

Лекція № 1

Селекція пшениці. Задачі та напрями селекції.

Задачі і напрями селекції. Основні завдання селекції щодо м'якої озимої пшениці – виведення сортів інтенсивного типу з потенційною продуктивністю 70-100ц/га, морозостійкість в зоні вузла кушення -18 -19°C, стійкість до посухи, до основних хвороб і шкідників, з високоякісним зерном. Щодо озимої твердої пшениці – виведення сортів з урожайністю 65-70ц/га, морозостійкість в зоні вузла кушення -16 -17°C, стійкість до посухи, вилягання та хвороб, з високими макаронними якостями, щодо ярої пшениці – створення ранньостиглих, посухостійких сортів з вегетаційним періодом 80-85 днів і потенційної урожайністю 50-60ц/га

1. Вихідний матеріал для селекції пшениці

Світова колекція ВІР нараховує близько 40 тис. зразків пшениці. В нас і за кордоном створені сорти з високим потенціалом урожайності, які можуть бути використані в селекції пшениці.

Широко використовують в селекції на продуктивність іноземні сорти з Німеччини, Швеції, Югославії, країн СНД, сорти Міжнародного центру по покращенню пшениці та кукурудзи в Мексиці.

Вихідний матеріал для селекції на посухостійкість також представлений вітчизняними сортами країн СНД, Мексики, Канади, Австралії, США та ін.

Стійкі сорти до полягання, осипання хвороб створені в багатьох країнах світу в т.ч. і в Україні. Для селекції на стійкість до іржі можуть бути використані сорти Безоста1, Одеська51. Багатий генофонд сильної пшениці успішно забезпечує вдалу селекцію на високі хлібопекарські якості. В колекції ВІР нараховується більше 500 зразків з високими борошномельно-хлібопекарськими якостями. Багато вітчизняних сортів пшениці з високими якостями зерна, а також сорти з США, Мексики можуть слугувати джерелами для створення нових сортів. Визнаним донором високого вмісту білку є озима пшениця Атлас 66.

Генофонд пшениці твердої бідніший в порівнянні з м'якою. В цілому тверда пшениця поступається по засухоустійкості м'якій. Добрі о зимостійкості сорти виведені в селекційно-генетичному інституті в Одесі. Є також стійкі до полягання і осипання зразки. Тверда пшениця менш уражується хворобами.

Іноді використовуються в селекції м'якої і твердої пшениці, інші види, які мають особливе значення при селекції на стійкість.

Використовують також близькі та види з інших родів. Головним чином пирій, егілопс з метою надати пшениці стійкість до хвороб, засухи.

Селекція на короткостебельність.

Широке використання озимої пшениці безоста1 в якості вихідної форми для гібридизації вплинуло на формування такого сортотипу в багатьох країнах Європи.

Але папіварликові сорти іноземної селекції не можна вирощувати в районі розповсюдження озимої і ярої пшениці із-за слабкої зимостійкості і недостатньо стійкості проти ґрунтової посухи, особливо в початкові періоди онтогенезу.

Генетичний контроль ознаки висоти рослини в пшениці твердої і м'якої має складну природу. Він недостатньо вивчений. Ряд генів карликовості, носіями яких є види пшениці *Tr.sphaerococcum* і *Tr.compactum*, майже не використовуються в селекції, так як з їх функцією пов'язане погіршення господарських ознак.

Американський генетик встановив, що ознаки карликовості в сорті Норін10 контролюється трьома головними генами. На основі використання генів карликовості цього сорту створена найбільша кількість короткостебельних сортів в багатьох країнах світу.

Вивчення генетичної і фізіологічно-біохімічної природи генів карликовості показало, що реакція всіх генотипів на ростові речовини зводиться в основному до двох типів – синтез або утилізація рострегулюючих речовин.

Більшість генів карликовості мають кумулятивний ефект, що дозволяє в залежності від задач селекції дозувати ознаку. В наш час селекціонер по ознаці висоти рослини може

створювати любі сорти: карлики – 30-50см, напівкарликові – 55-80см, низькорослі – 85-100см, середньо рослі – 105-140см, високорослі - >140см.

В процесі селекції короткостебельних сортів пшениці необхідно звертати увагу на створення і відбір таких генотипів, які здатні більш довгий період зберігати листя в активному стані. В зв'язку з тим, що сорти короткостебельного типу використовуються при інтенсивній технології, при якій густий стеблестій, бажано, щоб вони мали прямостоячий тип листка.

Ознака короткостебельності пов'язана з багатьма важливими біологічними і господарськими якостями рослин. Більшість вивчених таких генів послабляють морозостійкість. В результаті генетичного аналізу виконаного за допомогою моносомного методу, встановлену, що гени, які обумовлюють озимість локалізовані в хромосомах 2A, 2D, 5A, 5B, 5D і 7D, а гени карликовості в хромосомах 1B, 7B, і 5D. Але у зв'язку з поліморфізмом генів карликовості в процесі еволюції є можливість створювати і відбирати з популяції такі короткостебельні генотипи, у яких ця ознака має найменшу відємну кореляцію з морозостійкістю. Гени карликовості мають суттєвий вплив на кількість клейковини в зерні, але не змінюють її фізичних якостей.

