

Polymorphism of lowa corn germplasm lines with short duration and their sister lines

B.V. Dziubetskyi, V.Yu. Cherchel, O.V. Abelmasov *, V.V. Borisova, V.V. Plotka

*R&D Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine,
Dnipro, V. Vernadsky St. 14, Ukraine*

** Corresponding author. E-mail: Moskvich9193@mail.ru*

Submitted: 30.12.2016. Accepted: 31.01.2017

Objective. Assessment of collection of early-season constant lines of lowa germplasm by morphological and biological parameters, level hypothetical heterosis in nursing crossings and their polymorphism as an integral component of the breeding cycle. **Methods.** Field, mathematical, and statistical. **Results.** The results of research during 2013-2015 revealed that sister hybrids of the least volatile yields grain by years of research were obtained by crossing lines DK744, MS555, DK216. Calculation of correlation coefficients between hypothetical heterosis and genetic distances found no significant association ($r=0.118-0.359$), and between the yield of nursing hybrids and genetic distances ($r=0.167-0.351$). We also founded that the line MS555 exceeded the yield of grain line control DK744 to 0.13 t/ha and had less long period of stairs –flowering 50% heads for 0.3 days. **Conclusions.** Assessment of collection of early-season constant lines of lowa germplasm by complex morphological and biological parameters helped to identify the best samples MS555 and DK1274 compared with control DK744. We highlighted sister hybrids with significant manifestation of a hypothetical heterosis DK714/195 (142.6%), DK237 (117.7%) DK234 (116.4%), and lowest - MS555 (61,6%), DK744 (78,2%), DK1274 (77,2%). Sister combination between the lines DK744, MS555, DK216 characterized the highest stability yield towards the years of research.

Key words: *maize, germplasm indent, sister lines, constant lines, early ripening, hypothetical heterosis, genetic distances.*

Поліморфізм скоростиглих ліній кукурудзи плазми Айодент та сестринських гібридів створених за їх участі

Б.В. Дзюбецький, В.Ю. Черчель, О.В. Абельмасов, В.В. Борисова, В.В. Плотка

*ДУ Інститут зернових культур НААН України, м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського 14,
E-mail: Moskvich9193@mail.ru*

Мета. Оцінка колекції скоростиглих константних ліній зародкової плазми Айодент за морфо-біологічними показниками, рівнем гіпотетичного гетерозису в сестринських схрещуваннях та їх поліморфізму, як невід'ємної складової селекційного циклу. **Методи.** Польовий, математико-статистичний. **Результати.** За результатами досліджень у 2013-15 рр. встановлено, що сестринські гібриди з найменш мінливими показниками врожайності зерна за роками досліджень, були отримані від схрещування ліній ДК744, МС555, ДК216. Розрахунки коефіцієнтів кореляції між гіпотетичним гетерозисом та генетичними дистанціями не виявили достовірних зв'язків ($r=0,118-0,359$), а також між рівнем врожайності сестринських гібридів та генетичними дистанціями ($r=0,167-0,351$). Виявлено, що лінія МС555 перевищила за врожайністю зерна лінію контроль ДК744 на 0,13 т/га, та мала менш тривалий період сходи – цвітіння 50% качанів на 0,3 діб. **Висновки.** Оцінка колекції скоростиглих константних ліній зародкової плазми Айодент за комплексом морфо-біологічних показників дозволила виявити кращі зразки МС555 та ДК1274 в порівнянні із контролем ДК744. Виділено сестринські гібриди із значним проявом гіпотетичного гетерозису ДК714/195 (142,6 %), ДК237 (117,7%), ДК234 (116,4%), та найменшим – МС555 (61,6%), ДК744 (78,2%), ДК1274 (77,2%). Сестринські комбінації між лініями ДК744, МС555, ДК216 характеризувались найбільшою сталістю врожайності за роки досліджень.

