

КОМБІНАЦІЙНА ЗДАТНІСТЬ САМОЗАПИЛЕНИХ ЛІНІЙ КУКУРУДЗИ СЕЛЕКЦІЇ НА ХОЛОДОСТІЙКІСТЬ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

С. А. Красновський, аспірант*

В. Л. Жемойда, кандидат сільськогосподарських наук

Вивчено комбінаційну здатність самозаплених ліній кукурудзи в системі неповних діалельних схрещувань. Визначено найкращі за загальною і специфічною комбінаційною здатністю лінії та отримано гібриди з високим проявом ознаки «врожайність», придатні для ранніх строків сівби, які можуть бути використані в подальших селекційних дослідженнях.

Самозаплена лінія, гібрид, комбінаційна здатність, кукурудза, холодостійкість, ефекти ЗКЗ та СКЗ, гетерозис, екологічне випробування, діалельні схрещування.

Кукурудза є тропічною культурою з низькою толерантністю до низьких температур (нижче $+10^{\circ}\text{C}$). Культура була введена в південну Європу із тропічних регіонів Америки і тільки згодом адаптована до умов північних регіонів. Переміщуючись із південних регіонів у північні, вона проходила природну і штучну селекцію, адаптацію до вирощування за понижених температур. Проте жоден із гібридів не є повністю стійким до низьких температур і як правило має низьку врожайність [1]. Водночас більшість холодостійких популяцій мають сприятливі алелі корисні для підвищення холодостійкості.

Рівень урожайності гібридів кукурудзи, на сьогодні, сягає 14-16 т/га навіть у зоні північного Лісостепу. Проте у зоні Полісся він значно нижчий у першу чергу через нестабільність погодних умов у весняний період і завжди є ризик зниження температур до 0°C і нижче після сівби, що несприятливо впливає на вирощування теплолюбивих гібридів кукурудзи, особливо на перезволожених ґрунтах, що перешкоджає реалізації їх потенціалу.

*Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент, В. Л. Жемойда.

© С. А. Красновський, В. Л. Жемойда, 2015

Успішним для вирощування кукурудзи і отримання гарантованих дружніх сходів у цій зоні є сівба холодостійких гібридів за середньої температури ґрунту на глибині загортання насіння + 6-7° С. За раннього строку сівби у нехолодостійких гібридів подовжується період «сівба-сходи», що негативно впливає на ураження пліснявими хворобами, знижує схожість та енергію початкового їх росту, а – пізнього строку сівби – існує ризик отримати нерівномірні сходи через сівбу у «пересушений» ґрунт. Кількість гібридів, які б можна було висівати за такої температури, обмежена, що і знижує розкриття їх потенціалу в цьому регіоні.

Селекція кукурудзи пов'язана із доббором генетичної плазми, матеріали якої здатні проростати за понижених температур і мати високу енергію початкового росту [2]. Ряд дослідників ідентифікували генотипи кукурудзи придатні для вирощування в умовах знижених температур [3, 4], проте, холодостійкість в елітних генетичних плазмах (Ланкастер, Айодент) є обмеженою, а сприятливі гени стійкості важкі в ідентифікації [2, 4]. Теоретично генетичні плазми, такі як Лакауна, що походять із північних широт мають формувати вищі показники врожайності в регіонах з коротким вегетаційним періодом.

Для створення гібридів з високою холодостійкістю і високим рівнем урожайності необхідним є добір вихідного матеріалу, який би володів цими ознаками та знання його комбінаційної здатності. Тобто, знання характеру успадкування цих ознак є запорукою отримання цінних гібридних комбінацій, що зумовлюють актуальність роботи у цьому напрямку.

Метою досліджень було визначення схожості, дружності сходів та енергії початкового росту гібридів, отриманих за схемою неповних діалельних схрещувань за їх раннього строку сівби (за температури +6° С на глибині загортання насіння); визначення загальної (ЗКЗ) та специфічної (СКЗ) комбінаційної здатності за ознакою «урожайність» у виділених самозапилених ліній кукурудзи, які є контрастними за ознакою «холодостійкість»; виділити найбільш врожайні холодостійкі гібриди для подальших досліджень.