В зв'язку з тим, що генетичні якості, які визначають морозостійкість і якість зерна знаходяться в прямій залежності від ознаки висоти рослини, серед короткостебельних форм дуже рідко зустрічаються зимостійкі генотипи з технологічною якістю зерна. Тому приходить збільшувати вірогідність їх виділення, розширити масштаби селекційних посівів **Селекція на морозостійкість, посухостійкість, жаростійкість.** Результати досліджень підтвердили природу морозостійкості. Було відмічено спочатку 8 хромосом, що детермінують прояв морозостійкості: 5A, 7A, 1B, 2B, 1D, 2D, 4D, 5D, а пізніше ще 5 хромосом 1A, 3B, 4B, 5B, 6B/

Однією з найбільш складних властивостей є засухостійкість. Відомо, що недостатня кількість води може діяти як в окремі періоди, так і на протязі всієї вегетації. В зв'язку з цим в рослин виробилася ціла система захисних властивостей і ознак, які визначаються багатьма генами. Тому враховуючи полігамну природу посухостійкості при селекції методом гібридизації, потрібно використовувати як місцеві, так і географічні віддалені порівняно посухостійкі форми.

Селекція на стійкість до хвороб і шкідників. Успадкування хворобостійкості незалежно від інших факторів, що дозволяє в одному генотипі поєднувати стійкість проти однієї або декількох хвороб з продуктивністю, якістю, зимостійкістю і т.д., використовуючи для цього весь арсенал методів селекції. Відомо 2 типи стійкості – вертикальна і горизонтальна. В селекційній практиці дуже важливо знати з яким типом стійкості маєш справу. Це можна встановити по фенотипу потомства, що розщеплюється. Якщо в потомстві контрастних по стійкості батьків F1 проявляється домінування ознаки, а в F2 відбувається розщеплення на 2-3 відмінні по стійкості класи (вертикальна стійкість). Якщо ж в F1 і особливо в F2 утворюється безперервний ряд рослин, що відрізняється по сприйнятливості з максимальною кількістю середньо сприйнятливих (горизонтальна стійкість).

Успіх роботи на імунітет суттєво залежить від ефективності донорів і штучних інфекційних фондів.

Селекція на імунітет проти іржі. Відомо 37 генів, що контролюють стійкість пшениці проти стеблової іржі. Їх дія проявляється домінантно або рецесивно, є гени адитивної дії, в результаті чого можуть зустрічатися трансгресії. Селекція пшениці на стійкість проти стеблової іржі має найбільш давню історію. Створені іноземні сорти – Маніту, селкирк ін. Наші сорти – Миронівська 808, Безоста1, Аврора.

На даний час поки що не виявлено жодного гена, ефективного проти всіх рас.

На сьогодні відомо 31 ген, що контролює вертикальну стійкість пшениці проти бурої іржі. В якості донорів стійкості рекомендуються такі сорти Артур71, Абе.

В якості донорів неспецифічної стійкості використовуються сорти Фонтана, Атлас66, Русалка, Рання12. Так як збудник бурої іржі відрізняється високою здатністю до формоутворення, то до селекції висовуються наступні вимоги – створення багатолінійних сортів, розміщення сортів з різною генетичною основою цієї ознаки на шляху занесення спор. Великі надії покладаються на інтрогресію нових генів стійкості в геном м'якої пшениці від

диких видів, на нові методи селекції пов'язані з біотехнологією, генною інженерією.

В даний час створений перспективний вихідний матеріал із сильною стійкістю проти твердої сажки.

Селекція озимої пшениці на стійкість проти борошнистої роси ускладнена в зв'язку з незвичайно великою здатністю збудника утворювати нові патотипи як вегетативним так і статевим шляхом.

В каталозі генів пшениці приводиться 9 генів стійкості проти борошнистої роси під символами Pm1- Pm9 і 2 під – Mld і Mli.

Використання адитивного ефекту генів дозволяє створювати нові перспективні лінії озимої пшениці з достатньою стійкістю проти борошнистої роси, в яких поєднується вертикальна стійкість проти частини рас із загальною стійкістю.

Селекція на якість зерна пшениці. Покращення якості зерна пшениці – це один з основних шляхів підвищення ефективності с/г виробництва. В середньому в зерні пшениці міститься 13,3% білка, 68,7% вуглеводів, 2% жиру, 2,3% клітковини, 1,7 мін. Речовин, 12% води.

На жаль сорти, які в наш час районуються в Україні в своїй більшості не відповідають вимогам до сильних пшениць. В кращому випадку це цінні, а то й рядові пшениці. Сучасні сорти поступаються по вмісту білку і клейковини старим сортам України, Кооператорці.