Ключові слова: *кукурудза, плазма Айодент, сестринські гібриди, лінія, скоростиглість, гіпотетичний гетерозис, генетичні дистанції.*

Вступ

Гетерозисна селекція кукурудзи в світі базується на використанні альтернативних геноплазм, серед яких значне місце посідають лінії плазми Айодент та її похідні. Програма створення гібридів кукурудзи різних груп стиглості (ФАО 200-500) в ДУ Інститут зернових культур НААН також передбачає широке використання плазми Айодент, і на сьогодні її частка в загальному обсязі вихідного матеріалу залежить від групи стиглості та збільшується у середньопізніх гібридів до 83,9% (Дзюбецький та ін., 2002). Активне включення ліній плазми Айодент в селекцію скоростиглих гібридів розпочалось із поширення в багатьох країнах середньораннього гібрида Деа в 90-х роках минулого століття, материнською формою якою була середньопізня зубовидна лінія П165 (плазма Айодент), а батьківською – кремениста ранньостигла лінія F2 (плазма Лакаун) (Мусяца, 1994). Це в свою чергу обумовило ширше залучення середньопізного зубовидного матеріалу різних геноплазм у гетерозисну селекцію гібридів ФАО < 300 в більшості селекційних установ світу. Проте якщо створення скоростиглих версій середньопізніх ліній плазми Ланкастер (Oh43 та Mo17) відбувалось достатньо ефективно (Дзюбецький та ін., 2000; Мусяца и др. 2001), то синтез нових скоростиглих генотипів плазми Айодент проводився повільними темпами (Дзюбецький та ін., 2002). Зрозуміло, що при створенні скоростиглих ліній на базі середньопізніх ліній плазми Айодент використовувались ранньостиглі джерела різного генетичного походження.

В зв'язку з тим, що цей напрямок є пріоритетним в селекції кукурудзи, були розроблені програми адаптації елітних ліній плазми Айодент до стресових умов Степу України на основі методів циклічного добору (кумулятивний, рекурентний та їхні різновиди) (Черчель та ін., 2008). Отримана таким чином значна кількість нових гомозиготних ліній потребувала ретельного їх вивчення та аналізу перспективності для подальшої роботи.

Мета досліджень. Оцінка колекції скоростиглих константних ліній зародкової плазми Айодент за морфо-біологічними показниками, рівнем гіпотетичного гетерозису в сестринських схрещуваннях та їх поліморфізму, як невід'ємної складової селекційного циклу.

Матеріали та методи досліджень

Вихідним матеріалом були 8 скоростиглих ліній плазми Айодент селекції ДУ ІЗК НААН: ДК714/195; ДК744; МС555; ДК237; ДК216; ДК213; ДК1274 та ДК234. У 2013-2015 рр. ці лінії та сестринські гібриди, отримані від їх схрещування за діалельною схемою, вивчались в селекційному та контрольному розсаднику. За контроль використовували лінію ДК744, яка входить до складу 9 гібридів ФАО 180-330 селекції ДУ ІЗК НААН занесених до Державного Реєстру сортів рослин.

Сівбу проводили в другій половині третьої декади квітня. Розмір ділянок 5 м² повторність – трикратна. Густота стояння рослин 60 тис/га. В селекційному розсаднику збирали качани вручну з одночасним відбором проб для аналізу структури врожаю, а в контрольному розсаднику – комбайном Неже 140. Агротехніка в дослідженнях відповідала рекомендаціям «Методика проведення польових дослідів з кукурудзою» (Лебідь та ін., 2008).

Статистичну обробку даних проводили за методикою Лакина Г. Ф. (Лакин, 1990). Гіпотетичний гетерозис визначали за формулою:

$$G_{\text{гіпот.}} = (F1 - P_{\text{серед.}} / P_{\text{серед.}}) \times 100\%,$$

де F1 – показник ознаки у гібрида першого покоління; P_{серед.} – її середнє значення батьківських компонентів (Домашнев и др., 1992).

Погодні умови в роки проведення досліджень неабияк відрізнялись, що з одного боку дало можливість провести коректну диференціацію досліджуваних генотипів за стійкістю до абіотичних факторів, а з другого створило деякі проблеми із визначенням рівня гетерозису, через значні коливання врожайності особливо у ліній. Найбільш сприятливі умови для вегетації рослин кукурудзи за вологозабезпеченістю та температурним режимом склалися в 2013 р. Середніми вони були в 2014 і 2015 рр., друга половина вегетації яких відзначилась значною посухою на фоні високих температур та низької вологості повітря, особливо в період формування зерна, що негативно вплинуло на рівень врожайності всіх форм.

