08	15,38	7,69
Кількість насінин з рослини, шт.	46,15	0	15,38	23,08	15,38
Маса насіння з 1 рослини, г	46,50	0	15,38	15,38	23,08
Кількість насінин у 1 бобі, шт.	30,77	0	0	7,69	61,54

Отже, найбільшу кількість комбінацій з позитивним наддомінуванням виявлено за ознаками кількість бобів з рослини, кількість насінин з рослини та маса насіння з рослини.

Ступінь домінантності ( $hp$ ) є цінним генетичним показником, що вказує на величину успадкування певної ознаки. У тих гібридів, де проявляється гетерозис, або позитивне наддомінування за елементами насінневої продуктивності, у другому поколінні гібридів можливий прояв трансгресивних форм. У наших дослідженнях відмічено позитивне наддомінування виявлено за всіма досліджуваними ознаками, отже існує ймовірність виділення у подальших поколіннях цінних генотипів, що будуть переважати батьківські форми.

За висотою рослин виділено дві гібридні комбінації з успадкуванням цієї ознаки за типом гетерозису, або позитивного наддомінування – це Алекс/Лавр ( $hp = 3,67$ ) та Миллениум/Лавр ( $hp = 1,29$ ); позитивне домінування більшого рівня прояву цієї ознаки виявлено у комбінацій Свитанок/Шквал ( $hp = 0,92$ ) та Свитанок/Фокор ( $hp = 1,0$ ). За кількістю бобів з рослини гетерозис виявлено у семи гібридних комбінаціях: Миллениум/Лавр ( $hp = 3,69$ ), Свитанок/Шквал ( $hp = 1,22$ ), Свитанок/Фокор ( $hp = 2,33$ ), Темп/Фокор ( $hp = 2,0$ ), Рамбел/Шквал ( $hp = 11,0$ ), Темп/Л-16 ( $hp = 5,35$ ), Темп/Бонус ( $hp = 2,81$ ). За ознаками «маса насіння з рослини» та «кількість насінин з рослини» виділено шість гібридних комбінацій з успадкуванням за типом гетерозису: Свитанок/Шквал, Свитанок/Фокор, Темп/Фокор, Рамбел/Шквал, Темп/Л-16, Темп/Бонус. За кількістю насінин у бобі позитивне наддоміну-

вання проявили чотири гібридні комбінації, а саме: Свитанок /Шквал ( $h_p = 2,07$ ), Свитанок/Фокор ( $h_p = 1,38$ ), Темп/Л-16 ( $h_p = 2,12$ ), Темп/Бонус ( $h_p = 1,43$ ). Слід відзначити ті гібридні комбінації, в яких поєднано успадкування декількох цінних господарських ознак за типами позитивного домінування та наддомінування (табл. 2).

Таблиця 2

**Кращі гібридні комбінації  $F_1$  гороху за успадкуванням цінних господарських ознак, 2015 р.**

Гібридна комбінація	Кількість бобів з рослини		Кількість насінин з рослини		Кількість насінин у бобі		Маса насіння з рослини	
	шт.	$h_p$	шт.	$h_p$	шт.	$h_p$	г	$h_p$
Свитанок/Шквал	5,60	1,22	25,5	1,55	4,53	2,07	6,21	1,74
Свитанок/Фокор	5,90	2,33	26,4	2,20	4,53	1,38	6,25	1,72
Темп/Фокор	5,80	2,00	25,2	2,22	4,30	-1,89	5,54	5,31
Рамбел/Шквал	5,20	11,00	22,8	2,33	4,36	-0,61	4,86	4,78
Темп/Л-16	8,11	5,35	38,0	4,12	4,97	2,12	7,48	4,11
Темп/Бонус	6,31	2,81	27,9	2,08	4,48	1,43	5,50	1,86

Існує ймовірність того, що в наступних поколіннях саме в цих комбінаціях буде виявлено найбільш продуктивні форми, а подальший їх добір на інфекційному фоні надасть можливість створити стійкий і продуктивний вихідний матеріал для селекції гороху з підвищеною стійкістю до фузаріозної кореневої гнилі.

