

***УСПАДКУВАННЯ ОЗНАКИ СТІЙКОСТІ КУКУРУДЗИ ДО
ЗБУДНИКА ЛЕТЮЧОЇ САЖКИ***

В. В. Баранова, В. П. Петренкова, Л. М. Чернобай, І. Ю. Боровська
Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН

Для визначення характеру успадкування ознаки стійкості у кукурудзи до збудника летючої сажки (*Sorosporium reilianum* (Kuehn)) в умовах 30-річної монокультури в 2009-2011 рр. вивчали колекційні та селекційні зразки з метою виділення джерел та донорів стійкості. Проведено гібридологічний аналіз гібридів F₁ та F₂ від схрещування ліній, контрастних за стійкістю зі сприйнятливими тестерами. Виділено 10 донорів стійкості до летючої сажки, серед яких джерела стійкості: УХЛ 325, УХК 364 та ЗУ 111/2. Цей вихідний матеріал рекомендовано для використання в селекції на стійкість до летючої сажки.

Кукурудза, ураженість, летюча сажка, гібрид, лінія, джерела стійкості, донори стійкості

Для забезпечення населення органічною сільськогосподарською продукцією основним заходом є постійна селекційна робота. Інтродукція генів стійкості ефективних проти збудників хвороб у новостворювані форми є невід'ємною частиною генетичного захисту рослин в селекції кукурудзи на стійкість.

Кукурудза у сільськогосподарському виробництві все частіше висівається в умовах монокультури, а це сприяє накопиченню у ґрунті збудників хвороб, у тому числі і летючої сажки. Найбільш ефективним заходом боротьби з летючою сажкою кукурудзи є створення та впровадження у виробництво стійких гібридів. Для цього необхідно використовувати стійкий вихідний матеріал, у якого добре вивчені закономірності успадкування гібридними нащадками ознаки стійкості.

Шкодочинність летючої сажки кукурудзи полягає у недоборі зерна внаслідок ураження качанів, а також у прихованих втратах, пов'язаних з загибеллю окремих проростків, низькорослістю рослин і недорозвиненістю качанів. При сильному розвитку хвороби втрати зерна можуть становити 15-20 % [1-2].

Досліди проводили в 2009-2011 рр. на ізольованій фітопатологіч-

ній дільниці лабораторії стійкості рослин до біотичних чинників Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН в умовах 30-річної монокультури. Насіння зразків кукурудзи висівали ручними саджалками квадратно-гніздовим способом 70×70. Насіння гібридів F₁ висівали на дворядковій ділянці площею 9,8 м². Насіння гібридів F₂ висівали на п'ятирядковій ділянці площею 24,5 м². Сприйнятливі стандарти висівали через кожні 50 зразків. Агротехніка дослідів відповідала прийнятій в Лісостепу України технології вирощування кукурудзи та була направлена на оптимізацію росту і розвитку рослин.

Штучне зараження кукурудзи збудником летючої сажки проводили за методикою В. Т. Юнікова шляхом заспорення насіння перед висівом. Обліковували ураження хворобою у фазі повної стиглості насіння за 9-ти бальною шкалою стійкості [3].

Проводили оцінку ступеня фенотипового домінування стійкості до патогена (hp) [4], відповідність розщеплення в гібридних комбінаціях F₂ теоретично очікуваному оцінювали за допомогою χ^2 [5].

На рівень ураження зразків летючою сажкою високий вплив мають фактори погоди. Тепла весна, підвищена температура і помірна вологість ґрунту в період проростання насіння, а також жарке літо сприяють розвитку збудника летючої сажки кукурудзи [1].

В роки проведення дослідів погодні умови сприяли розвитку летючої сажки, що дозволило диференціювати вихідний матеріал кукурудзи за стійкістю. Вегетаційний період 2009 року характеризувався підвищеними температурами повітря і дефіцитом опадів. Літні місяці 2010 року видались аномально посушливими. Середньодобова температура повітря була більшою за норму на 2,6 °С, а кількість опадів - меншою на 37,7 мм (59 %) від норми (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Температура повітря у 2009-2011 рр.