В наш час використовують донори підвищеної білковості зерна пшениці, які мають цілий ряд негативних ознак (невелика продуктивність, погана якість клейковини, схильність до полягання, ураженість хворобами). Тому зусилля селекціонерів і технологів повинні бути направлені на вияв, створення і використання генетичних джерел підвищеної білковості зерна, які б поєднували цю цінну властивість з комплексом інших господарсько цінних ознак.

Поняття якості зерна складається з багатьох ознак, які визначаються сортовими особливостями, умовами вирощування, збирання, зберігання і переробки зерна пшениці. Якісні відмінності сортів пшениці обумовлені генотипом сорту і ґрунтово-кліматичними умовами вирощування.

Найбільше значення у формуванні якості зерна має температура і вологість в період росту рослин, особливо в період наливу зерна. Висока температура і недостатність вологи в цей час сприяють утворенню в зерні великої кількості білка високої якості.

Поняття якості зерна необхідно розглядати в двох аспектах. По-перше з точки зору харчової повноцінності, яка залежить від вмісту і якості білка та ін. складових частин зернівок. По-друге – як прояв його технологічних переваг – природності зерна для виробництва муки і хліба. Тут на перший план висовуються структурні особливості білкової функції.

В селекції м'якої пшениці виділяють 2 напрями.

1 – подальше підвищення показників біологічних властивостей зерна.

2 – збереження високої якості в різних кліматичних умовах.

Поєднання цих напрямів повинно допомагати створити найбільш повноцінні сорти.

Друга велика проблема в селекції на високоякісне зерно – це створення сорту з високою урожайністю, добрими технологічними властивостями, високим вмістом білку і незамінних амінокислот (так як існує зворотній зв'язок і урожайності з вмістом білку і білку з вмістом лізину). Велика робота проведена селекціонерами дозволяє в наш час сформулювати поняття сили і технологічних властивостей пшениці. Силу пшениці визначають її білково-протеїнозний і вуглеводно-амілозний комплекси.

Схеми прискорення селекції озимої пшениці. Результати досліджень проведених в спорудах штучного клімату по оптимізації вирощування рослин, а також методів відбору і оцінки генотипів по різним адаптивним ознакам на ранніх етапах селекційного процесу, дозволило перейти безпосередньо до розробки прискореного створення сортів пшениці, які відповідають сучасним вимогам с/г виробника.

Наявність регулюючих умов середовища дозволило розробити технологію селекційного процесу, що забезпечує реалізацію оптимальних режимів вирощування гібридного матеріалу в умовах штучного клімату.

Розробка експресного методу відбору морозостійких рослин з гібридних популяцій дала можливість запропонувати технології селекційного процесу, що забезпечила ефективну

реалізацію програм по створення морозостійких сортів озимої пшениці.

Після повторного відбору в F3 морозостійкі рослини висаджують в плівкову теплицю, де вони проходять яровізацію при природній пониженій температурі. Добрий позиток рослин під плівкою дозволяє провести індивідуальні або сімейні відбори по продуктивності, а також по іншим ознакам і восени закласти селекційний або контрольний розсадник. Таким чином, використання розробленої технології селекції забезпечує можливість скорочення строків створення нових сортів озимої пшениці до 5 років.

Звичайно, що прискорені схеми з приміненням споруд штучного клімату повністю не замінюють польові методи селекції. Вони повинні складати постійні системи, органічно пов'язано з польовою роботою і паралельно з нею використовуватись.

Методи створення вихідного матеріалу пшениці, їх примінення в селекційному процесі.

Гібридизація – метод гібридизації – основний в створенні популяції для відбору. В основному це внутрішньо видова гібридизація. Переважають прості парні схрещування, але досить часто використовують ступінчасті і між гібридні схрещування, насичуючі схрещування, які приміняються в основному при створенні багаторічних сортів стійких до хвороб.

Віддалена гібридизація(міжродові схрещування) – під керівництвом Циціна створено ряд пшенично-пирійних гібридів (ППГ599, Восток).

Пшеницю схрещують також з різними видами егілопса, елі мусом.

Гібридизація з видами, що відрізняється по кількості хромосом від пшениці, які до того ж не гомологічні її хромосомам, в кінцевому рахунку приводить в результаті розщеплення до вихідних батьківських форм. Схрещування ведуть з розрахунку на інтрогресію окремих генів або ділянок хромосоми спорідненого виду в геном пшениці. При гібридизації пшениці м'якої з пирієм виникають константні 56-хромосомні форми (42 хромосоми пшениці і + 14 хромосом пирію, або 28 того і іншого). Серед таких форм відібрана багаторічна пшениця.

Використання анеуплоїдії. Використання в пшениці м'якої (гексаплоїдної) моносомних та нулісомних ліній відкрило широкі перспективи для використання хромосомної інженерії в селекційних цілях. Виявилось можливим заміщувати в якого-небудь сорту пару хромосом гомологічними хромосомами іншого сорту і навіть хромосомами інших видів(жито, егілопс), добавляти хромосому цих видів до геному пшениці, а також добиватися шляхом транс локації включення сегментів хромосом інших видів в хромосоми пшениці.