Окрім продуктивності, дуже важливою ознакою є стійкість гороху до ураження фузаріозною кореневою гниллю. У 2016 році  $F_1$  та  $F_2$ , а також батьківські форми вирощували на штучному інфекційному фоні фузаріозу для вивчення імунологічних властивостей гібридів, а у фазі наливу бобів проводили облік за площею ураженої поверхні кореневої системи рослин гороху. Слід зазначити про складність обліку ознаки «стійкість до корневих гнилей» у подібних дослідженнях шляхом викопування рослин у фазі наливу бобів, що не дає можливості отримати з них насіння та обмежує обсяги проведення дослідів. За результатами обліків вираховували показник інтенсивності ураження кореневої системи кожної гібридної комбінації та батьківських форм. За характером успадкування стійкості до фузаріозної кореневої гнилі у  $F_1$  всіх гібридних комбінацій гороху визначено позитивне наддомінування за цією ознакою (значення  $h_p$  коливалось від 1,23 у Алекс/Лавр до 2,11 у Рамбел/Шквал).

Також для визначення донорських властивостей джерел стійкості, залучених у схрещування, проведено гібридологічний аналіз  $F_2$ . Співвідношення фенотипів, віднесених до категорій стійких та сприйнятливих у  $F_2$  свідчить про наявність генів стійкості у п'яти визначених раніше джерел стійкості до фузаріозу. Так, співвідношення стійких та сприйнятливих фенотипів у  $F_2$  чотирьох гібридів – Темп/Фокор, Рамбел/1370-5, Миллениум/Шквал та Свитанок/Шквал – свідчить про контроль стійкості до фузаріозу трьома домінуючими генами з високою ймовірністю ( $0,50 < P < 0,99$ ). У потомстві Алекс/Лавр виявлено прояв двох незалежних домінуючих генів стійкості з високою ймовірністю ( $P 0,90-0,75$ ); у комбінації Свитанок/Фокор співвідношення стійких та сприйнятливих фенотипів указує на можливість контролю стійкості одним рецесивним і двома домінуючими генами з ймовірністю  $P 0,90-0,75$  (табл. 3).

Результати проведеного аналізу дають підстави рекомендувати вищезгадані джерела як цінний вихідний матеріал з вираженими донорськими властивостями.

Таким чином, проаналізовано  $F_1$  та  $F_2$  13 гібридних комбінацій і відібрано найбільш стійкі, витривалі та продуктивні генотипи, оцінені в умовах штучного інфекційного фону фузаріозу, для подальшого вивчення та доборів трансгресивних форм. Оскільки за усіма вивченими ознаками отримали значне варіювання за показником ступеня домінуючості (від негативного наддомінування до позитивного), то це свідчить про складний характер генетичної детермінації як висоти рослини, так і елементів продуктивності гороху.

Гібридологічний аналіз за стійкістю до фузаріозу гібридів гороху, 2016 рік

Гібридна комбінація, материнський (♀) та батьківський (♂) компонент	Стійкість батьківських компонентів (штучний інфекційний фон), бал	Співвідношення стійких та сприйнятливих фенотипів у гібридних популяціях F <sub>2</sub>		Значення $\chi^2$	Ймовірність, Р	Кількість генів стійкості
		фактичне	теоретично очікуване			
Алекс♀	5	–	–	–	–	–
Лавр♂	3	–	–	–	–	–
Алекс/Лавр	–	68:4	15:1	0,059	0,90-0,75	2 незалежних домінантних гени
Свитанок♀	5	–	–	–	–	–
Фокор♂	3	–	–	–	–	–
Свитанок/Фокор	–	70:3	61:3	0,055	0,90-0,75	1 рецесивний і 2 домінантних гени стійкості
Темп♀	5	–	–	–	–	–
Фокор♂	3	–	–	–	–	–
Темп/Фокор	–	84:2	63:1	0,326	0,75-0,50	3 домінантних гени
Рамбел♀	7	–	–	–	–	–
1370-5♂	3	–	–	–	–	–
Рамбел/1370-5	–	61:1	63:1	0,001	0,99-0,95	3 домінантних гени
Миллениум♀	7	–	–	–	–	–
Шквал♂	3	–	–	–	–	–
Миллениум/Шквал	–	72:1	63:1	0,018	0,90-0,95	3 домінантних гени
Свитанок♀	5	–	–	–	–	–
Шквал♂	3	–	–	–	–	–
Свитанок/Шквал	–	65:3	63:1	0,012	0,90-0,95	3 домінантних гени

