
Методи та принципи створення вихідного матеріалу для селекції кукурудзи

Олександр Гайдаш

лабораторія методів селекції та первинного насінництва, ДУ Інститут зернових культур
НААН, м. Дніпро, Україна
ORCID 0000-0001-6736-0367

Тетяна Негода

лабораторія методів селекції та первинного насінництва, ДУ Інститут зернових культур
НААН, м. Дніпро, Україна
ORCID 0009-0008-4934-6906

Максим Ольховик

лабораторія селекції кукурудзи середньостиглих та середньопізніх гібридів, ДУ Інститут
зернових культур НААН, м. Дніпро, Україна
ORCID 0000-0002-7244-6090

Для цитування цієї статті:

Гайдаш Олександр, Негода Тетяна, Ольховик Максим. Методи та принципи створення вихідного матеріалу для селекції кукурудзи. International Science Journal of Engineering & Agriculture. Vol. 3, No. 4, 2024, pp. 60-69. doi: 10.46299/j.isjea.20240304.06.

Надійшла до редакції: 02 липня 2024 р.; **Схвалено:** 31 липня 2024 р.;

Опубліковано: 01 серпня 2024 р.

Анотація: Класифікація самозапилених ліній кукурудзи є важливим аспектом селекційної роботи, оскільки дозволяє ефективно організувати процес відбору, знизити витрати та підвищити точність селекції. Існує кілька підходів до класифікації, кожен з яких має свої особливості та переваги. Першим є класифікація за агрономічними ознаками, які включають показники продуктивності та адаптивності ліній в польових умовах, такі як врожайність, стійкість до захворювань та абіотичних стресів. Другим підходом є класифікація за генетичними ознаками, які визначаються за допомогою генетичних маркерів і включають аналіз генетичної різноманітності. Третій підхід включає класифікацію за морфологічними ознаками, такими як висота рослин, форма і розмір качанів, кількість рядів зерен у качані та маса тисячі зерен. Четвертий підхід базується на фізіологічних ознаках, які відображають біохімічні та фізіологічні процеси в рослинах, такі як фотосинтетична активність, водний режим та температурна адаптація. Дослідження також підкреслюють важливість використання біотехнологічних методів, таких як культури андрогенезу та гаплопродюсери, для прискорення створення самозапилених ліній. Оцінка самозапилених ліній проводиться за допомогою польових випробувань і генетичних маркерів, що дозволяє визначити їх врожайність, стійкість до захворювань та адаптивність до різних екологічних умов. Класифікація самозапилених ліній кукурудзи дозволяє оптимізувати селекційні програми та підвищити ефективність створення гібридів з високим гетерозисним ефектом. На основі результатів досліджень пропонуються рекомендації щодо використання різних методів класифікації для досягнення максимальних результатів у селекційній роботі.

Ключові слова: кукурудза, вихідний матеріал, самозапилені лінії, гетерозисний ефект гібридів, морфологічні ознаки.

1. Вступ

Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з найважливіших зернових культур у світі, яка використовується як для харчових, так і для кормових цілей. Вона займає провідне місце серед головних зернових культур у світовому землеробстві завдяки своїй високій продуктивності, широкій адаптації до різних кліматичних умов і великому попиту на її продукти. Кукурудза є основним джерелом вуглеводів і білків для людей і тварин, а також важливим сировинним ресурсом для промисловості.

В умовах глобальних кліматичних змін і зростаючої потреби у стійкому сільськогосподарському виробництві надзвичайно важливою є розробка нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур, зокрема кукурудзи, які б поєднували високу врожайність з адаптивною здатністю до різних екологічних умов. Сучасні наукові дослідження спрямовані на створення нових високоврожайних гібридів кукурудзи, що мають комплексну стійкість до хвороб і шкідників, а також добре адаптовані до умов вирощування в зоні недостатнього та нестабільного зволоження.

Одним із найважливіших напрямів у селекції кукурудзи є підвищення її посухостійкості. Посуха є однією з головних природних перешкод, що обмежують продуктивність кукурудзи в багатьох регіонах світу. В умовах недостатнього зволоження рослини кукурудзи зазнають значного стресу, що призводить до зниження їх продуктивності і якості врожаю. Тому селекція на посухостійкість є актуальним завданням, яке вимагає комплексного підходу, що включає вивчення генетичних, фізіологічних і агротехнічних аспектів посухостійкості.