Найбільш проста схема внутрішньовидового заміщення хромосом з використанням нулісомиків. Процедура зводиться до схрещування нулісоміка сорта-реципієнта з донором і серії бекросів з ціллю витіснити ядерний матеріал донора зберігши заміщаючу хромосому. Потомство кожного бекросу піддають цитологічному аналізу, щоб виділити для подальшої роботи моносомік, що несе заміщуючи хромосому.

Мутагенез. В селекції пшениці мутагенез грає меншу роль ніж гібридизація, але були отримані мутаційні сорти, які використовуються в виробництві – Новосибірська 7, що відрізняється більш високою продуктивністю, ніж вихідний сорт. Сорт озимої пшениці Киянка створений за допомогою хімічного мутагенезу з сорту Миронівська Ювілейна. Мутантні сорти отримані також в Аргентині та Індії.

Мутанти часто мають більш високу якість зерна, ніж вихідні форми, і більш продуктивні.

Гетерозисна селекція пшениці. Можливість використання у виробництві ефекту гетерозису в пшениці пов'язують ЦЧС. ЦМС в пшениці м'якої була отримана японським генетиком Х. Кихарою шляхом схрещування з егілопсом, а пізніше іншим дослідником при схрещуванні Т.Тімофєєві (ядро пшениці м'якої – цитоплазма егілопса або тимофєєва) були знайдені і відновлені фертильності. Ця проблема до цього часу не вирішена із-за недостатньо стабільного відновлення, малої продуктивності пилку і невисокого рівня гетерозису у виробничих посівах.

Біотехнологічні методи. Успіхи біотехнології можуть успішно використовуватись не тільки в генетичних і біологічних дослідженнях, але являють велику цінність в селекції рослин при створенні сортів і навіть видів .

Відкриваються можливості об'єднати в одному генотипі ті ознаки, які важко піддаються комбінуванню, а також добиватися якісних змін. На пшениці з різким успіхом були використані такі прийоми і методи біотехнології: Культура зародка, як прийом спасіння

абортивних зародків, отриманих в процесі віддаленої гібридизації. Культура пиляка, як засіб отримання гаплоїдів і гомозиготних диплоїдизованих рослин.

Суспензійна культура і культура протопласта для генетичного маніпулювання і дослідження рекомбінатів ДНК, злиття протопластів для виробництва соматичних гібридів і наступного вивчення нових типів рослин, цитоплазматичних гібридів, ліній з чоловічою стерильністю. Культура калюсу і протопластів для виділення мутантів (самоклональних і гаметоклональних варіантів), які характеризуються стійкістю проти хвороб, солестійких, холодо- і посухостійких, кріозбереження і кріоконсервація клітин і зародкової плазми рослинного походження

Лекція № 2 - 3

Селекція жита та тритикале. Задачі і основні напрямки селекції озимого жита та тритикале.

Задачі і напрямки селекції жита. Більшість вирощуваних сортів жита не досягли максимального для цієї культури рівня врожайності. Більшість з них довго-склеювані (150-180см) і при врожайності 25-30ц/га схильні до полягання і проростання зерна в колосі. Багато з них не зимостійкі. Всі сорти жита схильні до ураження хворобами і шкідниками.

Дослідження показали можливість зменшення висоти стебла у сортів озимого жита до 90-120см і збільшення врожайності до 60-80ц/га, вирішується задача створення сортів стійких до хвороб з високою якістю зерна, зимостійких, стійких до полягання.

Головна задача селекції жита – виведення сортів, які характеризуються високим стійким врожаєм зерна з максимальним вмістом білку та лізину і добрими технологічними якостями.

В задачу селекції кормового жита входить створення сортів, що дають високий врожай зеленої маси. Для отримання зеленого корму і сіна потрібні сорти з високою кущистістю, доброю облиствяністю, тонкою і ніжною соломою і здатних швидко відростати після скошування. Сорти одноразового використання для отримання зеленої маси в ранньовесняний період повинні мати здатність до відростання і швидкого росту. Кормові сорти повинні мати врожай зеленої маси не менше 30-35ц/га.

Селекція на врожайність. Вирішальним фактором високої врожайності жита є число продуктивних стебел на 1 м² і маса зерна

В останні роки селекція жита розвивається в двох основних напрямках:

1. Створення диплоїдних і тетраплоїдних однорічних сортів жита
2. Багаторічного жита

Модель сорту жита інтенсивного типу по Кобилянському : урожайність зерна 8 т/га, звідси густина стеблостою на 1 м² 400-500шт, висота рослин 80-120см, міцність стебла 700-1000г, число зерен в колосі 70-80, маса 1000 зерен – 35-40г, маса зерен з одного колосу – 2-2,5г, вміст білку в зерні 13-14%, лізину в білку 4-4,5%, стійкість до проростання на корені, хлібопекарські якості, стійкість до грибкових хвороб, стійкість до випрівання, морозостійкість і засухостійкість на рівні 7-9 балів, висока екологічна пластичність.