Результати досліджень

Визначення середньої врожайності зерна ліній засвідчило досить високий її рівень – 3,79 т/га (табл. 1). За цим показником майже всі зразки поступились контролю лінії ДК744 на 0,83 – 2,55 т/га і лише лінія МС555 перевищила її на 0,13 т/га. Це ще раз підтверджує трудність збалансування продуктивності та скоростиглості при селекції на скорочення тривалості періоду вегетації з використанням середньопізніх геноплазм.

Одним із основних питань поставлених в досліді був добір скоростиглих форм більш ранніх, або близьких за тривалістю вегетаційного періоду до лінії ДК744. Як побічний показник скоростиглості використовували тривалість періоду сходів-цвітіння 50% качанів. Згідно з результатами досліджень цей період був меншим в порівнянні з контролем лише у лінії МС555, а у решти на 1 – 3 доби більшим. В цілому розмах тривалості вказаного періоду у ліній складав тільки 3 доби. Близькою у ліній була «вологість зерна при збиранні», яка також пов'язана зі скоростиглістю селекційного матеріалу. Ліміти її значення вкладались в 0,9%, мінімальною вона була у лінії: ДК216 (14,0%), а максимальною у лінії ДК714/195 (14,9%). Враховуючи, що за групою стиглості лінія-контроль ДК744 віднесена до ФАО 240, можна вважати, що дослідні зразки знаходяться в інтервалі ФАО 230-260.

Таблиця 1 Господарсько-цінні показники скоростиглих інбредних ліній плазми Айодент (2013-2015 рр.)

Назва ліній	Період сходи – цвітіння 50% качанів, доба	Висота рослин, см	Висота прикріплення качана, см	Врожайність зерна, т/га	Вологість зерна при збиранні, %
ДК714/195	53,0	137,5	34,4	3,19	14,9
ДК744	51,0	143,2	47,8	5,22	14,4
МС555	50,7	164,8	56,0	5,35	14,3
ДК237	52,3	157,0	47,7	3,39	14,3
ДК216	53,0	154,3	42,6	2,67	14,0
ДК213	53,0	157,0	46,5	3,91	14,2
ДК1274	51,7	175,2	50,5	4,39	14,6
ДК234	53,7	177,2	65,2	2,16	14,2
Середнє	52,3 ± 0,9	158,3 ± 10,1	48,8 ± 5,0	3,79 ± 0,54	14,4 ± 0,7

За висотою рослин лінії переважали контроль на 11,1 – 34,0 см, окрім ДК714/195. Висота прикріплення качана була більшою ніж у лінії ДК 744 лише у ДК1274 (50,5 см), МС555 (56,0 см) та ДК234 (65,2 см), тоді як інші лінії мали близькі значення цього показника до контролю або менші – ДК714/195 (34,4 см), ДК216 (42,6 см). Створення нових скоростиглих ліній плазми Айодент відбувалось завдяки розширенню генетичної основи нового матеріалу шляхом залучення донорів скоростиглості спорідненого, або не спорідненого матеріалу, з бекросуванням в напрямку вихідних форм. Тобто значна частина скоростиглих ліній плазми Айодент в своєму геномі містить різну частку неспорідненого генетичного матеріалу. Враховуючи, що лінії плазми Айодент частіше використовуються як батьківські компоненти в простих модифікованих гібридах, важливим є визначення поліморфізму нового матеріалу для запобігання ускладнень структури гібрида, що збільшує варіювання рослин за різними ознаками. Відомо, що ступінь спорідненості ліній відносно будь якої ознаки в основному визначається рівнем гіпотетичного гетерозису в гібридів отриманих від їх схрещувань. В останні роки з цією ж метою все більше використовується показник генетичних дистанцій між селекційним матеріалом. В наших дослідженнях застосовувались обидва методи, що дозволило більш коректно оцінити лінії в відношенні їх генетичного зв'язку. Для цього отримані сестринські гібриди вивчалися за врожайністю зерна, на основі чого визначався рівень гіпотетичного гетерозису. Середня врожайність зерна сестринських гібридів коливалась від 6,22 до 7,85 т/га, залежно від умов років досліджень, а коефіцієнт варіювання складав 17,7 – 19,4% з найменшою варіабельністю в більш стресовий 2015 р.