Матеріали та методи досліджень. Матеріал, наведений у табл. 1, було відібрано лабораторним та польовим методами у результаті аналізу 108 ліній різного генетичного походження з різним ступенем холодостійкості. За лабораторного методу насіння пророщували за температури +10 °С протягом 20 діб, після чого його дорощували при температурі + 25 °С протягом трьох діб. Оптимальне пророщування проводили за температури +25 °С протягом трьох діб. Матеріалом досліджень слугували 45 гібридів, отриманих від схрещування за схемою неповних діалельних схрещувань.

Польові дослідження проводили у 2009-2011 рр. на полях лабораторії кафедри селекції та генетики НУБіП України в с. Пшеничне, Васильківського району, Київської області. Ґрунтовий покрив ділянки представлений типовими звичайними та малогумусними чорноземами. Площа облікової ділянки 4,9 м² для самозапилених ліній та 9,8 м² для гібридів, згідно з «Методичними рекомендаціями польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи»[5]. Повторність чотирьохразова з рендомізованим розташуванням ділянок.

1. Схожість самозапилених ліній кукурудзи за оптимального та холодного пророщування

Лінія	Країна походження	Схожість під час пророщування, %	
		оптимальне	холодне
HLG 1203	Україна	98,3	98,3
HLG 1238	Україна	100,0	100,0
FV 243	Росія	98,6	95,0
Q 170	Канада	100,0	91,7
CO 255	Канада	100,0	100,0
UCH 37	Україна	98,3	98,3
Ak 135	Україна	100,0	98,3
F 2	Франція	92,0	76,7
P 165	США	100,0	58,3
L 155	США	98,5	56,1

У польових умовах здійснювали сівбу за різної температури ґрунту на глибині загортання насіння: перший строк сівби за температури ґрунту +6- 6,5 ° С, другий – +8,0-8,5 ° С та третій – + 10,0-10,5°С (контроль).

Під час дослідження визначали енергію проростання, дружність сходів, польову та лабораторну схожість і урожайність.

Комбінаційну здатність аналізували з використанням програми Excel згідно з методичними рекомендаціями [6], дисперсійний аналіз здійснювали за схемою неповних діалельних схрещувань використовуючи метод Гріффіна, по урожайності за результатами польового випробування гібридів. Результати урожайності обліковували взято за першого строку сівби (+6- 6,5 ° С), що дало можливість ідентифікувати холодостійкі гібриди.

Для проведення екологічного випробування гібриди висіяли у трьох локаціях: на полях лабораторії кафедри селекції та генетики НУБіП України в с. Пшеничне, Васильківського району, Київської області; лабораторії кормовиробництва і тваринництва Чернігівського інституту АПВ, с. Чемер, Козелецького р-ну, Чернігівської області та лабораторії селекції і насінництва кукурудзи Селекційно-генетичного інституту в с. Новоселиця, Котовського р-ну, Одеської області.

Результати досліджень. За результатами польових досліджень найвищі показники польової схожості за раннього строку сівби (+6-6,5 ° С) виявлено у гібридів, які в своєму складі мають одну, або дві холодостійкі лінії (табл. 2).

Найвищу дружність сходів, енергію початкового росту та схожість показали гібриди, материнським компонентом в яких була холодостійка лінія CO 255 канадського походження. Схожість їх варіювала в межах 82,5-87,5% за раннього строку сівби, при цьому дружність сходів становила 9 балів, а енергія початкового росту – 7. Високу польову схожість відмічено у гібридних комбінацій F 2/FV 243 – 79,4% та L 155/F 2 – 76,3%, батьківськими формами яких були: одна нехолодостійка лінія L 155 американського походження та лінія F2 французького походження із середньою холодостійкістю. За показником польова схожість усі гібриди перевищили стандарт Остер СВ.

2. Схожість, дружність сходів та енергія початкового росту кращих гібридів кукурудзи за раннього строку сівби (+6-6,5°C), 2011 р.