Селекція на стійкість до вилягання. Стійкість до вилягання пов'язана з висотою рослин, міцністю стебла, урожаєм зерна. Селекція повинна вестись у напрямку створення короткостебельних сортів.

Встановлено 4 типи короткостебельності жита:

1. Рецесивна короткостебельність з проміжним успадкуванням ознаки(Харківська 55, 60). При гібридизації короткостебельні форми цього типу беруть в якості материнських рослин, так як виявлені реципроктні відмінності, пов'язані з цитоплазматичною спадковістю.
2. Карликовість контролюється одним рецесивним геном плейотропної дії. Цей тип карликовості не отримав широкого розповсюдження в селекції жита, так як зчеплений з дрібнозерністю і низькою продуктивністю.
3. Гілчастостебельна карликовість контролюється одним рецесивним геном плейотропної дії. В селекції ця форма використовується мало.
4. Домінантна короткостебельність, що контролюється одним доміантним геном НІ. При використанні доміантного джерела короткостебельності в гібридів відзначається зменшення висоти рослин на 30-40% за рахунок скорочення довжини міжвузлів.

За участі донорів доміантної короткостебельності створені нові сорти – Харківське 78, Київське 80

Селекція на стійкість до хвороб. До найбільш шкочинних хвороб жита відносяться фузаріози, борошниста роса, бура і стеблова іржа.

Оскільки стійкість в більшості одна ознака доміантна, то для створення імунних сортів рекомендується використовувати методи повних і неповних беккросів, клоновий добір, парні схрещування. Загальною вимогою є проведення доборів на інфекційних фонах.

Селекція на зимостійкість. Морозостійкі рослини відрізняються рядом морфобіологічних особливостей. В них вузькі і короткі розеточні листки дрібноклітинної структури і розпливчаста форма куща. Більш товста стінка епідермісу, короткий мезокотиль, більш глибоке розміщення вузла кущення. Для таких рослин характерний повільний ріст

восени, більш висока концентрація сухих речовин в клітинному соці і більш економна їх витрата на процеси проростання і дихання.

Селекція на якість зерна. Селекційна робота, направлена на підвищення харчових і технологічних властивостей зерна жита.

Середня кількість білка в зерні сортів жита складає 13%. Резервом збільшення вмісту білка може слугувати поліплоїдія. Як правило в тетраплоїдних формах жита порівняно з диплоїдними сортами на 1,5-2% підвищується кількість білку з одночасним збільшенням лізину в ньому. Для селекції на підвищення вмісту білку є цінними дикоростучі види жита, в яких вміст білку сягає до 24% і лізину 4,8%

Вивчення фракційного складу білків жита показало, що він відмічається підвищеним вмістом альбумінів – 25-35%, глобулінів, завдяки чому біологічна цінність білків вища. Якщо прийняти біологічну цінність білків молока за 100, то для жита ця ціна складає 68-75.

Клейковина в жита порівняно з пшеницею значно слабша і менш пружна. Утворенню якісної клейковини з гліадином і глютеніном перешкоджає наявність слизистої речовини, завдяки якій підвищується розчинність і зменшується пружність білково-вуглеводного комплексу.

Вміст вуглеводів в зерні жита складає 70-80% : 60% крохмалу ; Клітковини до 3,6%, жиру до 2,2%, мінеральних речовин до 2,2% . Найбільше значення для хлібовипікання має наявність і стан амілолітичних ферментів. В зв'язку з цим найбільшу практичну цінність представляють методи, які дозволяють визначити стан вуглеводно-амілазного комплексу (методи визначення автолітичної і діастатичної активності). По розробленій класифікації в залежності від величини числа падіння активності розрізняють жито: покращувач – ЧП-201-350с, продовольчий ЧП-141-200с з стійкими хлібопекарськими властивостями, продовольчий, якій потребує підсортування. ЧП-81-140с, кормове ЧП нижче 80с і вище 350с.

Особливе місце в селекції на підвищення технологічних властивостей займає селекція до проростання на корені, яка є найголовнішим побічним показником при оцінці хлібопекарних якостей зерна жита. Схильність сортів жита до проростання на корені пов'язане з збільшенням вмісту амілолітичних ферментів, завдяки яким розкладається крохмал, при чому часто їх активність значно збільшується ще до появи візуальних ознак проростання зерна. Мука виготовлена з такого зерна містить вже розщеплений крохмал, що негативно відображається на якості хліба.

При селекції на стійкість до проростання на корені особливу увагу притримують внутрішньо популяційним відбором. Цим методом в поєднанні з парними схрещуваннями в Швеції виведений світовий стандарт по стійкості до проростання на корені – Сорт озимого жита Отелло, який протягом 7 днів зберігає високу якість зерна і не проростає на корені в дощову погоду.