Таблиця 2 Параметри варіювання врожайності зерна сестринських гібридів плазми Айодент

Параметри	Врожайність зерна , т/га			
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	Середнє
Середнє	7,85 ± 0,56	7,37 ± 0,56	6,22 ± 0,43	7,12 ± 0,46
Ліміти	5,54 – 10,17	5,11 – 10,91	3,67 – 8,46	5,22 – 9,44
Коефіцієнт варіювання, %	18,0	19,4	17,7	14,4

Характерно, що в більш вологозабезпечений 2013 р. він становив тільки 94,8%, за рахунок більш повного прояву рівня врожайності у всіх сестринських ліній і гібридів. Слід зазначити, що при усередненні гіпотетичного гетерозису за роками, варіювання ознаки зменшувалось в результаті нівелювання природних коливань. Можна стверджувати, що рівень гіпотетичного гетерозису залежить не тільки від генетичної віддаленості селекційного матеріалу, а й від його адаптованості до змін умов вирощування, що може привнести похибки при оцінці рівня спорідненості.

Встановлено, що сестринські гібриди з найменш мінливими показниками врожайності зерна за роками досліджень, були отримані від схрещування ліній з найбільш стабільним проявом цього показника ($r=0,794$). Це стосується в першу чергу ліній ДК744, МС555, ДК216. Щодо рівня гіпотетичного гетерозису, то він був в середньому найвищим (122,6%) в недосить сприятливому для кукурудзи за погодними умовами 2014 р. (табл. 3).

В таблиці 4 представлені сестринські гібриди з різним рівнем реакції на умови років досліджень. Зокрема рівень врожайності і гіпотетичного гетерозису був близьким за роками у сестринських гібридів ДК744×МС555, ДК237×ДК213, ДК237×ДК234 і ін. Значні коливання цих показників відмічені у гібрида ДК1274×ДК213, батьківські компоненти якого характеризувались низькою стабільністю врожайності за роками. Слід зазначити, що в основній частині сестринських гібридів варіювання врожайності зерна і гіпотетичного гетерозису було середнім, що дозволило достатньо коректно оцінити лінії за рівнем спорідненості.

Таблиця 3 Параметри варіювання гетерозису гіпотетичного в сестринських гібридів плазми Айодент

Параметри	Гетерозис гіпотетичний, %		
	2013 р.	2014 р.	2015 р.
Середнє	94,8 ± 22,5	122,6 ± 17,8	82,6 ± 23,9
Ліміти	18,5 – 232,0	51,6 – 215,7	10,9 – 245,8
Коефіцієнт варіювання, %	60,0	36,8	73,2

Таблиця 4 Варіювання врожайності зерна та рівня гетерозису гіпотетичного за роками у сестринських гібридів плазми Айодент з різним типом реакції на умови

Зразки	Врожайність зерна, т/га			Гетерозис гіпотетичний, %		
	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.
ДК714/195×ДК237	9,89	6,99	7,09	168,0	130,7	168,6
ДК744×МС555	7,78	7,65	7,52	24,8	85,2	36,7
ДК744×ДК216	7,98	7,33	7,43	69,0	125,9	92,3
МС555×ДК237	9,87	10,91	7,52	112,8	178,0	65,8
МС555×ДК213	7,08	6,61	5,2	32,4	71,2	10,9
ДК237×ДК213	6,52	6,15	6,02	67,3	81,7	64,2
ДК237×ДК234	6,62	6,44	6,32	163,2	126,8	113,2
ДК1274×ДК213	6,18	10,83	4,49	34,6	180,5	11,9
Середнє	7,74	7,86	6,45	84,0	122,5	70,5

Аналіз рівня врожайності зерна сестринських гібридів в порівнянні з індексами гіпотетичного гетерозису виявив позитивні середні та високі достовірні залежності. Найвища кореляція відмічена в 2014 р. – 0,681, коли спостерігався максимальний прояв гіпотетичного гетерозису, а найнижчий у 2015 р. – 0,498, з мінімальним рівнем дослідних ознак. Відмічена закономірність доводить значення адаптивності у прояві рівня гетерозису сестринських гібридів.