Гібрид	Польова схожість, %	Дружність сходів, бал	Енергія початкового росту, бал
Остер СВ ст.	62,5	5	5
FV 243/HLG 1203	73,8	5	5
Q 170/HLG 1238	73,8	7	7
Q 170/FV 243	79,4	7	7
CO 255/HLG 1203	82,5	7	7
CO 255/HLG 1238	87,5	9	7
CO 255/FV 243	84,4	9	7
CO 255/Q 170	82,5	9	7
AK 135/FV 243	74,4	5	5
AK 135/Q 170	73,1	5	5
F 2/HLG 1238	73,8	5	5
F 2/FV 243	79,4	5	5
P165/Co 255	70,0	7	5
L 155/ Co 255	68,1	5	5
L 155/HLG 1203	73,8	5	5
L 155/UCH 37	72,5	5	5
L 155/F 2	76,3	3	3

Урожайність гібридів залежала не тільки від схожості, але й від комбінаційної здатності певних генотипів. Так, одні гібриди сформували високу врожайність за рахунок високої схожості, а інші, навіть за зниженої схожості мали високий рівень гетерозису, що позитивно вплинуло на урожайність та ефекти ЗКЗ (табл. 3).

Найвищі показники ЗКЗ спостерігали у ліній L 155, CO 255, FV 243 – 0,50-1,45. Це означає, що використання цих ліній які батьківських форм дає можливість підвищити рівень урожайності гібридів за рахунок вищого ефекту гетерозису. Середній рівень ЗКЗ відмічено у ліній P165, Ак 135 – 0,22 – 0,02, які виділяються середнім ефектом гетерозису, але за оптимального поєднання батьківських компонентів (високий СКЗ), можуть формувати гібриди з високим рівнем урожайності.

Попри високий рівень ЗКЗ самозапилених ліній кукурудзи під час селекції простих гібридів на урожайність найбільш важливим показником є їх специфічна комбінаційна здатність (СКЗ), тобто здатність давати високогетерозисне потомство в певних конкретних схрещуваннях. Ефекти СКЗ за ознакою «урожайність» та фактична урожайність гібридів кукурудзи в перерахунку на базову вологість в системі неповних діалельних схрещувань наведено у табл. 4.

3. Урожайність (т/га) та ефекти 3К3 самозапилених ліній кукурудзи

♀/♂	L 155	P165	F2	Ak 135	UCH 37	Co 255	Q 170	FV 243	HLG 1238	HLG 1203	Сум. Xi	(Xi) ²	Ефекти 3К3
L 155		4,8	7,8	7,6	8,0	8,3	6,8	7,2	6,6	9,0	66	4364	1,45
P 165			5,2	6,7	6,1	8,1	5,6	7,2	5,9	6,7	56	3157	0,22
F 2				5,7	5,1	5,7	3,9	5,1	4,3	4,4	47	2209	-0,93
Ak 135					4,6	7,3	5,6	6,9	5,5	4,8	55	2984	0,02
UCH 37						6,7	4,4	6,4	4,4	5,1	51	2577	-0,46
Co 255							7,5	8,8	8,1	4,9	65	4286	1,38
Q 170								6,0	5,6	3,8	49	2412	-0,67
FV 243									5,2	5,8	58	3416	0,50
HLG 1238										3,4	49	2393	-0,69
HLG 1203											48	2280	-0,84
HIP _{0,05}													0,28

Найвищі показники специфічної комбінаційної здатності виявлено у ліній, які увійшли до складу: L 155 / HLG 1203, L 155 / F2, Co 255 / HLG 1238, L 155 / UCH 37 – 0,98-2,31, урожайність їх становила 7,8 – 9,0 т/га у перерахунку на базисну вологість. Гібриди, в яких материнською формою була самозапилена лінія L 155, розкрили свій потенціал за рахунок високої її комбінаційної здатності, хоча їх схожість виявилась не найвищою. Гібрид Co 255 / HLG 1238 сформував високу врожайність за рахунок високої специфічної комбінаційної здатності та високої холодостійкості батьківських компонентів, а відповідно і схожості. Також, високий рівень урожайності спостерігали у гібриду Co 255 / FV 243, який за відносно нижчого СКЗ (0,87) батьківських компонентів, за рахунок високої схожості, сформував урожайність 8,8 т/га. Високою урожайністю відзначились і гібриди, батьківські компоненти, яких мали середню (P 165 / Co 255 – 0,45) і навіть низьку СКЗ L 155 / Co 255 – -0,59) та відносно невисоку схожість (68,1-70,0%), за урожайності 8,1 та 8,3 т/га.

