

ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ОЗНАКИ СТІЙКОСТІ У КУКУРУДЗИ ДО ЗБУДНИКА ПУХИРЧАСТОЇ САЖКИ

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

На штучному інфекційному фоні виділено джерела та донори стійкості до пухирчастої сажки (*Ustilago zae (Beckm) Unger*) серед зразків кукурудзи колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Проведено гібридологічний аналіз гібридів F₁ та F₂ від схрещування виділених джерел стійкості зі сприйнятливими тестерами для визначення можливості використання їх в селекції. За результатами досліджень рекомендовано для використання в селекції на стійкість до пухирчастої сажки цінний вихідний матеріал з вираженими донорськими властивостями.

Кукурудза, ураженість, стійкість, пухирчата сажка, гібрид, лінія, джерело, донорські властивості

Потреба світового ринку в органічній сільськогосподарській продукції зумовлює тенденції до скорочення застосування хімічних засобів захисту рослин від шкідливих організмів. Для вирощування сільськогосподарських культур без використання пестицидів основним заходом є постійна селекційна робота. При цьому основним методом селекції на стійкість є гібридизація з використанням стійких до хвороб форм. Постійна селекційна робота, інтродукція генів стійкості ефективних проти збудників хвороб у новостворювані форми є невід'ємною частиною генетичного захисту [1-2].

У сільськогосподарському виробництві кукурудза все частіше висівається в умовах монокультури. Це сприяє накопиченню у ґрунті збудників хвороб, до яких відноситься і пухирчата сажка. Шкодочинна дія цієї хвороби кукурудзи полягає у загибелі уражених молодих рослин, безплідності качанів за умов раннього їх зараження, а також у значному недоборі урожаю внаслідок ураження різних органів рослин. На недобір врожаю зерна впливає кількість та розмір пухирів на одній рослині. Втрати зерна можуть становити від 15 до 60%.

Досліди проводили в 2008-2010 рр. на ізольованій фітопатологічній

дільниці лабораторії стійкості рослин до біотичних чинників Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН в умовах 27-річної монокультури. Насіння зразків кукурудзи висівали ручними саджалками квадратно-гніздовим способом 70×70 по 3 шт. у гніздо. 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 Ліссостепу України технології вирощування кукурудзи та була направлена на оптимізацію росту і розвитку рослин.

Штучне інфікування рослин кукурудзи збудником пухирчастої сажки здійснювали за методикою Ф. Є. Немлієнка, І. Є. Сіденка шляхом ін'єкції під обгортки качана 0,2%-ї водної суспензії спор гриба на 7 добу від появи приймочок. Облік проводили через 30 діб після інфікування, у фазі повної стиглості насіння кукурудзи, за 9-ти бальною шкалою стійкості [3].

Показник фенотипового домінування стійкості до патогена (hr) розраховували за формулою:

$$hr = xF_1 - xmp / xHP - xmp,$$

де: xF₁ - величина ознаки гібрида першого покоління,

xmp - середнє значення величини ознаки батьків,

xHP - величина ознаки кращої батьківської форми.

Достовірність розщеплення в гібридних комбінаціях F₂ оцінювали за допомогою χ^2 [4-6].

Погодні умови в роки проведення дослідів були різноманітними і дали змогу диференціювати вихідний матеріал за стійкістю до пухирчастої сажки кукурудзи. Так, вегетаційний період 2009 року характеризувався підвищеними температурами повітря і дефіцитом опадів. Знаходячись у стресових умовах посухи 2009 року, рослини кукурудзи були сприйнятливими до збудника пухирчастої сажки.

Літні місяці 2010 року видались аномально посушливими. Середньодобова температура повітря була більшою за норму на 2,6°C, а кількість опадів меншою на 37,7 мм (59%) від норми (табл. 1, 2).

Таблиця 1.

Температура повітря у 2008-2010 рр.

Місяць	Температура, °С			Оптимальна температура
	2008 р.	2009 р.	2010 р.	
Травень	13,7	14,6	17,7	15,6
Червень	18,9	21,5	22,8	19,0
Липень	21,2	22,7	24,7	20,0
Серпень	21,9	18,7	25,4	19,5
Вересень	13,7	16,8	15,8	14,1

На ступінь розвитку пухирчастої сажки дуже впливають фактори погоди. Висока температура і умови, коли періоди достатньої вологи чергуються з її нестачею, більш сприятливі для розвитку пухирчастої сажки, ніж умови стабільного достатнього зволоження. В роки, коли в період вегетації дощі випадають нерівномірно, пухирчастої сажки буває дуже багато, але тривалі посухи стримують її розвиток.