Місяць	Температура, °С			Багаторічна температура, °С
	2009 р.	2010 р.	2011 р.	
Травень	14,6	17,7	17,3	15,6
Червень	21,5	22,8	20,8	19,0
Липень	22,7	24,7	23,0	20,0
Серпень	18,7	25,4	21,3	19,5
Вересень	16,8	15,8	15,7	14,1

В 2011 році спостерігалось відхилення як температурних показників, так і кількості опадів в бік підвищення в порівнянні з багаторічними показниками. Червень відзначався значним перезволоженням: випало на 131,3 мм опадів більше від середніх багаторічних показників.

Погодні умови вегетаційного періоду кукурудзи, які склалися у 2009-2011 роках, були сприятливими для ураження рослин кукурудзи збудником летючої сажки і відповідно достатніми для диференціації гібридів першого і другого покоління за стійкістю до хвороби.

Таблиця 2

Кількість опадів протягом вегетаційного періоду кукурудзи у 2009-2011 рр.

Місяць	Кількість опадів, мм			Багаторічна кількість опадів, мм,
	2009 р.	2010 р.	2011 р.	
Травень	41,1	63,0	46,6	43,7
Червень	23,6	26,0	194,6	63,3
Липень	58,2	102,2	91,0	71,7
Серпень	11,8	14,7	61,5	46,9
Вересень	43,5	39,0	13,0	43,5

Рівень інфекційного фону летючої сажки, оцінений за рівнем ураженості сприйнятливих стандартів, коливався за роками вивчення. Найвищим він був у 2010 р. – 75,0 % ураження, у 2009 р. та 2011 р. становив 46,1 % та 50,0 %, відповідно.

При випробуванні кукурудзи на стійкість до збудника летючої сажки впродовж попередніх років (2006-2009 рр.) було уражено збудником хвороби та оцінено лінії з різних країн світу, більшість з них українського походження. Для вивчення успадкування ознаки стійкості лінії були залучені до різних схем схрещувань: стійкі / сприйнятливі, середньостійкі / сприйнятливі, середньостійкі / середньостійкі, сприйнятливі / стійкі, сприйнятливі / середньостійкі, сприйнятливі / сприйнятливі. Отримано 48 гібридів F₁ за участю 4 сприйнятливих тестерів: Р 354, 1782-08, 1819-08, 1826-08. Після випробування гібридів на жорсткому інфекційному фоні сажкових хвороб в наступному році продовжено вивчення 24 гібридів F₂.

Характеристику батьківських форм кукурудзи за стійкістю до летючої сажки наведено у таблиці 3.

Стійкі батьківські форми з ураженістю збудником хвороби від 0 до 14,6 % представлені українськими лініями та лініями з Канади, США та Росії. До середньостійкої групи увійшли лінії з України, а також з Сербії та Чорногорії з ураженістю від 15,8 % до 23,1 %. Сприйнятливі лінії з ураженістю від 26,7 % до 44,7 % з України та Канади.

На гібридах кукурудзи першого покоління (F₁) проводили облік ураженості збудником летючої сажки та визначали ступінь домінування стійкості (таблиця 4).

Таблиця 3

Характеристика батьківських форм кукурудзи за ураженістю летючою сажкою, штучне ураження (2006-2009 рр.)