4. Ефекти СКЗ та фактична урожайність новостворених холодостійких гібридів кукурудзи

Гібрид	Ефекти СКЗ	Урожайність, т/га
Q 170 / HLG 1238	0,87	5,6
Co 255 / Q 170	0,79	7,5
Co 255 / FV 243	0,87	8,8
Co 255 / HLG 1238	1,39	8,1
F2 / Ak 135	0,44	5,7
P 165 / Co 255	0,45	8,1
P 165 / HLG 1203	1,22	6,7
L 155 / Co 255	-0,59	8,3
L 155 / F2	1,18	7,8
L 155 / UCH 37	0,98	8,0
L 155 / HLG 1203	2,31	9,0
HIP _{0,05}	0,47	0,70

Важливим елементом оцінки цінності та пластичності гібридів є їх випробування в різних кліматичних зонах України. Для цього було проведено екологічне випробування новостворених гібридів у Чернігівській (Полісся), Київській (Північний Лісостеп) та Одеській (перехідна зона від Лісостепу до Степу) областях.

Таке випробування дало можливість ідентифікувати за один рік гібриди із різною реакцією на умови вирощування, тобто, з'явилася можливість визначити їх фенотипову стабільність (табл. 5).

5. Урожайність кращих гібридних комбінацій в екологічному випробуванні, т/га (2011 р)

Гібрид	Урожайність, т/га							
	Чемер	+/- до ст.	Київ	+/- до ст.	Котовськ	+/- до ст.	Середнє за трьома локаціях	+/- до стандарту за трьома локаціях
Q 170/HLG 1203	5,6	-1,5	3,8	-2,7	3,2	-1,5	4,2	-1,9
CO 255/HLG 1203	6,0	-1,1	4,9	-1,6	3,4	-1,3	4,8	-1,3
CO 255/Q 170	4,7	-2,4	7,5	1,0	3,4	-1,3	5,2	-0,9
AK 135/HLG 1203	5,0	-2,1	4,8	-1,7	4,0	-0,7	4,6	-1,5
AK 135/Q 170	5,8	-1,3	5,6	-0,9	3,9	-0,8	5,1	-1,0
F 2/HLG 1203	4,0	-3,1	4,4	-2,1	3,6	-1,1	4,0	-2,1
P 165/CO 255	6,7	-0,4	8,1	1,6	6,0	1,3	6,9	0,8
P 165/F 2	5,8	-1,3	5,2	-1,3	3,2	-1,5	4,7	-1,4
L 155/Q 170	5,8	-1,3	6,8	0,3	4,8	0,1	5,8	-0,3
L 155/CO 255	7,7	0,6	8,3	1,8	5,1	0,4	7,0	0,9
L 155/F 2	6,8	-0,3	7,8	1,3	5,2	0,5	6,6	0,5
Остер ст.	7,1		6,5		4,7		6,1	-
HIP _{0,05}	0,65		0,72		0,41		0,59	-

У північній локації (Полісся) найвищу врожайність сформували гібриди L 155/CO 255, L 155/F 2 та P 165/CO 255 – 6,7-7,7 т/га. У північному Лісостепу – гібриди L 155/CO 255, P 165/CO 255, L 155/F 2 та CO 255/Q 170 - 7,5-8,3 т/га, що перевищило стандарт на 1,0 – 1,8 т/га. У крайній південній локації (перехідна зона Лісостепу до Степу) найвищу врожайність сформували гібриди L 155/F 2 та P 165/CO 255 – 5,2-6,0 т/га.