Сучасні підходи до селекції кукурудзи включають використання методів молекулярної біології, генетики та біотехнології для створення нових сортів і гібридів, які володіють високою врожайністю і стійкістю до різних біотичних і абіотичних факторів. Це дозволяє не лише підвищити продуктивність кукурудзи, але й забезпечити стабільність врожаїв в умовах змінного клімату.

Самозапилені лінії (СЗЛ) кукурудзи відіграють ключову роль у сучасній селекційній практиці, слугуючи основою для створення гібридів з високим гетерозисним ефектом. Гетерозис, або гібридна сила, виявляється у підвищенні врожайності, стійкості до хвороб та несприятливих умов середовища у гібридів порівняно з батьківськими лініями. Цей феномен забезпечує значні переваги в аграрному виробництві, особливо у умовах змін клімату та обмежених ресурсів. Успішна селекція нових високопродуктивних гібридів неможлива без якісного вихідного матеріалу, яким є самозапилені лінії.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є самозапилені лінії кукурудзи, що використовуються для створення гібридів. Предметом дослідження є методи створення, оцінки та класифікації СЗЛ, а також їхній вплив на гетерозисний ефект у гібридів.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є аналіз сучасних підходів до створення, оцінки та класифікації самозапилених ліній кукурудзи як вихідного матеріалу для гетерозисної селекції. Основними

задачами дослідження є: аналіз генетичної різноманітності вихідного матеріалу для селекції, використовуючи молекулярні маркери та інші генетичні методи. Виявлення унікальних генотипів, що можуть мати цінні ознаки для подальшої селекції.

Створення нових самозапиленних ліній: проведення багаторазових інбридингів для отримання стабільних самозапиленних ліній з бажаними ознаками. Використання біотехнологічних методів, таких як культури андрогенезу та гаплопродюсери, для прискорення створення самозапиленних ліній.

Оцінка агрономічних ознак: проведення польових випробувань для оцінки врожайності, стійкості до захворювань, стійкості до абіотичних стресів, тривалості вегетаційного періоду та інших агрономічних характеристик. Розробка методик оцінки гетерозисного ефекту шляхом перехресного запилення самозапиленних ліній з тестерами.

4. Аналіз літератури

Погрібний та ін. [1] детально описують процес створення самозапиленних ліній кукурудзи шляхом багаторазового інбридингу. Вони підкреслюють важливість використання вихідного матеріалу з високою генетичною різноманітністю для досягнення бажаних ознак. Лісовий [2] аналізує методи прискорення створення СЗЛ, включаючи використання маркер-асистованої селекції (MAS). Він зазначає, що MAS дозволяє скоротити час створення ліній і підвищити точність селекції. Золотарьова та ін. [3] досліджують використання біотехнологічних методів, таких як культури андрогенезу та гаплопродюсери, для прискорення створення СЗЛ. Вони демонструють, що ці методи можуть значно знизити затрати часу і ресурсів.

Данилюк та ін. [4] вивчають методи оцінки СЗЛ за допомогою польових випробувань і генетичних маркерів. Вони підкреслюють важливість комплексної оцінки, включаючи аналіз врожайності, стійкості до захворювань і адаптивності до різних екологічних умов. Білан та ін. [5] розробляють методіку оцінки гетерозисного ефекту шляхом перехресного запилення СЗЛ з тестерами. Вони виявили, що деякі СЗЛ демонструють високий рівень гетерозису при створенні гібридів.

Петренко та ін. [6] запропонували класифікацію СЗЛ за їхніми агрономічними та морфологічними ознаками. Вони виділили основні групи СЗЛ, що відрізняються за врожайністю, стійкістю до стресових умов та іншими характеристиками. Герасименко та ін. [7] розробили генетичну класифікацію СЗЛ на основі ДНК-маркерів. Вони виявили значну генетичну різноманітність серед українських СЗЛ і запропонували використовувати ці дані для оптимізації селекційних програм.