А генетичне різноманіття гібридного матеріалу, отриманого від схрещувань, забезпечує умови для доборів кращих комбінацій і бракування рослин з чітко виявленими негативними ознаками, починаючи з ранніх поколінь. Завдяки широкому спектру гібридологічної мінливості у F<sub>2</sub> гороху було відібрано цінні за основними господарськими ознаками та за стійкістю до збудників фузаріозної кореневої гнилі форми, які є перспективними для подальших доборів та використання в селекції.

**Висновки.** В результаті вивчення рослин першого та другого поколінь гібридів гороху на штучному фоні фузаріозу виділено стійкі до збудника фузаріозної кореневої гнилі генотипи з високими господарськими показниками, які в подальшому можуть бути використані в селекції на імунітет. Виділено шість гібридних комбінацій з найбільшою кількістю позитивних змін за елементами продуктивності рослин в F<sub>1</sub> (Свитанок/Шквал, Свитанок/Фокор, Темп/Фокор, Рамбел/Шквал, Темп/Л-16, Темп/Бонус), у яких слід очікувати посилення прояву елементів продуктивності в наступних гібридних поколіннях. Визначено донорські властивості за стійкістю до фузаріозу у п'яти джерел (Алекс, Свитанок, Темп, Рамбел, Миллениум) та наявність у них генів стійкості. Результати проведеного аналізу дають підстави рекомендувати ці джерела як цінний вихідний матеріал з вираженими донорськими властивостями. При залученні в гібридизацію стійких (бал 7) зразків Свитанок і Рамбел отримано найбільшу кількість цінних рослин для подальших досліджень та створення продуктивного вихідного матеріалу.

#### Список використаних джерел

1. Armstrong G.M., Armstrong I.K. Reflections on the wilt fusaria. *Ann. Rev. Phytopathol.* 1975. № 13. P. 95–103.
2. Лісовий М.П. Генетика стійкості рослин до збудників хвороб: аспекти історичного розвитку та перспективи досліджень // *Генетика і селекція в Україні на межі тисячоліть: у 4 т. К.: Логос, 2001. Т. 2. С. 263–279.*
3. Мережко А.Ф. Проблема доноров в селекції рослин. СПб, 1994. 125 с.
4. Пересыпкин В.Ф., Кирик Н.И., Стеблюк Н.И. Патологические изменения в растениях гороха при поражении фузаріозом. С.-х. биология. М., 1973. Т.8, № 5. С. 684–686.
5. Hammond-Kosack K.E., Jones J.O.G. Resistance Gene dependent plant defense responses. *PlantCell.* 1996. V. 8. P. 1773–1791.
6. Тоцький В. М. Генетика. Одеса: Астропринт, 1998. Т. 2. 120 с.
7. Кирай К., Климент З., Шоймоши Ф., Вереш Й. Методы фитопатологии. М., 1974. С. 1–12.
8. Євтушенко М.Д., Лісовий М.П., Пантелєєв В.К., Слюсаренко О.М. Імунітет рослин: підручник, за ред. М.П. Лісового. К.: Колоб'іг. 2004. 304 с.
9. Петренкова В.П., Сокол Т.В., Лучна І.С. Теоретичні основи селекції зернобобових культур на стійкість до шкідливих організмів. Харків: Колегіум, 2013. 200 с.
10. Rajaram S., Skovmand B., Curtis B.C. Philosophy and methodology of an international wheat breeding program. *Gene manipulation in plant breeding.* New-York–London, 1984. P. 33–60.
11. Кирпичева Т.С. Устойчивость неосыпающегося гороха к возбудителям корневых гнилей в связи с задачами селекции. Вклад молодых ученых Украины в интенсификацию сельскохозяйственного производства: тезисы докладов 2-й республиканской научно-производственной конференции молодых ученых и специалистов (24–26 сентября 1986 г.). Харьков. 1986. С. 100–101.
12. Яньков И.И., Голубев А.А. Создание доноров селекционно ценных признаков гороха на фузаріозном фоне. Генофонд и селекция растений на устойчивость к болезням и вредителям. М., 1990. Т. 132. С. 75–78.
13. Рябуха С.С. Створення вихідного матеріалу для селекції стійких до збудників фузаріозу та аскохітозу сортів гороху в умовах східної частини Лісостепу України : дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.05 / Сергій Станіславович Рябуха. Х., 2007. 201 с.