Номер Національного каталогу	Назва зразка	Країна походження	Ураженість летючою сажкою, %
Стойкі			
UB0100911	УХК 364	Україна	8,3
UB0100916	УХК 374	Україна	0
UB0102733	ЗУ 66/2 У	Україна	6,9
UB0103250	УХК 451	Україна	10,7
UB0104427	СО 116	Канада	14,6
UB0104448	КС 3	Росія	11,8
UB0104500	ЗК 229	Україна	5
UB0104548	ЗУ 111/2	Україна	4,1
ЛС 191*	УХЛ 287	Україна	8,3
ЛС 193*	УХЛ 301	Україна	7,1
UB0104591	А 239	США	13,6
UB0105265	ЧК 1487	Україна	13,3
UB0106950	УХЛ 257	Україна	14,0
ЛС 195*	УХЛ 325	Україна	12,8
Середньостійкі			
UB0103240	УХК 439	Україна	15,8
UB0104605	ІР 24	Україна	17,1
UB0105411	YUS 144	Сербія та Чорногорія	17,1
ЛС 184*	УХЛ 270	Україна	23,1
Сприйнятливі			
UB0104490	ЗК 11	Україна	26,7
UB0104523	ЗК 7	Україна	41,7
UB0106310	Q 188	Канада	44,7

Примітка. *- реєстраційні номери лабораторії селекції кукурудзи

Більшість гібридів не успадковує стійкість до хвороби. З 48 гібридних комбінацій лише 8 гібридів високостійкі та 4 стійкі.

Успадкування ознаки стійкості кукурудзи до летючої сажки визначається адитивними ефектами взаємодії генів батьківських форм при їх гібридизації. Визначено достовірний материнський ефект цитоплазми стійкої батьківської форми на зниження ураження простих гібридів F₁ [2].

Таблиця 4

Характеристика гібридів кукурудзи F₁ за ураженістю
летючою сажкою, 2010 р.

Схема схрещування	Гібридна комбінація	Ураження летючою сажкою, %		
		♀	♂	F ₁
Стойкі / сприйнятливі	УХК 364/ Р 354	8,3	73,7	0
	ЗУ 111/2/ Р 354	4,1	73,7	22,2
	УХК 374/ Р 354	0	73,7	20,5
	УХК 451/ Р 354	10,7	73,7	41,7
	СО 116/ Р 354	14,6	73,7	36,4
	ЗК 229/ Р 354	5	73,7	25,6
	УХЛ 257/ Р 354	14,0	73,7	42,5
	УХЛ 287/ Р 354	8,3	73,7	23,1
	УХЛ 301/ Р 354	7,1	73,3	15,4
Середньостійкі / сприйнятливі	УХК 439/ Р 354	15,8	73,7	5,1
	УХЛ 270/ Р 354	23,1	73,7	9,1
Середньостійкі / середньостійкі	1819-08/ YUS 144	17,1	17,1	0
	1819-08/ IR 24	17,1	17,1	10,8
Сприйнятливі / стійкі	Р 354/ УХК 374	73,7	0	19,1
	Р 354/ УХК 451	73,7	10,7	16
	1782-08/ ЗУ 66/2У	44,7	6,9	26,7
	1826-08/ А 239	62,5	13,6	21,4
	Р 354/ ЧК 1487	73,7	13,3	30,8
	Р 354/ УХК 364	73,7	8,3	32,1
Сприйнятливі / середньостійкі	Р 354/ ЗУ 111/2	73,7	4,1	6,0
	1782-08/ КС 3	44,7	19,5	11,8
	Р 354/ УХК 439	73,7	15,8	19,6
Сприйнятливі / сприйнятливі	1782-08/ УХЛ 270	44,7	23,1	4,0
	ЗК 11/ Р 354	26,7	73,7	11,0
	ЗК 7/ Р 354	41,7	73,7	13,0
	1782-08/ Q 188	44,7	57,5	9,1

Багаторічні дослідження багатьох вчених дозволили зробити висновок, що при формуванні ознаки стійкості до *S. reilianum* у гібридів виникають складні генні взаємодії. Стійкість гібридів може перевищувати стійкість батьківських форм (гетерозис стійкості), часто гібридні комбінації показували проміжний прояв рівня ознаки, а іноді бувають сприйнятливіші за батьківські форми (гетерозис сприйнятливості) [6-7].

В результаті аналізу отриманих даних встановлено різний характер успадкування ознаки стійкості до летючої сажки в комбінаціях (hr= від 0 до 6,56), тобто від проміжного успадкування до позитивного наддомінування.