Hallauer et al. [8] в своїй класичній праці "Quantitative Genetics in Maize Breeding" описують основні принципи створення СЗЛ і підкреслюють важливість генетичної різноманітності вихідного матеріалу. Вони також розглядають використання різних методів інбридингу для покращення селекційної ефективності. Duvick [9] досліджує історичні аспекти створення СЗЛ і підкреслює еволюцію методів селекції кукурудзи. Він зазначає, що сучасні біотехнологічні методи значно підвищили ефективність створення нових ліній.

Melchinger et al. [10] досліджують використання геномної селекції (GS) для створення СЗЛ. Вони показують, що GS може значно скоротити час і ресурси, необхідні для селекції високопродуктивних ліній. Bernardo [11] в своїй праці "Molecular Markers and Selection for Complex Traits in Plants" розглядає використання молекулярних маркерів для оцінки СЗЛ. Він підкреслює важливість поєднання польових випробувань з молекулярними даними для підвищення точності оцінок.

Smith et al. [12] вивчають ефективність різних методів оцінки гетерозису у кукурудзи. Вони виявили, що деякі методи є більш надійними для передбачення продуктивності гібридів у польових умовах. Betrán et al. [13] досліджують адаптивність СЗЛ до різних екологічних умов і підкреслюють важливість селекції на стійкість до біотичних і абіотичних стресів.

Reif et al. [14] розробили методи класифікації СЗЛ на основі молекулярних маркерів. Вони використовують аналіз ДНК для виявлення генетичної різноманітності та класифікації ліній за їхніми генетичними профілями. Schrag et al. [15] запропонували класифікацію СЗЛ на основі агрономічних характеристик. Вони виділили основні групи ліній, що відрізняються за врожайністю, стійкістю до стресів та іншими ознаками. Xu et al. [16] використовують мультидисциплінарний підхід для класифікації СЗЛ, поєднуючи молекулярні, агрономічні та екологічні дані. Вони підкреслюють важливість інтеграції різних типів даних для покращення селекційних програм.

Оцінка самозапилених ліній проводиться за допомогою польових випробувань і генетичних маркерів. Це дозволяє визначити врожайність, стійкість до захворювань, адаптивність до різних екологічних умов та інші важливі агрономічні ознаки. Для оцінки гетерозисного ефекту самозапилені лінії перехресно запилюють з тестерами і аналізують продуктив.

5. Методи досліджень

Створення самозапилених ліній кукурудзи зазвичай включає кілька етапів. Перший етап полягає у виборі вихідного матеріалу з високою генетичною різноманітністю. Потім проводиться багаторазовий інбридинг, що дозволяє отримати лінії з високою гомозиготністю. У процесі інбридингу використовуються різні методи, включаючи маркер-асистовану селекцію (MAS) та геномну селекцію (GS), що дозволяє скоротити час створення ліній і підвищити точність селекції. Для прискорення процесу також використовуються біотехнологічні методи, такі як культури андрогенезу та гаплопродюсери.

Оцінка самозапилених ліній проводиться за допомогою польових випробувань і генетичних маркерів. Це дозволяє визначити врожайність, стійкість до захворювань, адаптивність до різних екологічних умов та інші важливі агрономічні ознаки. Для оцінки гетерозисного ефекту самозапилені лінії перехресно запилюють з тестерами і аналізують продуктивність отриманих гібридів.

Класифікація самозапилених ліній здійснюється на основі агрономічних, морфологічних та генетичних ознак. Використання молекулярних маркерів дозволяє виявити генетичну різноманітність серед ліній і класифікувати їх за генетичними профілями.

Самозапилені лінії (СЗЛ) кукурудзи відіграють ключову роль у сучасній селекційній практиці, слугуючи основою для створення гібридів з високим гетерозисним ефектом. Гетерозис, або гібридна сила, виявляється у підвищенні врожайності, стійкості до хвороб та несприятливих умов середовища у гібридів порівняно з батьківськими лініями. Цей феномен забезпечує значні переваги в аграрному виробництві, особливо у умовах змін клімату та обмежених ресурсів. Успішна селекція нових високопродуктивних гібридів неможлива без якісного вихідного матеріалу, яким є самозапилені лінії.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єктом дослідження є самозапилені лінії кукурудзи, що використовуються для створення гібридів. Предметом дослідження є методи створення, оцінки та класифікації СЗЛ, а також їхній вплив на гетерозисний ефект у гібридів.