Таблиця 2.

Кількість опадів в період вегетації кукурудзи у
2008-2010 рр.

Місяць	Кількість опадів, мм			Оптимальна кількість опадів, мм
	2008 р.	2009 р.	2010 р.	
Травень	38,0	41,1	63,0	43,7
Червень	42,0	23,6	26,0	63,3
Липень	47,0	58,2	102,2	71,7
Серпень	30,0	11,8	14,7	46,9
Вересень	34,5	43,5	39,0	43,5

Метеорологічні умови вегетаційного періоду кукурудзи, які склалися у 2009-2010 роках, були сприятливими для дії інфекційних фонів пухирчастої сажки і при цьому були достатніми для диференціації гібридів першого і другого покоління за стійкістю до хвороби.

Рівень інфекційного фону пухирчастої сажки коливався за роками вивчення. Найвищим він був у 2009 р. - 66,7%, у 2008 та 2010 рр. рівень ураженості сприйнятливих стандартів становив 26,7% та 40% відповідно.

При випробуванні кукурудзи з колекції НЦГРРУ на стійкість до збудника пухирчастої сажки впродовж попередніх років (2006-2009 рр.) були визначені джерела стійкості (7-9 балів), які залучено до схрещувань зі сприйнятливими тестерами. У 2009 році проведено прямі та зворотні схрещування 21 зразка з різних країн світу: з Росії – 2 зразка, США – 6, України – 12, Угорщини – 1 (табл. 3).

Ці джерела були залучені в контрастні схрещування зі сприйнятливими тестерами: тестер 1 - Pool 30-1-6-3-2-1-1; тестер 2 - Pool 30-1-6-5-1-1-2 та тестер 3 - [(P 30-1/P 30-4)-1-3/ (P 30-3/P 30-4)-1-4-2]-1-1-1 для визначення успадкування стійкості до *Ustilago zae* (Beckm) Unger та можливості використання їх в селекції. Отримано 95 гібридів, з них стійких до пухирчастої сажки – 60.

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

Таблиця 3.

Характеристика стійких батьківських форм кукурудзи за ураженістю пухирчастою сажкою

№ Національного каталогу	Назва зразка	Країна походження	Ураженість пухирчастою сажкою, %
UB0104605	IR 24	Україна	12,1
UB0105249	УХ 1008	Україна	15,4
UB0105251	УХ 1010	Україна	0
UB0105256	Ух 1015	Україна	13,9
UB0105265	ЧК 1487	Україна	4,5
UB0105312	А 305	Україна	22,6
UB0100911	УХК 364	Україна	5,3
UB0100916	УХК 367	Україна	4,2
UB0104500	ЗК 229	Україна	19,6
UB0104548	ЗУ 111/2	Україна	0
UB0105020	ЗК 235/24	Україна	0
UB0105247	УХ 1005	Україна	16,7
UB0104750	MV 67	Угорщина	12,5
UB0104448	КС 3	Росія	18,8
UB0104735	КС 14-1	Росія	21,1
UB0104621	R 139	США	0
UB0104706	А 347	США	12,5
UB0104709	В 8	США	0
UB0105109	А 374	США	16,1
UB0105223	R 352	США	9,4
UB0105227	R 75 А	США	0

В результаті аналізу отриманих даних встановлено різний характер успадкування ознаки стійкості до пухирчастої сажки в комбінаціях (h_r = від -13,56 до 7,43), тобто від негативного наддомінування до позитивного наддомінування [2-3].

Чіткої закономірності в успадкуванні стійкості до пухирчастої сажки у наших дослідів не виявлено. Ознака успадковується гібридами F_1 за різними типами: позитивного наддомінування (24%), часткового позитивного домінування (29%), проміжного успадкування (24%), часткового негативного домінування (5%) і негативного наддомінування (18%) (рис. 1).

Аналіз F_1 (табл. 4) показав, що стійкість рослин, отриманих за участю IR 24, R 75 А, R 352, А 347, УХК 367, УХ 1008, наближалась до рівня більш стійкої батьківської форми, що свідчить про домінантний характер генетичних факторів стійкості. Наявність високого гетерозисного ефекту у гібридів першого покоління свідчить про доцільність створення стійких гібридів кукурудзи за участю цих форм.