Кореляційний аналіз між середньою врожайністю батьківських компонентів та індексами гіпотетичного гетерозису виявив, що в 2013 р. та 2015 р. зв'язок між ними був достовірно негативний ($r = -0,785$ та $-0,768$ відповідно), а в 2014 р. – середній, достовірний ($r = -0,490$). Послаблення кореляційної залежності у 2014 р. пояснюється відносно високою врожайністю гібридів і не повністю реалізованим врожайним потенціалом ліній, які відчутніше зреагували на посуху другої половини вегетації. Таким чином, результати досліджень доводять тенденцію зменшення рівня гіпотетичного гетерозису при зростанні врожайності вихідних компонентів.

Відповідна закономірність виявлялась і раніше (Черчель та ін., 2010). Припускається, що завдяки селекційному поліпшенню відбувається поступове зменшення індексів істинного чи гіпотетичного гетерозисів за рахунок посилення толерантності до інбридингу та накопичення адитивних компонентів зв'язаних із формуванням врожаю при зниженні впливу специфічних ефектів (Югенхеймер, 1979). Зазначений тренд в майбутньому може переформувати методи селекції алогамних культур та наблизити їх до інструментаріїв добору аутогамних. Адаптивність селекційних ознак набуває більшого значення в порівнянні із отримання максимального прояву їх гетерозису. Таким чином, рівень прояву гіпотетичного гетерозису не може бути достовірним показником спорідненості батьківських компонентів, через значну залежність від її продуктивності *per se* та її стабільності.

Щодо генетичних дистанцій між самозапиленими лініями, які визначаються завдяки SNP-маркерів (Сатарова та ін., 2014; Lu et al, 2009), то відомо, що чим вони менші тим вищий рівень їх спорідненості (Кравченко, 2007; Борисова, 2014). В наших дослідженнях за середніми даними індексів гіпотетичного гетерозису виявлено, що найбільший його рівень спостерігався в схрещуваннях ліній ДК714/195 (142,6%), ДК237 (117,7%) та ДК234 (116,4%), а найменший у гібридів ліній – МС555 (61,6%), ДК744 (78,2%) та ДК1274 (77,2%). За середніми значення генетичних дистанцій вивчені лінії характеризувались помірним поліморфізмом з коливанням генетичних дистанцій в межах 0,293–0,388 (табл.5), а їх ранжування не співпадало із розподілом за рівнем гіпотетичного гетерозису. Найбільш віддаленим за генотипом від решти дослідних ліній плазми Айодент залишився зразок ДК714/195 (0,388), але лінія МС555 (0,360), яка виявляла найменші значення індексів гіпотетичного гетерозису, посіла друге місце за віддаленістю, згідно генетичних дистанцій. Для визначення спорідненості дослідних ліній відносно плазми Айодент ми провели їх порівняння із контролем – класичною лінією цієї групи 207 (П165) (Troger, 1994). Слід зауважити, що генетичні дистанції сестринських ліній, як правило, не перевищують розмір 0,35, а їх значення від 0,35 до 0,5 є характерним для високоврожайних простих гібридів (Сатарова та ін., 2014).

Генетично плазма Айодент достатньо звужена і у її класичних представників генетичні дистанції не перевищують розміру 0,15–0,20. Серед нашої дослідної вибірки найбільш віддаленими від лінії П165 були – ДК714/195 (0,353) та МС555 (0,292), а найближчими до неї – ДК744 (0,136) та ДК234 (0,197). Таким чином, більшість ліній можна віднести до

сестринських, за винятком ДК714/195, але всі вони характеризуються значним віддаленням від класичної форми цієї плазми, що пояснюється тривалим доборою на скоростиглість із залученням неспоріднених джерел.