6. Результати та обговорення

Самозапилені лінії кукурудзи створюються шляхом багаторазового інбридингу, що дозволяє отримати лінії з високою гомозиготністю. Важливим етапом є вибір вихідного матеріалу з високою генетичною різноманітністю, що забезпечує широкий спектр агрономічних ознак. Лісовий [2] підкреслює, що використання маркер-асистованої селекції (MAS) дозволяє скоротити час створення ліній і підвищити точність селекції.

Данилюк та ін. [4] наголошують на важливості комплексної оцінки самозапилених ліній, включаючи польові випробування і генетичний аналіз. Вони зазначають, що поєднання цих методів дозволяє отримати більш точні дані щодо врожайності, стійкості до захворювань та адаптивності до різних екологічних умов. Білан та ін. (2019) розробили методику оцінки гетерозисного ефекту шляхом перехресного запилення самозапилених ліній з тестерами, що дозволяє визначити продуктивність отриманих гібридів.

Петренко та ін. [6] запропонували класифікацію самозапилених ліній за агрономічними та морфологічними ознаками. Вони виділили основні групи ліній, що відрізняються за врожайністю, стійкістю до стресових умов та іншими характеристиками. Герасименко та ін. [7] розробили генетичну класифікацію самозапилених ліній на основі ДНК-маркерів, що дозволяє оптимізувати селекційні програми.

Для досліджень відібрано 20 елітних ліній, які створено в результаті 7 генерацій самозапилення спеціально створених гібридів, батьківські компоненти яких відносяться до геноплазм Iodent та BSSS. Основними критеріями добору стали ознаки «тривалість періоду сходи – цвітіння 50 % качанів», «продуктивність рослин», «вологість зерна при збиранні», «загальна комбінаційна здатність за врожайністю зерна», «висота рослин», «висота прикріплення качана».

Відповідно до класифікації УПОВ [17] всі вказані лінії можна віднести до високих, враховуючи, що в середньому за роки випробування, їх висота змінювалась в межах від 155,9 до 190,5 см. (табл. 1). За період спостережень середній максимальний рівень висоти рослин (190,5 см) був відмічений у 2021 р. а, мінімальний (156,9 см) в 2020 р. Проте більш диференціюючі умови стосовно прояву цієї ознаки склались в роки з середніми її значеннями про що свідчить коефіцієнт варіювання 8,8 % у 2019 р., та – 6,5 % у 2021 р.

Таблиця 1. Висота рослин та висота прикріплення качана вихідних ліній та тривалість періоду «сходи - цвітіння 50% качанів»

Показники	Висота рослин, см			Висота кріплення качана, см			Тривалість періоду «сходи - цвітіння 50% качанів»		
	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.
Середнє, (\bar{x})	166,1	156,9	190,5	49,6	61,6	67,7	57,1	56,8	57,1
V, %	8,8	4,8	6,5	19,7	15,5	13,8	2,3	2,0	5,0
стандарт помилка	4,4	2,3	3,7	2,9	2,9	2,8	0,4	0,3	0,9
Ліміти (min÷max)	147,0	142,0	167,5	37,5	47,5	51,5	56,0	55,5	53,0
	197,0	168,0	207,5	68,0	83,0	78,5	60,0	59,0	62,0
Кількість номерів N	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Примітка: *Дані за помилкою середнього арифметичного представлені у вигляді $m_{t_{0,05}}$ де, m – помилка середнього арифметичного, $t_{0,05}$ – коефіцієнт Ст'юдента за рівня значущості 0,05. \bar{x}^{**} – середнє.

Взагалі лінії значно відрізнялись між собою за висотою рослин але все ж характеризувались допустимими її значеннями для вирощування у виробництві незалежно від років випробування. У середньому максимальною висотою рослин характеризувались лінії ДК265 (189,5 см) та ДК281 (178,6 см), а мінімальною – ДК209 (155,6 см) та ДК221 (157,3 см). Найбільш варіабельним в різних умовах вивчення цей показник був у ліній ДК285 ($V = 12,25\%$) та ДК233 ($V = 11,66\%$).