Аналіз гібридів F₁ (табл. 5) показав, що стійкість рослин, отриманих за участю УХК 364, УХК 439, УХЛ 270, УХЛ 325, ЗК 11, ЗК 7, ЗУ 111/2, Q 188, YUS 144, успадковується за типом позитивного наддомінування. Наявність високого гетерозисного ефекту у гібридів першого покоління свідчить про доцільність створення стійких гібридів кукурудзи за участю цих форм.

Таблиця 5

Ступінь фенотипічного домінування гібридів F₁ кукурудзи (2010 р.)

Схема схрещування	Гібридна комбінація	Ураження, %			hr
		♀	♂	F ₁	
Стійкі / сприйнятливі	УХЛ 325/ Р 354	12,8	73,7	4,0	1,29
	УХК 364/ Р 354	8,3	73,7	0	1,25
Середньостійкі / сприйнятливі	УХЛ 270/ Р 354	23,1	73,7	9,1	1,55
	УХК 439/ Р 354	15,8	73,7	5,1	1,37
	ЗК 11/ Р 354	26,7	73,7	11,0	1,67
Середньостійкі / середньостійкі	1819-08/ YUS 144	17,1	25,0	0	5,33
	1819-08/ IR 24	17,1	17,1	10,8	0
Сприйнятливі / стійкі	Р 354/ ЗУ 111/2	73,7	4,1	6,0	0,95
Сприйнятливі / середньостійкі	1782-08/ УХЛ 270	44,7	23,1	4,0	2,76
Сприйнятливі / сприйнятливі	1782-08/ Q 188	44,7	57,5	9,1	6,56
	ЗК 7/ Р 354	41,7	73,7	13,0	2,79

Щодо стійкості гібридів F₁ в комбінаціях з українською лінією IR 24, то вона була проміжною відносно батьківських форм. Гібрид лінії ЗУ 111/2 із сприйнятливим тестером Р 354 мав успадкування стійкості по типу позитивного домінування.

Виділено 11 кращих гібридних комбінацій із залученням в схрещування різних за стійкістю ліній: IR 24, УХК 364, УХК 439, УХЛ 270, УХЛ 325, ЗК 11, ЗК 7, ЗУ 111/2, Q 188, YUS 144 (табл. 6).

В результаті проведеного гібридологічного аналізу визначено:

- 1 домінантний ген стійкості у лінії – ЗК 7 з України;
- 2 домінантних незалежних гена у лінії – YUS 144 з Сербії та Чорногорії;

- 2 гена стійкості (1 домінантний та 1 рецесивний) в українських лініях: УХК 439, УХЛ 325; та у лінії Q 188 з Канади.

- в потомствах від схрещувань української лінії УХЛ 270 з різни-

ми тестерами сприйнятливості встановлено прояв або 2 генів стійкості (1 домінантного, 1 рецесивного), або тетрагібридне розчеплення генів.

- тетрагібридне розчеплення у лінії українського походження: ЗК 11, УХК 364, IR 24, ЗУ 111/2.

Таблиця 6

Гібридологічний аналіз за стійкістю до летючої сажки кращих гібридних комбінацій кукурудзи, 2011 р.

Гібридна комбінація	Стійкість гібридів F ₁ (бал)	Фактичне співвідношення	Очікуване співвідношення	χ^2	P
УХЛ 270/ Р 354	9	45:5	229:27	0,02	0,90 -0,75
УХЛ 325/ Р 354	9	98:18	13:3	0,80	0,50-0,25
ЗК 11/ Р 354	7	100:10	229:27	0,25	0,75-0,50
ЗК 7/ Р 354	7	97:30	3:1	0,13	0,75-0,50
УХК 364/ Р 354	9	112:17	229:27	0,95	0,50-0,25
УХК 439/ Р 354	9	114:27	13:3	0,01	0,95-0,90
1782-08/ УХЛ 270	9	105:22	13:3	0,17	0,75-0,50
1782-08/ Q 188	9	109:22	13:3	0,33	0,90-0,75
1819-08/ YUS 144	9	91:7	15:1	0,13	0,75-0,50
1819-08/ IR 24	7	128:16	229:27	0,05	0,90-0,75
Р 354/ ЗУ 111/2	9	122:11	229:27	0,73	0,50-0,25