14. Вавилов Н.И. Иммунитет растений к инфекционным заболеваниям. М.: Наука, 1986. 519 с.
15. Чекалин Н.М. Некоторые вопросы развития учения об исходном материале. Селекция и технология возделывания зерновых бобовых и крупяных культур. Орел, 1994. С. 32–38.
16. Рассел Г.Э. Селекция растений на устойчивость к вредителям и болезням / пер. с англ. Ю.М. Плотниковой. М.: Колос, 1982. 420 с.
17. <http://www.agromage.com>
18. Петренко В.П., Боровська І.Ю., Лучна І.С., Сокол Т.В., Бабушкіна Т.В., Чугаєв С.В., Звягінцева А.М., Баранова В.В., Ниска І.М. Методика формування колекцій польових культур за стійкістю до біотичних чинників. Харків, 2015. 111 с.
19. Кобизєва Л.Н., Безугла О.М., Силенко С.І., Колотилов В.В., Сокол Т.В., Докукіна К.І., Василенко А.О., Безуглий І.М., Вус Н.О. Методичні рекомендації з вивчення генетичних ресурсів зернобобових культур. Харків, 2016. 84 с.
20. Дудка И.А., Вассер С.П., Элланская И.А. и др. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наук. думка, 1982. 550 с.
21. Билай В.И., Гвоздяк Р.И., Скрипаль И.Г. и др. Микроорганизмы – возбудители болезней растений. Под ред. В.И. Билай. К.: Наукова думка. 1988. 552 с.
22. Петренко В.П., Кириченко В.В., Черняєва І.М. та ін. Основи селекції польових культур на стійкість до шкідливих організмів: навч. посіб. За ред. В.В. Кириченка, В.П. Петренкової. Харків, IP ім. В.Я. Юр'єва, 2012. 320 с.
23. Одинцова И.Г., Смирнова Л.А., Михайлова Л.А., Анпилогова Л.К., Кузнецова Е.В. Идентификация генов устойчивости пшеницы к ржавчинным заболеваниям (методические указания). Под ред. В.И. Кривченко. Ленинград, 1986. 34 с.
24. Peter F.C., Frey C.J. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. *Crop Science*. 1966. № 3. Vol. 6. P. 259–262.

#### References

1. Armstrong GM, Armstrong IK. Reflections on the wilt fusaria. *Ann. Rev. Phytopathol.* 1975; 13: 95–103.
2. Lisovyi MP. Genetics of plant esistance to pathogens: aspects of the historical development and prospects of studies. In: *Genetics and Breeding in Ukraine at the Turn of the Millennium: in 4 volumes*. Kyiv: Logos, 2001. T. 2. P. 263–279.
3. Merezhko AF. The problem of donors in plant breeding. Sankt-Peterburg, 1994. 125 p.
4. Peresyphkin VF, Kirik NI, Stebliuk NI. Pathological changes in Fusarium-infected pea plants. *Selskokhoziystvennaia biologia*. 1973; 8(5): 684–686.
5. Hammond-Kosack KE, Jones JOG. Resistance Gene dependent plant defense responses. *Plant Cell*. 1996; 8: 1773–1791.
6. Tochkiy VM. *Genetics*. Odessa: Astroprint, 1998. 120 p.
7. Kiray K, Kliment Z, Shojmoshi F, Veresh J. *Methods of phytopathology*. Moscow, 1974. P. 1–12.
8. Yevtushenko MD, Lisovyi MP, Panteleiev VK, Sliusarenko OM. *Plant immunity*. Kyiv: Kolobig, 2004. 304 p.
9. Petrenkova VP, Sokol TV, Luchna IS. *Theoretical fundamentals of grain legume breeding for resistance to harmful organisms*. Kharkiv: Kolegium, 2013. 200 p.
10. Rajaram S, Skovmand B, Curtis BC. *Philosophy and methodology of an international wheat breeding program. Gene manipulation in plant breeding*. New-York–London, 1984. P. 33–60.
11. Kirpicheva TS. Resistance of non-shattering pea to root rot pathogens in view of breeding objectives. The contribution of young scientists of Ukraine to the intensification of agricultural production: Abstracts of the 2nd Republican Scientific and Production Conference of Young Scientists and Specialists. (1986 Sept 24–26). Kharkiv, 1986. P. 100–101.
12. Jankov II, Golubev AA. Creation of donors of breeding-valuable pea traits on Fusarium background. *Gene pool and plant breeding for resistance to diseases and pests*. Moscow, 1990. T. 132. P. 75–78.