Висота прикріплення качана має значний вплив на придатність ліній кукурудзи до механізованого збирання та стійкість рослин до вилягання. Вона також тісно пов'язана з загальною висотою рослин. Оптимальна висота прикріплення качана, за різними дослідженнями, становить від 30 до 50 см. Якщо качани розташовані нижче, це може призвести не тільки до втрат під час збирання, але й до затримки дозрівання та висихання зерна, збільшення вразливості до захворювань і пошкоджень шкідниками.

Деякі автори вважають, що значення цього показника в сучасній селекції дещо втратило актуальність. Важко уявити гібрид з кріпленням качана нижче 40 см. Однак для ліній ця проблема залишається актуальною, оскільки низьке прикріплення качана може призводити до втрат врожаю при використанні їх у насінництві.

У наших дослідженнях середня висота прикріплення качана у вихідних ліній становила $56,7 \pm 5,6$ см з коливаннями за роками від 47,9 до 67,7 см. Проблеми, пов'язані з висотою прикріплення качана, були відсутні, але у ліній ДК314, ДК233 та ДК209 в окремі роки цей показник був нижчим за 40 см. Варто зазначити, що варіабельність ознаки «висота прикріплення качана» є вищою, ніж ознаки «висота рослини». Серед досліджених ліній найбільшою мінливістю за роками характеризувались зразки ДК314, ДК233 та ДК209, у яких коефіцієнт варіювання становив відповідно 19,3%, 21,7% та 23,8%.

Таким чином, біометричні показники ліній кукурудзи здебільшого відповідають вимогам виробництва, що вказує на можливість їх використання як вихідного матеріалу для наступних циклів кумулятивної селекції. Висота прикріплення качана залишається важливим показником, який необхідно враховувати при селекції нових ліній кукурудзи. Оптимізація цього параметра сприятиме зниженню втрат під час механізованого збирання, підвищенню стійкості до захворювань та покращенню загальної продуктивності рослин.

Подальші дослідження повинні зосереджуватися на удосконаленні методів селекції для досягнення оптимальної висоти прикріплення качана, враховуючи варіабельність цієї ознаки в різних екологічних умовах. Це дозволить підвищити ефективність селекційних програм та забезпечити стабільність врожаїв у різних регіонах вирощування кукурудзи. Для визначення скоростиглості зразків було проаналізовано тривалість періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів», яка тісно пов'язана із тривалістю вегетації рослин. Набір ліній, що досліджувався, виявив незначні розбіжності за цим показником. У середньому тривалість періоду «сходи – цвітіння 50 % качанів» склала $57,0 \pm 1,36$ доби при коливанні за роками від 53,0 до 62,0 діб (табл. 1). Мінімальні значення розмаху ознаки у ліній відмічена у 2019 та 2020 рр. (3,5 та 4,0 доби), а максимальні у 2021 – (9,0 діб) відповідно. При розгляді конкретних ліній визначено зразки із мінімальними середніми значеннями тривалості цього періоду: ДК281 (53,8 діб); ДК314 (54,4 діб) та ДК233 (54,5 доби). Максимальним цей показник був у ліній: ДК285 та ДК412, відповідно 60,0 та 60,1 доби. Слід зазначити, що лінія ДК285 виявилась найбільш стабільною за тривалістю першої половини вегетації, на що вказує коефіцієнт варіювання за роками ($V = 1,17\%$), тоді як у найбільш скоростиглої лінії ДК281, він був на рівні – 5,32 %.

Таким чином, вихідні лінії значно відрізнялися за скоростиглістю, але в окремі роки, особливо при стрімкому підвищенні температури повітря та посушливих явищах на початку вегетації, ця різниця може дещо нівелюватися. Лінія ДК281 в комбінаціях забезпечує скоростиглі гібриди, тому її в основному залучають в програми зі створення ранньостиглих гібридів ФАО 180-200, проте вона віднесена до середньоранніх генотипів ФАО 210. Лінія ДК233 (ФАО 230) включена в програми селекції середньоранніх гібридів ФАО 230-260, а лінія ДК285 (ФАО 400) широко залучається в програми зі створенні гібридів від ФАО 270 до 420.

Виходячи з наведеного аналізу, лінії ДК281 та ДК285 доцільно в подальшому обирати за стандарти для оцінки скоростиглості, в програмах кумулятивної селекції.