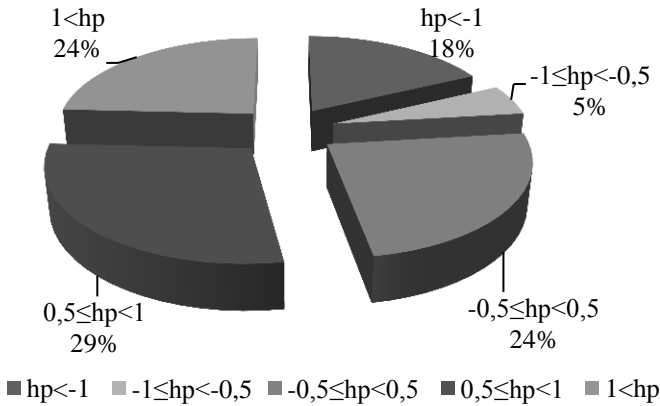


Рис. 1. Успадкування гібридами F_1 кукурудзи стійкості до пухирчастої сажки

Щодо стійкості гібридів F_1 в комбінаціях за участю американської лінії IP11906 R 139, то вона була проміжною відносно батьківських форм.

Проведений аналіз сукупності батьківських форм та гібридів другого покоління (F_2) дозволив виявити різницю між фактичними та очікуваними даними. Ця різниця не суттєва, так як значення χ^2 не перевищують значення для відповідного ступеня свободи. Це означає, що фактично одержане розщеплення в повній мірі відповідає теоретично очікуваному.

Виділено 11 кращих гібридних комбінацій із залученням в схрещування стійких ліній: R 75 A, R 139, R 352, A 347 зі США; IR 24, УХК 367, УХ 1008 з України (табл. 5).

В результаті проведеного гібридологічного аналізу визначено:

- 2 домінантних незалежних гена у ліній – IP11946 УХ 1008 з України, IP11756 R 352 та IP11906 R 139 зі США;

- 3 гена стійкості (2 рецесивних та 1 домінантний) в українській лінії IP10033 УХК 367;

- джерела IP 11899 IR 24 з України, IP11760 R 75 A зі США, в комбінаціях з різними сприйнятливими лініями виявляли присутність то 2 незалежних генів стійкості, то 3 (2 рецесивних та 1 домінантний) генів стійкості;

- в потомствах від схрещувань американської лінії IP11780 A 347 з різними тестерами сприйнятливості встановлено прояв або 2 незалежних генів стійкості (1 домінантного, 1 рецесивного), або 3 генів стійкості (2 рецесивні гени та 1 домінантний).

Таблиця 4.

Ступінь фенотипічного домінування гібридів F₁ кукурудзи
(2009 р.)

Гібридна комбінація	Ураження, %			hp	Тип успадкування
	♀	♂	F ₁		
IR 24/Pool 30-1-6-3-2-1-1	12,1	83,3	26,7	0,59	позитивне домінування
Pool 30-1-6-3-2-1-1/IR 24	83,3	12,1	4,2	1,22	позитивне наддомінування
R 75 A/Pool 30-1-6-3-2-1-1	0	83,3	10,8	0,74	позитивне домінування
Pool 30-1-6-3-2-1-1/R 75 A	83,3	0	3,0	0,92	позитивне домінування
R 139/[(P 30-1/P 30-4)-1-3/(P 30-3/P 30-4)-1-4-2]-1-1-1	0	31,8	22,6	-0,42	проміжне успадкування
R 352/Pool 30-1-6-3-2-1-1	9,4	83,3	10,6	0,97	позитивне домінування
A 347/Poll 30-1-6-5-1-1-2	12,5	25,7	11,5	1,15	позитивне наддомінування
A 347/Pool 30-1-6-3-2-1-1	12,5	83,3	5,6	1,19	позитивне наддомінування
Poll 30-1-6-5-1-1-2/IR 24	25,7	12,1	11,1	1,15	позитивне наддомінування
Pool 30-1-6-3-2-1-1/УХК 367	4,2	83,3	9,8	1,17	позитивне наддомінування
УХ 1008/Pool 30-1-6-3-2-1-1	15,4	83,3	15,2	1,0	позитивне наддомінування

Висновки. Досліджено специфічність генетичного контролю ознаки стійкості до *Ustilago zaeae* (Beckm) Unger гібридного матеріалу кукурудзи. Встановлено наявність домінантних факторів стійкості до збудника хвороби у лінії – джерел стійкості кукурудзи R 75 A, R 352, A 347, R 139, IR 24, УХК 367 та УХ 1008. Ці лінії пропонується використовувати як вихідний матеріал з вираженими донорськими властивостями.

В результаті гібридологічного аналізу виявлено: 2 домінантних незалежних гена у лінії – R 352 та R 139 зі США; УХ 1008 з України, а також 3 гена стійкості в лінії УХК 367 з України.