13. Riabukha SS. Creation of starting material for breeding Fusarium- and Ascochyta-resistant pea varieties in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine. [dissertation]. Kharkiv, 2007. 201 p.
14. Vavilov NI. Plant immunity to infectious diseases. Moscow: Nauka, 1986. 519 p.
15. Tchekalin NM. Some issues of the starting material doctrine development. Breeding and technologies of cultivation of grain legumes and groat crops. Orel, 1994. P. 32–38.
16. Rassel GE. Plant breeding for resistance to pests and diseases. Moscow: Kolos, 1982. 420 p.
17. <http://www.agromage.com>
18. Petrenkova VP, Borovska IYu, Luchna IS, Sokol TV, Babuschkina TV, Chugaiev SV, Zviagintseva AM, Baranova VV, Nyska IM. A method of formation of filed crop collections according to resistance to biotic factors. Kharkiv; 2015. 111 p.
19. Kobyzeva LN, Bezugla OM, Silenko SI, Kolotilov VV, Sokol TV, Dokukina KI, Vasylenko AO, Bezuglyi IM, Vus NO. Methodical recommendations for studying grain legume genetic resources. Kharkiv: Plant Production Institute nd. a V.Ya. Yuriev of NAAS, 2016. 84 p.
20. Dudka IA, Vasser CP, Ellanskaya IA et al. Methods of experimental mycology. In: VI Bilaiy, editor. Kyiv: Naukova dumka, 1982. 550 p.
21. Bilaiy VI, Gvozdyak PI, Skripal IG et al. Microorganisms - plant pathogens. In: VI Bilaiy, editor. Kyiv: Naukova dumka, 1988. 552 p.
22. Basics of field crop breeding for resistance to pests: Tutorial. In: VV Kyrychenko, VP Petrenkova, editors. Kharkiv, PPI nd. a VYa Yuriev, 2012. 320 p.
23. Identification of wheat resistance genes to rust diseases. In: IG Odintsova, LA Smirnova, LA Mikhailova, LK Anpilogova, EV Kuznetsova, VI Krivchenko, editors. Leningrad, 1986. 34 p.
24. Peter FC, Frey CJ. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. Crop Science. 1966; 3(6): 259–262.

### **НАСЛЕДОВАНИЕ ЦЕННЫХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У $F_1$ - $F_2$ ГИБРИДОВ ГОРОХА**

Сокол Т.В.

Институт растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН, Украина

Одним из методов генетических исследований является гибридологический анализ, позволяющий определить характер закономерностей наследования ценных признаков потомками гибридных поколений.

**Целью исследований** было изучение характера наследования наиболее ценных хозяйственных признаков и выделение лучших генотипов для создания перспективного исходного материала гороха с комплексом ценных признаков.

**Материал и методика.** Опыты проводили на инфекционном участке лаборатории иммунитета растений к болезням и вредителям Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН. В процессе выполнения исследований использовали фитопатологические (создание искусственного инфекционного фона, учеты пораженности растений), микологические (выделение возбудителей фузариоза в чистую культуру), селекционные (гибридизация, индивидуальный отбор) и статистические (определение степени доминантности и критерия  $\chi^2$ ) методы исследований.