Найвищі показники урожайності в усіх трьох локаціях відмічено у гібрида L 155/CO 255 (середня врожайність 7,0 т/га), що перевищило стандарт на 0,9 т/га. На рівні стандарту урожайність сформував гібрид – L 155/F 2 – 6,6 т/га. Найвищі показники урожайності за двома локаціями (Київ, Котовськ) та на рівні стандарту в Чемері продемонстрували гібриди L 155/F 2 та P 165/CO 255. При цьому їх середня урожайність була вищою за стандарт на 0,5 та 0,8 т/га.

Такі показники високого ефекту гетерозису були досягнуті в першу чергу за рахунок отримання високої схожості цих гібридів, яка була успадкована від самозапилених ліній Со 255 та F2. Лінії L 155 та Р 165 за низької холодостійкості мають високі ефекти ЗКЗ та СКЗ, що й відзначено під час схрещування за схемою неповних діалельних схрещувань.

Висновки. Гібриди, що вивчались відзначаються високою стабільністю і придатні для вирощування у різних ґрунтово-кліматичних зонах та рекомендовані для сівби за ранніх строків. За таких умов вони найкраще розкривають свій генетичний потенціал. Лінії – Со 255, Q 170, HLG 1238 можна рекомендувати для використання як джерела (донори) підвищення холодостійкості майбутнього гібрида, лінії – L 155, Р 165 та F2 – використовувати для підвищення рівня гетерозису та отримання високого рівня урожайності. За такого поєднання (холодостійкої лінії та лінії з високим ефектом ЗКЗ) можна отримати стабільно високі врожаї в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Список літератури

1. Rodriguez V. M. Quantitative trait loci for cold tolerance in the maize IBM population. / V. M. Rodriguez, A. Butron, R. A. Malvar, A. Ordas, P. Revilla // Int. J. Plant Sci. – 2008. – №169. – С. 551–556.
2. Rodrigues V. M. Evaluation of European maize germplasm under cold conditions / V.M. Rodrigues, M.C. Romy, A. Ordas and P. Revilla // Mision Biologica de Calicia (CSIC) – Poltevedra, Spain. – Apartado 28, E. 36080.
3. Factors associated with emergence of Shrunken – maize in Korea / V. O. Adetimirin, S. K. Kim // J. Agric. Sci., Szczech. – 2006. – Т. 144. – Р. 63–68.
4. Lee E. A. Genetic variation in physiological discriminators for cold tolerance-early autotrophic phase of maize development / E. A. Lee, M. A. Staebler, M. Tollenaar // Crop Sci. – 2002. – Т. 42. – Р. 1919-1929.
5. Методичні рекомендації польового та лабораторного вивчення генетичних ресурсів кукурудзи. – Харків: Ін-т рослинництва УААН ім. В. Я. Юр'єва, 2003 – 43 с.
6. Сич З. Д. Вивчення комбінаційної здатності у селекції гетерозисних гібридів методом неповних топкросів / З. Д. Сич, В. Л Жемойда., І. В. Сидорка // Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з вивчення дисципліни «Селекція гетерозисних гібридів» – К.: В-во НАУ, 2004.– 19 с.

Изучена комбинационная способность самоопыляющихся линий кукурузы в системе неполных диалельных скрещиваний. Определены лучшие по общей и специфической комбинационной способности линии и получены гибриды с высоким проявлением признака «урожайность», пригодные для ранних сроков сева, которые могут быть использованы в дальнейших селекционных исследованиях.

Самоопыленная линия, гибрид, комбинационная способность, кукуруза, холодостойкость, эффекты ОКС и СКС, гетерозис, экологическое испытание, диалельные скрещивания.

Raman studied the ability of self-pollinating maize lines in the system incomplete diallel crosses. The best one for general and specific Raman line resolution and obtained hybrids with high display signs of "productivity", suitable for early sowing, which can be used in future breeding studies.

Inbred line, hybrid, combining ability, corn, cold tolerance, effects of specific and general combining ability, heterosis, ecological testing, diallel crossing.