Основні методи селекції жита.

Арсенал сучасної селекції жита включає старі перевірені практикою і нові методи виведення сортів, які використовуються в залежності від поставлених задач, генетичних і біологічних особливостей вихідного матеріалу. Самим старішим методом селекції, який не втратив своєї актуальності є добір його модифікації.

До 1960р основними методами селекції жита в нашій країні були масовий і родинний добір за допомогою яких вивели 90% районуваних в той час сортів. В останні роки масовий добір втратив своє значення в зв'язку з тим, що не сприяє створенню більш врожайних форм жита. Він частково зберіг своє значення лише в насінництві старих сортів, як метод підтримуючої селекції.

Тепер відбір є складовою частиною нових методів, що використовуються в сучасній селекції жита.

Широке розповсюдження в селекції жита отримали багаторазовий, індивідуально-родинний і родинно-груповий відбору з перезапилених міжсортних гібридних популяцій.

Для збільшення результативності відбору з гібридних популяцій особливе значення має найбільш виражена диференціація популяцій на складовій її генотипи шляхом клонування.

Гібридизація. В селекції жита при створенні популяцій для відбору використовують метод вільного міжсортного запилення спеціально підібраних високопродуктивних або які

відрізняються іншими цінними ознаками і властивостями сортів, форм гібридів.

Більш широке розповсюдження при створенні вихідних популяцій для відбору отримав метод складних гібридних популяцій, коли у вільному перезапиленні бере участь декілька спеціально підібраних компонентів

До нашого часу ще використовують метод міжсортних парних схрещувань з послідовним багаторазовим індивідуально-родинним добром з гібридних популяцій. При внутрішньовидовій гібридизації досягається не тільки об'єднання бажаних ознак, але і виникає можливість отримання трансгресивних ознак, які були відсутні у сортів, що схрещувалися. Вірогідність позитивних результатів трансгресивної селекції збільшується при використанні географічно-віддалених, генетично диференційованих сортів жита. Методом міжсортної гібридизації виведено сорт Харківська 60.

В зв'язку з селекцією інтенсивних сортів отримали розповсюдження методи складних, ступінчастих, конвергентних схрещувань, при яких об'єднується спадковість багатьох компонентів схрещування.

Також в селекції жита розповсюджений метод створення синтетичних сортів на основі політопкрос-теста .

Поліплоїдія – створення і використання тетраплоїдних сортів, отриманих в результаті колхіцинування і валентиних схрещувань.

Використання гетерозису. Гетерозис в жита може виявлятися в підвищеній зимостійкості, продуктивної кущистості, стійкості до вилягання і т.д.

В останні роки широко використовуються методи мутаційної селекції, поліплоїдії (тетраплоїдні сорти отримані в результаті колхіцинування і валентиних схрещувань). Отримання одиничних гібридних тетраплоїдних зернівок від злиття спонтанно виниклих не редукованих гамет, гетерозису, який проявляється в жита у вигляді зимостійкості і т.д. При створенні всіх ланок системи ЦЧС значну проблему представляє само несумісність жита і виявлення самофертильних і псевдосамофертильних ліній і форм.

Лекція № 4

Селекція ячменю. Задані і основні напрями селекції.

Завдання і напрями селекції. На сучасному етапі селекційної роботи необхідні сорти ячменю, які б мали високу урожайність, посухостійкість, холодостійкістю дуже важливо мати сорти з оптимальним вегетаційним періодом, ранньостиглі, моростійкі. Великий інтерес для виробництва представляють сорти – двуручки у випадку поганої перезимівлі, можна поле пересіяти тим же сортом весною. Сорти ячменю повинні мати високу стійкість до полягання,

осипання, обламування колосів і стебла, стійкість до хвороб і шкідників.

Селекція ячменю кормового і круп'яного напрямку суттєво відрізняються від пивоварного. При використанні на кормові цілі важливий високий вміст білка в зерні і незамінних амінокислот в білку. Висока пливчастість великої ролі не грає. Ячмінь, що використовується для виробництва крупи окрім поживної цінності повинен мати високі технологічні і смакові якості. Зернівка має бути велика жовта з неглибокою борозенкою. Крупа з такого ячменю повинна швидко і рівномірно розварюватися і давати великий об'ємний вихід каші. Голозерний ячмінь, який має більше білку можна використовувати в якості кормового і для виробництва крупию Крім того, зерно такого ячменю дає муку з добрими хлібопекарськими властивостями і добра сировина для сурогатів кави. Але голозерний ячмінь має ряд недоліків : осипається, при обмолоті зародок травмується і насіння в зв'язку з цим має низьку схожість, тому необхідно вести селекцію на усунення цих дефектів.