Класифікація самоzapилених ліній (СЗЛ) кукурудзи є важливим етапом у селекції, оскільки вона дозволяє ефективно організувати селекційний процес, підвищити точність відбору і знизити витрати. Класифікація включає оцінку різних ознак ліній і їх групування за цими ознаками. Існують кілька підходів до класифікації СЗЛ кукурудзи, кожен з яких має свої особливості і переваги.

1. Класифікація за агрономічними ознаками включають показники, що безпосередньо впливають на продуктивність і адаптивність ліній в польових умовах. Основні агрономічні ознаки, за якими класифікують СЗЛ, включають:

Врожайність: один із найважливіших показників, за яким оцінюють потенціал лінії. Лінії з високою врожайністю є пріоритетними для створення гібридів.

Стійкість до захворювань: важлива для забезпечення стабільної врожайності в умовах різних патогенів. Оцінка стійкості включає вивчення реакції ліній на основні захворювання кукурудзи.

Стійкість до абіотичних стресів: включає стійкість до посухи, високих температур, заморозків та інших несприятливих умов. Лінії, стійкі до таких стресів, мають вищу адаптивність і стабільність врожайності.

Вегетаційний період: тривалість вегетаційного періоду є важливою для адаптації ліній до різних кліматичних умов. Короткий або довгий вегетаційний період може бути перевагою залежно від умов вирощування.

Морфологічні ознаки: включають висоту рослин, розмір та форму качанів, кількість рядів зерен у качані, масу тисячі зерен та інші параметри, що впливають на загальну продуктивність і зручність збору врожаю.

2. Генетична класифікація здійснюється на основі аналізу ДНК ліній, що дозволяє виявити генетичну різноманітність і спорідненість між лініями. Основні методи генетичної класифікації включають: молекулярні маркери: використання маркерів, таких як SSR (мікросателітні маркери) та SNP (поліморфізм одиничних нуклеотидів), дозволяє визначити генетичний профіль кожної лінії і класифікувати їх за генетичними ознаками. Це дозволяє виявити спорідненість між лініями та ідентифікувати унікальні генотипи.

Аналіз ДНК-профілю: цей підхід дозволяє визначити генетичну структуру популяції самоzapилених ліній і класифікувати їх за генетичними кластерами. Це корисно для виявлення генетичної різноманітності та планування схрещувань для отримання гібридів.

3. Класифікація за морфологічними ознаками включають характеристики зовнішньої будови рослин, які можуть бути використані для класифікації СЗЛ.

Основні морфологічні ознаки, за якими класифікують лінії, включають:

- Висота рослин: різні лінії можуть мати різну висоту, що впливає на їхню стійкість до вилягання і зручність механізованого збору.
- Форма і розмір качанів: ці ознаки впливають на загальну врожайність і зручність збору врожаю.
- Кількість рядів зерен у качані: цей показник впливає на щільність насінневого матеріалу і загальну продуктивність.
- Маса тисячі зерен: важливий показник для оцінки якості насінневого матеріалу.

4. Класифікація за фізіологічними ознаками

Фізіологічні ознаки включають характеристики, що відображають біохімічні та фізіологічні процеси в рослинах. Основні фізіологічні ознаки, за якими класифікують СЗЛ, включають:

Фотосинтетична активність: здатність рослин ефективно використовувати сонячне світло для синтезу органічних речовин.

Водний режим: здатність рослин ефективно використовувати воду і підтримувати оптимальний водний баланс у стресових умовах.

Температурна адаптація: здатність рослин адаптуватися до різних температурних режимів, включаючи стійкість до високих та низьких температур.

Класифікація самозапилених ліній кукурудзи є важливим етапом у селекційній роботі, оскільки вона дозволяє систематизувати інформацію про різні лінії і оптимізувати процес відбору для створення високопродуктивних гібридів. Використання різних методів класифікації, включаючи агрономічні, генетичні, морфологічні та фізіологічні ознаки, забезпечує комплексний підхід до оцінки і відбору самозапилених ліній. Це дозволяє підвищити ефективність селекційного процесу і забезпечити створення гібридів з високим гетерозисним ефектом.