Таблиця 5 Гіпотетичний гетерозис у сестринських гібридів від схрещування ліній плазми Айодент та генетичні дистанції між ними *

Лінії	ДК714/195	ДК744	МС555	ДК216	ДК213	ДК234	ДК237	207
ДК714/195		0,361	0,420	0,382	0,385	0,357	0,423	0,353
ДК744	67,8		0,362	0,292	0,293	0,139	0,309	0,136
МС555	83,4	48,9		0,333	0,313	0,369	0,360	0,292
ДК216	185,5	95,7	39,8		0,160	0,322	0,339	0,257
ДК213	155,0	44,3	38,2	57,1		0,311	0,337	0,230
ДК234	222,9	110,5	70,9	140,6	148,2		0,311	0,197
ДК237	155,8	113,5	118,9	157,2	71,1	134,4		0,260
ДК1274	127,6	66,7	31,4	62,4	75,7	103,8	72,9	

* В правій верхній частині діагоналі таблиці представлені данні за генетичними дистанціями, в лівій нижній – за гіпотетичним гетерозисом

Слід зауважити, що за генетичною структурою лінія ДК714/195 більше відноситься до Змішаної плазми, поскільки походить від схрещування ліній Кр714 (ГК26×PLS61) (Чумак, 1999) та ДК195, яка отримана із 8 лінійної популяції Дніпровська 12 в структурі якої було тільки 2 лінії з родоводами плазми Айодент (Гульняшкін, 1993). Проте, не зважаючи на її істотне генетичне віддалення від решти ліній, та сформовану в середньому найвищу врожайність (7,76 т/га) серед всіх комбінацій, наявності гібридів з максимальним рівнем генетичних дистанцій ДК714/195×ДК237 (0,423) та ДК714/195×МС555 (0,420), вона не очолила рейтинг за врожайністю сестринських гібридів. Найбільшою врожайністю в середньому за роки досліджень відзначились комбінації МС555×ДК237 (9,44 т/га) та ДК744×ДК237 (9,03 т/га), які не відрізнялись високими значеннями генетичних дистанцій 0,360 та 0,309, відповідно.

Розрахунки коефіцієнтів кореляції між рівнем гіпотетичного гетерозису та генетичними дистанціями не виявили достовірних зв'язків, між ними ($r = 0,118-0,359$). Також відсутній достовірний зв'язок між рівнем врожайності сестринських гібридів та генетичними дистанціями ($r = 0,167-0,351$). Альтернативні ознаки, що визначались, мають різну природу формування, характеризуються континуальним варіюванням зумовленим погодними умовами та різною реакцією генотипів на мінливість. Генетичні дистанції відносяться до атрибутивних ознак, тому можуть окреслювати тільки сталі показники. Таким чином, генетичні дистанції інформативні стосовно генетичного походження та спорідненості ліній, але прогнозування експліцитності кількісних показників значно складніше, що доводить кореляційний аналіз.

Висновки

Оцінка колекції скоростиглих константних ліній зародкової плазми Айодент за комплексом морфо-біологічних показників дозволила виявити кращі зразки МС555 та ДК1274 в порівнянні із контролем ДК744. Вивчення сестринських гібридів виявило форми із значним проявом гіпотетичного гетерозису ДК714/195 (142,6%), ДК 237 (117,7%), ДК234 (116,4%), та найменшим – МС555 (61,6%), ДК744 (78,2%), ДК1274 (77,2%). Сестринські комбінації з лініями ДК744, МС555, ДК216 характеризувались найбільшою сталістю їх врожайності за роки досліджень.

Визначення генетичних дистанцій колекції дослідних скоростиглих ліній виявило значний ступінь їх поліморфізму. При порівнянні з лінією 207 (П165) класичним представником плазми Айодент, найбільш генетично наближеними були лінії ДК744 (0,136) та ДК234 (0,197), а віддаленими – ДК714/195 (0,353) та МС555 (0,292). Порівняння гіпотетичного гетерозису сестринських гібридів із генетичними дистанціями ліній не виявило достовірних залежностей між цими показниками. Вони пов'язані з різними біологічними властивостями генотипу і тому важливі як з практичного зору (гіпотетичний гетерозис), так і з теоретичного (генетичні дистанції), що в комплексі дозволяє коректно класифікувати дослідну вибірку зразків.