**Результаты и их обсуждение.** Для создания исходного материала гороха с комплексом ценных хозяйственных признаков в 2014 году была проведена гибридизация с использованием источников устойчивости к фузариозу, выделенных в предыдущие годы (Алекс, Свитанок, Темп, Рамбел, Миллениум). Урастений  $F_1$ , а также родительских форм гибридов определяли высоту растений, основные элементы структуры продуктивности растений и устойчивость к возбудителям фузариозной корневой гнили. На основе полученных данных вычисляли степень доминантности признаков продуктивности и устойчивости. Выделены наиболее ценные гибридные комбинации, в которых выявлен гетерозис по большинству ценных хозяйственных признаков – это Свитанок/Шквал, Свитанок/Фокор,

Темп/Фокор, Рамбел/Шквал, Темп/Л-16, Темп/Бонус. Для определения донорских свойств источников устойчивости проведен гибридологический анализ F<sub>2</sub>. Соотношение устойчивых и восприимчивых фенотипов среди популяций F<sub>2</sub> дает возможность утверждать о наличии генов устойчивости у пяти образцов гороха (источников устойчивости к фузариозу) с высокой вероятностью ( $0,50 < P < 0,99$ ).

**Выводы.** В результате изучения F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> на искусственном инфекционном фоне фузариоза выделены устойчивые генотипы с высокими хозяйственными показателями. Определены донорские свойства и количество генов у пяти источников устойчивости к фузариозу у (Алекс, Свитанок, Темп, Рамбел, Миллениум). При использовании в гибридизации устойчивых к фузариозу (балл 7) образцов Свитанок и Рамбел выделен ценный материал для дальнейших исследований и создания продуктивного исходного материала.

*Ключевые слова:* горох, фузариозная корневая гниль, искусственный инфекционный фон, устойчивость к болезни, гибридизация, гибрид, степень доминантности, донорские свойства

## **INVESTIGATION OF VALUABLE ECONOMIC FEATURES IN F<sub>1</sub> – F<sub>2</sub> PEA HYBRIDS**

Sokol T.V.

Plant Production Institute nd. a V.Ya. Yuriev of NAAS, Ukraine

Hybridologic analysis is one of the genetic methods, which allows establishing the nature of inheritance patterns of valuable traits by descendants of hybrid generations.

The **study objective** was to investigate the inheritance nature of the most valuable economic traits and to identify the best genotypes for creating promising starting material of pea with a set of valuable traits.

**Material and methods.** The experiments were carried out in an infectious plot of the Laboratory of Plant Immunity against Diseases and Pests of the Plant Production Institute named after VYa Yuriev. Phytopathological (creation of artificial infection, registration of plant affection), mycological (isolation of Fusarium pathogens into pure cultures), breeding (hybridization, individual selection) and statistical (determination of the dominance degree and  $\chi^2$  criterion) methods were used in the research.

**Results and discussion.** To create pea starting material with a set of valuable economic features, hybridization with sources of resistance to Fusarium root rot (Aleks, Svitanok, Temp, Rambel, Millenium), which had been previously selected, was conducted in 2014. The plant height, major components of the plant performance and resistance to Fusarium pathogens were measured in F<sub>1</sub> plants and parents of hybrids. Based on the data obtained, the dominance degrees of the performance and resistance traits were calculated. The most valuable hybrid combinations with heterosis for the most valuable economic traits were identified: Svitanok/Shkval, Svitanok/Fokor, Temp/Fokor, Rambel/Shkval, Temp/L-16, Temp/Bonus. Hybridologic analysis of F<sub>2</sub> hybrids was carried out to determine the donor properties of the resistance sources. The ratios of resistant and susceptible phenotypes in F<sub>2</sub> hybrid populations make it possible to assert the presence of resistance genes in five pea accessions (sources of resistance to Fusarium root rot) with a high probability ( $0.50 < P < 0.99$ ).

**Conclusions.** The study of F<sub>1</sub>-F<sub>2</sub> hybrids on artificial Fusarium infection singled out resistant genotypes with high economic indices. The donor properties and the number of genes in five sources of resistance to Fusarium root rot (Aleks, Svitanok, Temp, Rambel, Millenium) were determined. Upon involvement of Fusarium-resistant (score 7) accessions Svitanok and Rambel in hybridization, valuable material was distinguished for further research and creation of productive starting material.

*Key words:* pea, Fusarium root rot, artificial infection, resistance to disease, hybridization, hybrids, degree of dominance, donor properties