Стійкість кукурудзи до летючої сажки, як і будь-яка полігенна ознака, в значній мірі модифікується зовнішніми умовами, а також захисними особливостями рослин, життєздатністю та вірулентністю збудника, що призводить до коливання ураженості рослин. Рослини, стійкі до збудника летючої сажки при одних умовах, не обов'язково також стійкі при інших умовах. Фактори генотипічних та абіотичних середовищ можуть змінювати і успадковану стійкість.

Висновки. Досліджено успадкування ознаки стійкості до *Sorosporium reilianum* (Kuehn) гібридного матеріалу кукурудзи. Встановлено наявність домінантних факторів стійкості до збудника хвороби у ліній – джерел стійкості кукурудзи УХЛ 325, УХК 364 та ЗУ 111/2.

Середньостійкі до летючої сажки лінії УХК 439, YUS 144, IR 24, УХЛ 270 пропонуються використовувати як вихідний матеріал з вираженими донорськими властивостями.

Сприйнятливі лінії ЗК 7, ЗК 11 та Q 188 завдяки ефекту гетерозису також можуть бути донорами стійкості до летючої сажки.

Чіткої закономірності в успадкуванні стійкості до летючої сажки

в наших дослідях не виявлено. Завдяки високому гетерозисному ефекту донорами можуть бути не тільки джерела стійкості, а навіть і сприйнятливі до хвороби лінії.

Список використаних джерел

1. Болезни сельскохозяйственных культур / под ред. В.Ф. Пересыпкина – К.: Урожай, Т.1., 1990. – С.104-118.
2. Юрку А. И. Пыльная головня кукурузы / А. И. Юрку – Кишинев: Штиинца, 1990. – 244 с.
3. Юников В. Г. К изучению пыльной головни кукурузы в Воронежской области / В. Г. Юников – Сельскохозяйственная наука – производству. Воронеж, 1969. – С. 167-176.
4. Корсаков Н. И. Генетический анализ качественных признаков растений / Н. И. Корсаков, Б. В. Ригин – Ленинград, 1980. – 29 с.
5. Авдеев Ю. И. Генетический анализ растений: Монография / Ю. И. Авдеев. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2004. – 378 с.
6. Федько И. А. Об утойчивости кукурузы к головневым заболеваниям / И. А. Федько, А. А. Морщацкий, А. М. Ковалев – Сельскохозяйственная биология № 8. 1986. – С. 100-103.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов; под ред. проф. В. Е. Егорова. – М.:Колос, 1965. – 423 с.

Для определения характера наследования признака устойчивости у кукурузы к пыльной головне (*Sorosporium reilianum* (Kuehn)) в условиях 30-летней монокультуры в 2009-2011 гг. изучали коллекционные и селекционные образцы с целью выделения источников и доноров устойчивости. Проведен гибридологический анализ гибридов F₁ и F₂ от скрещивания линий, контрастных по устойчивости с восприимчивыми тестерами. Выделено 10 доноров устойчивости к пыльной головне, среди которых источники устойчивости: УХЛ 325, УХК 364 и ЗУ 111/2. Этот исходный материал рекомендовано для использования в селекции на устойчивость к пыльной головне.

For determination of inheritance of maize resistance to the loose smut (*Sorosporium reilianum* (Kuehn)) in the conditions of 30-years-old monoculture in 2009-2011 collection and bred accessions were studied, with the purpose to select a sources and donors of the resistance. Hybridological analysis of F₁ and F₂ from the crosses of lines contrast on resistance with susceptible testers was carried out. 10 donors of resistance to loose smut were selected among those sources of resistance: UHkL 325, UHkK 364 and ZU 111/2. These original materials are recommended for use in the breeding for resistance to loose smut.