Пивоварний ячмінь повинен мати високу енергію проростання – більше 95% і проростати рівномірно. Серйозним недоліком рахується швидке проростання окремих зерен. Вона відображається по якості солоду. Зерно пивоварного ячменю повинно бути жовтим , ромбічним мати тонкі плівки. Пливчастість не більше 9%.Плівки необхідні так як грають певну роль в технології виготовлення пива. Високий вміст білка (11,5%) в зерні ячменю робить його непридатним для пивоваріння. Вихід пива тим більший чим більше в зерні крохмалу, від кількості якого залежить ефективність солоду, тобто здатність віддавати розчин в суху речовину. Вона складає 78-84.

Гібридний ячмінь. Спроби створити гібридний ячмінь поки що не принесли успіху. ЦЧС отримана на основі поєднання цитоплазми *Hordeum jubatum* і ядра культурного ячменю Від цього схрещування з'явилися і лінії-відновники. Але цитоплазма *Hordeum jubatum* визиває пізні цвітіння, що перешкоджає отримання гібридного насіння Відкрите ЦЧС у *H.spontaneum*. В нього знайдені відновники фертильності. Для використання генів чоловічої стерильності не були розроблені схеми, які дозволили виділити з популяції гомозиготні стерильні рослини для отримання на них гібридного насіння. Але економічно такі схеми не вигідні.

Селекція на якість. Вміст білка – найбільш важливий показник при оцінці якості зерна пивоварного ячменю. Оптимальний рівень його знаходиться в межах 9-11%. Більш високий, а також більш низький вміст знижує ефективність пивоварного виробництва. В склад білків ячменю входить 8-15% альбумінів, 10-20% глобулінів, 25-40% гліадінів і глютелінів.

Максимальний вміст вуглеводів в ячменю сягає 82% від сухої речовини зерна. В сортах пивоварного ячменю 60-70% крохмалу. В склад крохмалу входить 2 типи полісахаридів – амілази 15-20% і амілопектин 80-85%. Для пивоварного ячменю найбільш цінна амілоза, так як від її якості залежать солодові якості сортів.

Сортові особливості сильно впливають на швидкість і повноту розчинення ендосперму. Із-за слабкого розвитку одного або декількох ферментних систем, сорт може взагалі бути непридатним для отримання солоду. Сорти повинні мати в достатніх кількостях такі ферменти альфа- і бета-амілази, протеаза.

Для технології пивоваріння велике значення мають сполуки фосфору.

Форма зерна – для виготовлення перлової крупи краще використовувати сорти з ромбічною еліптичною формою, для пивоварних сортів – еліптична, що сприяє рівномірному розподілу запасних поживних речовин по всій його довжині, більш швидкому її розчиненню в період солодоращення.

Величина зерна – для пивоварного ячменю оптимальною є маса 1000 зерен 43-47г. Таке зерно містить достатню кількість корисних речовин, які використовуються для виготовлення пива.

Для пивоварного ячменю – це ознака, що має велике технологічне значення . Квіткові оболонки складаються з речовин, що не розчиняються у воді і не піддаються дії ферментів солоду, тому підвищення пливчастості приводить до зниження екстрактивності. Крім того в оболонці містяться гіркі речовини , здатні переходити в розчин і покращувати смак пива. Голозерний ячмінь для пивоваріння не придатний.

Консистенція ендосперму

Для технологічного процесу виготовлення пива, консистенція ендосперму має важливе значення. Скловидність впливає позитивно при переробці ячменю в Ячневу крупу і муку. При переробці для виробництва пива краще використовувати сорти з борошністим або напівскловидним зерном

Забарвлення

Для пивоварних сортів і сортів з яких отримують крупу високої здатності характерне світло-жовте або жовте забарвлення Зена, рівномірне в усіх частинах зерна

Пророщуваність

Важливий показник для оцінки якості пивоварного ячменю являє здатність зерна проростати на 5 добу після змочування. Загальна здатність до проростання – ознака, яка характеризує здатність ячменю до солодіння. Цей показник повинен бути не менше 95%.

Екстрактивність

Чим більше в ячмені Екстрактивних речовин, тим вищі його пивоварні якості. Використання ячменю з високим вмістом екстрактивних речовин дозволяє з однакової кількості сировини отримувати більший вихід пива.

Методи селекції. Основним методом створення популяції для відбору в селекції ячменю є внутрішньовидова гібридизація. Приміняються прості парні і прості схрещування, а також зворотні схрещування. Насичуючі схрещування використовують при введенні генів стійкості до хвороб, гена високого вмісту лізину.

Віддалена гібридизація в селекції ячменю поки що практичного значення немає. Вирощування зародків на живильному середовищі дозволило отримати гібриди культурного ячменю з 15 дикими видами. Отримані також гібриди ячменю з житом і пшеницею і різними видами пирію. Схрещування з дикими видами перспективна, так як серед них є посухостійкі, стійкі до хвороб види, Але отримані гібридом стерильні і в селекції ячменю не використовуються.