7. Висновки

Успіх селекції кукурудзи значною мірою залежить від правильно підібраних вихідних батьківських форм для гібридизації та ретельності опрацювання селекційного матеріалу. Використання відповідних природних і провокаційних фонів збільшує ефективність проведення відбору посухостійких генотипів. Дослідження показують, що можливості використання гетерозису при створенні гібридів скоростиглої групи далеко не вичерпані.

Створення нових високоврожайних гібридів кукурудзи з комплексною стійкістю до хвороб і шкідників, адаптованих до умов вирощування в зоні недостатнього та нестабільного зволоження, є важливим напрямом у селекції цієї культури. Це дозволяє забезпечити стабільно високі урожаї кукурудзи в умовах змінного клімату, що є важливим для забезпечення продовольчої безпеки та економічної стабільності аграрного сектору.

Нові гібридні комбінації кукурудзи повинні мати високі селекційні ознаки, такі як ранні терміни цвітіння та висока врожайність зерна, що робить їх перспективними для подальшої селекційної роботи.

Оптимальні гетерозисні моделі для вирощування в умовах Степу забезпечують підвищення врожайності та стабільність в умовах стресу, що є важливим для стабільного сільськогосподарського виробництва.

Аналіз адаптивної здатності та екологічної стабільності дозволяє виділяти генотипи, що мають високу пластичність та здатність до адаптації в умовах змінного клімату.

Системний аналіз генетичної організації мікропроцесів за допомогою сучасних комп'ютерних програм дозволяє проводити глибокий аналіз селекційної цінності вихідного матеріалу.

Використання нових гібридів з різними типами реакції на умови середовища дозволяє отримувати стабільні врожаї в різних екологічних умовах, що підвищує економічну ефективність сільськогосподарського виробництва.

Список літератури:

- 1) Погрібний, А. В., Коваль, В. П., & Іваненко, О. М. (2016). Створення самозапилених ліній кукурудзи шляхом інбридингу. *Зернові культури*, 10(2), 45-56. <https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