Визначені джерела стійкості (IR 24 з України, R 75 A із США), які в комбінаціях з різними сприйнятливими лініями виявляли присутність то 2 незалежних домінантних генів стійкості, то 3 генів стійкості.

В потомствах від схрещувань американської лінії A 347 з різними тестерами сприйнятливості встановлено прояв або 2 незалежних генів стійкості, або 3 генів стійкості.

Таблиця 5.

Гібридологічний аналіз за стійкістю до пухирчастої сажки кращів
гібридних комбінацій кукурудзи, 2010 р.

Гібридна комбінація	Стойкість гібридів F ₁ (бал)	Співвідношення стійких та сприйнятливих біотипів у популяції гібридів F ₂		χ^2	P	Кількість генів стійкості
		фактичне	теоретично очікуване			
IR 24/Pool 30-1-6-3-2-1-1	5	112:9	15:1	0,29	0,75-0,50	2 незалежних домінантних
Pool 30-1-6-3-2-1-1/IR 24	7	122:4	61:3	0,65	0,50-0,25	3 (2 рецесивних, 1 домінантний)
R 75 A/Pool 30-1-6-3-2-1-1	7	90:4	61:3	0,04	0,90-0,75	3 (2 рецесивних, 1 домінантний)
Pool 30-1-6-3-2-1-1/R 75 A	9	84:7	15:1	0,32	0,75-0,50	2 незалежних домінантних
R 139/[(P 30-1/P 30-4)-1-3/ (P 30-3/P 30-4)-1-4-2]-1-1-1	7	126:9	15:1	0,04	0,90-0,75	2 незалежних домінантних
R 352/Pool 30-1-6-3-2-1-1	7	130:8	15:1	0,05	0,90-0,75	2 незалежних домінантних
A 347/Poll 30-1-6-5-1-1-2	7	94:23	13:3	0,06	0,90-0,75	2 незалежних (1 домінантний та 1 рецесивний)
A 347/Pool 30-1-6-3-2-1-1	7	100:4	61:3	0,16	0,75-0,50	3 (2 рецесивних, 1 домінантний)
Poll 30-1-6-5-1-1-2/IR 24	7	121:7	15:1	0,13	0,75-0,50	2 незалежних домінантних
Pool 30-1-6-3-2-1-1/УХК 367	7	97:4	61:3	0,12	0,75-0,50	3 (2 рецесивних, та 1 домінантний)
УХ 1008/Pool 30-1-6-3-2-1-1	7	127:9	15:1	0,03	0,90-0,75	2 незалежних домінантних

Список використаних джерел

1. Литун П. П. Генетика количественных признаков. Генетические скрещивания и генетический анализ / П. П. Литун, Н. В. Проскурнин - К.: УМК ВО, 1992.- 96 с.
2. Алтухов Ю. П. Генетические процессы в популяциях / Ю. П. Алтухов – Москва: Наука, 1989. – 328 с.
3. Немлиенко Ф. Е. Онтогенетическая устойчивость кукурузы к пузырчатой головне / Ф. Е. Немлиенко, И. Е. Сиденко - Докл. АНССР. – 1967. – №12.– С. 7-9.
4. 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.
5. Авдеев Ю. И. Генетический анализ растений монография / Ю. И. Авдеев. – Астрахань : Издательский дом «Астраханский университет», 2004. – 378 с.
6. Корсаков Н. И. Генетический анализ качественных признаков растений: методические указания / Н. И. Корсаков – Ленинград, 1980. – 3 с.

На искусственном инфекционном фоне выделены источники и доноры устойчивости к пузырчатой головне (*Ustilago zaeae* (Beckm) Unger) средиобразцов кукурузы коллекции Национального центра генетических ресурсов растений Украины. Проведен гибридологический анализ гибридов F₁ и F₂ от скрещивания выделенных источников устойчивости с восприимчивыми тестерами для определения возможности использования их в селекции. По результатам исследований рекомендован для использования в селекции на устойчивость к пузырчатой головне ценный исходный материал с выраженными донорскими свойствами.

Under the conditions of artificial infection some sources and donors for resistance to common smut (*Ustilago zaeae* (Beckm) Unger) among corn samples from the collection of National Centre for Plant Genetic Resources of Ukraine are distinguished. A hybridologie analysis for F₁ and F₂ hybrids, obtained from the crossing of isolated sources of resistance with sensitive testers for the search of a possibility to use them in breeding, is carried out.

As to the results of the investigation the valuable initial material with manifestation of donor properties is recommended for utilization in breeding for resistance to common smut.