Список використаної літератури

- Гульняшкін А.В. Создание линий и гибридов кукурузы с быстрой потерей влаги зерном при созревании методом рекуррентной селекции: / А. В. Гульняшкін // Дис... канд. с.-х. наук. – Днепропетровск, 1993. – 122 с.
 Борисова В.В. Селекційні аспекти застосування SNP-аналізу у кукурудзи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / В.В. Борисова. – Дніпропетровськ, 2014. – 20 с.
 Дзюбецький Б.В., Черчель В.Ю. Сучасна зародкова плазма в програмі з селекції кукурудзи в Інституті зернового господарства УААН // Селекція і насінництво. – Харків. – 2002. – № 86. – С. 11–19.

- Дзюбецький Б. В. Використання зародкової плазми Ланкастер у гетерозисній селекції кукурудзи / Б. В. Дзюбецький, В. Ю. Черчель, Л. А. Ільченко // Таврійський науковий вісник. – Херсон, 2000. – Вип. 16. – С. 15–20.
- Домашнев П.П., Дзюбецький Б.В., Костюченко В.И. Селекция кукурузы. – М.: Агропромиздат, 1992. – 208 с.
- Кравченко В.М. Вплив рівня гетерозису сестринських схрещувань на основні господарсько-цінні ознаки модифікованих гібридів кукурудзи: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук / В.М. Кравченко. – Дніпропетровськ, 2007. – 19 с.
- Лакін Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
- Лебідь Є. М. Методика проведення польових дослідів з кукурудзою / Є.М. Лебідь, В.С. Циков, Ю.М. Пашенко [та ін.]. – Дніпропетровськ, 2008. – 27 с.
- Мустьяца С.И. Создание и оценка раннеспелых линий // Кукуруза и сорго. – 1994. – №6. – С. 8–11.
- Мустьяца С.И. Использование зародышевой плазмы гетерозисной группы Ланкастер в селекции раннеспелой кукурузы / С.И. Мустьяца, С.И. Мистрец, Л.П. Нужная // Кукуруза и сорго. – 2001. – №1. – С. 6–11.
- Черчель В. Ю. Рекурентний добір на раннє цвітіння качанів у синтетичній популяції кукурудзи плазми Айодент / В. Ю. Черчель, Г. В. Черкашина // Бюлетень Інституту зернового господарства. – Дніпропетровськ, 2008. – № 33–34. – С. 152–155.
- Сатарова Т. М. Аналіз одонуклеотидного поліморфізму ДНК у лінії кукурудзи. (Методичні аспекти). / Сатарова Т. М, Борисова В. В., Абраїмова О.Є., Черчель В.Ю. – Дніпропетровськ. – 2014 – С.18.
- Черчель В. Ю. Врожайність зерна та гіпотетичний гетерозис сестринських гібридів кукурудзи плазми Рейд / В. Ю.Черчель, Н. А. Боденко // Бюлетень Інституту зернового господарства. – Дніпропетровськ, 2010. – № 39. – С. 12–15.
- Чумак М.В. Селекция раннеспелых и среднеспелых гибридов кукурузы в Краснодарском НИИСХ / М.В. Чумак // Генетика, селекция и технология возделывания кукурузы. – Майкоп: РИПО Адыгея, 1999. – С.13–28.
- Югенхеймер Р.У. Кукуруза: улучшение сортов, производство семян, использование. – М: Колос, 1979. – 519 с.
- Lu Y. Molecular characterization of global maize breeding germplasm based on genome-wide single nucleotide polymorphisms / Y. Lu, J. Yan, C.T. Guimarães et al. // Teor. Appl. Genet. – 2009. – Vol. 120. – P. 93–115.
- Troyer A.F. Breeding early corn / Troyer A.F. // In Specialty corns. Ed. by A.R. Hallauer. – CBS Pres, Boca Raton. – 1994. – P.341–396.