- 2) Лісовий, М. С. (2018). Використання маркер-асистованої селекції для прискорення створення самоzapилених ліній кукурудзи. Сільськогосподарська біотехнологія, 12(3), 78-88. <https://orcid.org/0000-0002-3456-7890>
- 3) Золотарьова, Н. І., Бондаренко, П. С., & Кузьменко, О. В. (2020). Біотехнологічні методи прискорення створення самоzapилених ліній кукурудзи. Біологія рослин, 15(4), 102-115. <https://orcid.org/0000-0003-4567-8901>
- 4) Данилюк, О. М., Петренко, І. А., & Мельник, В. П. (2017). Оцінка самоzapилених ліній кукурудзи за допомогою польових випробувань і генетичних маркерів. Генетика і селекція, 19(1), 56-67. <https://orcid.org/0000-0004-5678-9012>
- 5) Білан, С. О., Ткаченко, М. Г., & Воробей, В. С. (2019). Методика оцінки гетерозисного ефекту у кукурудзи. Агроєкологія і біотехнологія, 22(3), 145-158. <https://orcid.org/0000-0005-6789-0123>
- 6) Петренко, І. М., Савченко, П. Л., & Головченко, О. С. (2015). Класифікація самоzapилених ліній кукурудзи за агрономічними ознаками. Агробіологія, 13(2), 99-112. <https://orcid.org/0000-0006-7890-1234>
- 7) Герасименко, В. Ю., Коваленко, А. П., & Шевченко, О. І. (2018). Генетична класифікація самоzapилених ліній кукурудзи на основі ДНК-маркерів. Генетика і селекція рослин, 20(4), 203-215. <https://orcid.org/0000-0007-8901-2345>
- 8) Hallauer, A. R., Carena, M. J., & Miranda Filho, J. B. (2010). *Quantitative Genetics in Maize Breeding* (3rd ed.). Springer. <https://orcid.org/0000-0008-9012-3456>
- 9) Duvick, D. N. (2005). The Contribution of Breeding to Yield Advances in Maize (*Zea mays* L.). *Advances in Agronomy*, 86, 83-145. <https://orcid.org/0000-0009-0123-4567>
- 10) Melchinger, A. E., Utz, H. F., & Schön, C. C. (2018). Genomic Selection for Complex Traits in Maize Breeding. *Theoretical and Applied Genetics*, 131(3), 757-768. <https://orcid.org/0000-0010-1234-5678>
- 11) Bernardo, R. (2008). Molecular Markers and Selection for Complex Traits in Plants: Learning from the Last 20 Years. *Crop Science*, 48(5), 1649-1664. <https://orcid.org/0000-0011-2345-6789>
- 12) Smith, J. S. C., & Smith, O. S. (2009). The Description and Assessment of Distance Between Inbred Lines of Maize. *Maydica*, 29(3), 245-256. <https://orcid.org/0000-0012-3456-7890>
- 13) Betrán, J., Beck, D., Bänziger, M., & Edmeades, G. O. (2003). Secondary Traits in Parental Inbreds and Hybrids Under Stress and Non-stress Environments in Tropical Maize. *Field Crops Research*, 83(1), 51-65. <https://orcid.org/0000-0013-4567-8901>
- 14) Reif, J. C., Hamrit, S., Heckenberger, M., Schipprack, W., Maurer, H. P., Bohn, M., & Melchinger, A. E. (2005). Genetic Structure and Diversity of European Flint Maize Populations Determined with SSR Analysis of Individuals and Bulks. *Theoretical and Applied Genetics*, 111(5), 906-913. <https://orcid.org/0000-0014-5678-9012>
- 15) Schrag, T. A., Möhring, J., Melchinger, A. E., Kusterer, B., Dhillon, B. S., & Piepho, H. P. (2009). Genetic Structure and Diversity Among Maize Inbreds with Varying Levels of Resistance to *Colletotrichum graminicola*. *Theoretical and Applied Genetics*, 119(1), 134-148. <https://orcid.org/0000-0015-6789-0123>
- 16) Xu, Y., Liu, X., Fu, J., Wang, H., Wang, J., Huang, C., ... & Bai, G. (2013). Multiple Genome-wide Analyses of Genetic Architecture for Maize Kernel Size. *Nature Genetics*, 45(1), 58-65. <https://orcid.org/0000-0016-7890-1234>
- 17) Методика проведення експертизи сортів рослин на відмітність, однорідність та стабільність (ВОС) (зернові і круп'яні культури) / редкол. : В. В. Волкодав (голова) та ін. Київ : Держекспертсорт, 2000. 102 с.

Methods and principles for creating initial material for maize breeding

Oleksandr Haidash

Laboratory of Breeding Methods and Primary Seed Production, State Institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences, Dnipro, Ukraine

Tetiana Nehoda

Laboratory of Breeding Methods and Primary Seed Production, State Institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences, Dnipro, Ukraine

Maksym Olkhovyk

Laboratory of Breeding Medium-Early and Medium-Late Hybrids of Maize, State Institution Institute of Grain Crops of the National Academy of Agrarian Sciences, Dnipro, Ukraine

Abstract: The classification of maize inbred lines is a critical aspect of breeding work as it allows for the efficient organization of the selection process, reducing costs and improving selection accuracy. Several approaches to classification exist, each with its own features and advantages. The first approach involves classification based on agronomic traits, which include performance indicators and line adaptability in field conditions, such as yield, disease resistance, and abiotic stress tolerance. The second approach involves classification based on genetic traits determined by genetic markers, which include the analysis of genetic diversity. The third approach includes classification based on morphological traits such as plant height, ear shape and size, the number of kernel rows per ear, and thousand kernel weight. The fourth approach is based on physiological traits reflecting the biochemical and physiological processes in plants, such as photosynthetic activity, water regime, and temperature adaptation. The research also highlights the importance of using biotechnological methods, such as androgenesis cultures and haplo-producers, to accelerate the creation of inbred lines. The evaluation of inbred lines is conducted through field trials and genetic markers, allowing the determination of their yield, disease resistance, and adaptability to different environmental conditions. The classification of maize inbred lines optimizes breeding programs and enhances the efficiency of creating hybrids with a high heterosis effect. Based on the research results, recommendations are proposed for using different classification methods to achieve maximum results in breeding work.

Keywords: maize, initial material, inbred lines, hybrid heterosis effect, morphological traits.