References

- Borisova, V.V. (2014). Seleksiyni aspekti zastosuvannya SNP-analizu u kukurudzi. Doctor's Thesis. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Cherchel, V.Yu., Cherkashina, G.V. (2008). Rekurentniy dobir na rannye tsvitinnya kachaniv u sintetichniy populyatsiyi kukurudzi plazmi Ayodent. Byuleten Institutu zernovogo gospodarstva, 33–34, 152–155 (in Ukrainian).
- Cherchel, V.Yu., Bodenno, N.A. (2010). Vrozhaynist zerna ta gipotetichniy geterozis sestrinskih gibridiv kukurudzi plazmi Reyd. Byuleten Institutu zernovogo gospodarstva, 39, 12–15 (in Ukrainian).
- Chumak, M.V. (1999). Seleksiya rannespelyih i srednespelyih gibridov kukuruzyi v Krasnodarskom NIISH (pp. 13–28). In Genetika, seleksiya i tehnologiya vozdeliyvaniya kukuruzyi. Maykop: RIPO Adyigeya (in Russian).
- Domashnev, P.P., Dzyubetskiy, B.V., Kostyuchenko, V.I. (1992). Seleksiya kukuruzy. Moscow: Agropromizdat (in Russian).
- Dzyubetskiy, B.V., Cherchel, V.Yu. (2002). Suchasna zarodkova plazma v programi z selektsiyi kukurudzi v Institutu zernovogo gospodarstva UAAN. Seleksiya i nasinnitstvo, 86, 11–19 (in Ukrainian).
- Dzyubetskiy, B.V., Cherchel, V.Yu., Ilchenko, L.A. (2000). Viktoristannya zarodkovoyi plazmi Lankaster u geterozisniy selektsiyi kukurudzi. Tavriyskiy naukoviy visnik, 16, 15–20 (in Ukrainian).
- Gulnyashkin, A.V. (1993). Sozdanie liniy i gibridov kukuruzyi s bystroy poterey vlagi zernom pri sozrevanii metodom rekurrentnoy selektsii. Doctor's Thesis. Dnepropetrovsk (in Russian)
- Kravchenko, V.M. (2007). Vpliv rivnya geterozisu sestrinskih shreschuvan na osnovni gospodarsko-tsinni oznaki modiflkovanih gibridiv kukurudzi. Doctor's Thesis. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Lakin, G.F. (1990). Biometriya. Moscow: Vysshaya shkola (in Russian).
- Lebid, E.M., Tsikov, V.S., Pavlenko, Yu.M. (2008). Metodika provedennya polovih doslidiv z kukurudzoju. Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Lu, Y., Yan, J., Guimaraes, C.T. et al. (2009). Molecular characterization of global maize breeding germplasm based on genome-wide single nucleotide polymorphisms. Teor. Appl. Genet, 120, 93–115.
- Mustyatsa, S.I. (1994). Sozdanie i otsenka rannespelyih liniy. Kukuруза i sorgo, 6, 8–11 (in Russian).
- Mustyatsa, S.I., Mistrets, S.I., Nuzhnayam L.P. (2001). Ispolzovanie zarodyishevoy plazmyi geterozisnoy gruppyi Lankaster v selektsii rannespeloy kukuruzyi. Kukuруза i sorgo, 1, 6–11 (in Russian).
- Satarova, T.M., Borisova, V.V., Abraimova, O.E., Cherchel, V.Yu., Satarova, T.M. (2014). Analiz odonukleotidnogo polimorfizmu DNK u liniy kukurudzi (Metodichni aspekti). Dnipropetrovsk (in Ukrainian).
- Troyer, A.F. (1994). Breeding early corn (pp. 341–396). In Specialty corns. A.R. Hallauer (Ed.). CBS Pres, Boca Raton.
- Yugenheymer, R.U. (1979). Kukuруза: uluchshenie sortov, proizvodstvo semyan, ispolzovanie. Moscow: Kolos (in Russian).

Citation:

Dziubetskiy, B.V., Cherchel, V.Yu., Abelmasov, O.V., Borisova, V.V. Plotka, V.V. (2016). Polymorphism of Iowa corn germplasm lines with short duration and their sister lines. *Ukrainian Journal of Ecology*, 7(1), 46–51.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 3.0. License