Індукований мутагенез – цей метод широко використовується в селекції ячменю. Зараз досить багато мутантних сортів. Перші мутантні сорти були отримані в Швеції. В США методом хімічної мутації були отримані сорти озимого ячменю - Лютер, В Білорусії – мінський – стійкий до полягання. Отримана велика кількість поліплоїдів ячменю, але всі вони недостатньо продуктивні внаслідок малої кущистості.

Використання гаплоїдів

Традиційна схема селекції при використанні методу гібридизації потребує в середньому 12-15 років на виведення сорту. Тому прискорення створення сортів- важлива проблема сучасної селекції зернових. Одним із шляхів їх вирішення є застосування методів експериментальної гаплоїдії, за допомогою яких можна скоротити процес створення гомозиготного матеріалу. У ячменю найбільшого поширення набуває метод бульбозум, який дає можливість одержувати константні форми на другий рік після схрещування сортів. В його основі – явище елімінації хромосом при віддаленій гібридизації. Схема одержання гаплоїдів передбачає схрещування гібридів 1 і 2 покоління культурного ячменю з диким видом, обробку запліднених зав'язей протягом 2-3 днів розчином гіберелової кислоти в концентрації 75мг/л, культивування 14-16 денних зародків на штучному поживному середовищі. Гаплоїди виникають внаслідок елімінації хромосом.

Лекція № 5

Селекція кукурудзи.

Створення високопродуктивних гібридів зернового і силосного напрямків. **Завдання і напрямки селекції**

Селекція кукурудзи проводиться по багатьох напрямках з урахуванням конкретних умов вирощування і способів використання (на зерно, силос, зелений корм). Необхідно створювати гібриди, які різняться як по строках дозрівання, так і по комплексу господарсько цінних ознак.

Найбільш важливе завдання – створення високоврожайних гібридів для інтенсивних технологій вирощування.

Селекція на врожайність. Передбачається створення гібридів, що забезпечують при вирощуванні на богарі врожай зерна 9 – 10 т/га і силосної маси 40 – 50 т/га при високому виході сухих речовин, а в умовах зрошення – відповідно 12 – 13 і 60 – 80 т/га. В селекції на підвищення врожаю зерна велике значення має сприятливе сполучення таких елементів продуктивності, як довжина і діаметр початка, число рядів зерен на початку і кількість зерен у ряду, маса 1000 зерен, вихід зерна з качана. Один з резервів підвищення врожаю зерна кукурудзи – збільшення числа початків на рослині.

Селекція на двопчатковість. Це надзвичайно актуальне завдання, оскільки однопочаткові гібриди майже досягли межі продуктивності. Число початків на рослині тісно пов'язано з величиною врожаю зерна і підвищенням його стабільності в роки з несприятливими умовами погоди, оскільки в двопчаткових форм утворюється менше безплідних рослин порівняно з однопочатковими.

При селекції на двопчатковість необхідно проводити добори на зближення строків цвітіння волоті і початків, а також на скорочення розриву в цвітінні качанів на одній рослині. Щоб збільшення числа початків призводило до підвищення врожайності, необхідно добирати лінії з вирівняними по продуктивності качанами.

Дослідження довели, що не існує генетичних і фізіологічних перепон для одночасної селекції на двопчатковість і інші господарсько цінні ознаки. Необхідно враховувати, що при збільшенні числа початків, як правило, збільшується тривалість вегетаційного періода. Існують зразки з двома-трьома початками і більше, в цьому випадку застосовують термін „багатопчаткова кукурудза”. Один з напрямків селекції – створення багатопчаткової багатостебельної кукурудзи. Роботи в цьому напрямку проводяться в Україні, Російській Федерації і США.

Селекція безлігульних гібридів. Це один з резервів підвищення врожайності оскільки вказані гібриди придатні для використання в загущених посівах. Ефективне розміщення листків у таких форм сприяє кращому освітленню нижніх листків і підвищенню інтенсивності фотосинтеза. Це дає можливість збільшити число рослин на 1 га до 70 – 120 тис. проти 30 – 60 тис. при вирощуванні звичайних гібридів.

Селекція на вивчення таких гібридів проводиться в багатьох країнах з використанням мутацій **lg1**, **lg2** і **lg3**. Створюються безлігульні аналоги комерційних гібридів, однак найбільш перспективним напрямком використання цих форм є отримання нових безлігульних самозапильованих ліній з комплексом господарсько цінних ознак. Найбільший інтерес для селекції представляють гени **lg1** і **lg2**. Слід мати на увазі, що за низкою показників безлігульні аналоги поступаються звичайній кукурудзі, наприклад, більше вражаються пиловою і пухирчастою сажкою.

Найменше зниження врожайності, а в окремих випадках навіть перевищення її порівняно з нормальним аналогом встановлено у гібридів з донором **lg2**. Залучення нових джерел генів **lg1** і **lg2** буде сприяти підвищенню ефективності селекції в цьому напрямку. Безлігульні гібриди знайдуть найбільше застосування в умовах зрошення.

Селекція на скоростиглість. Цей напрямок набуває все більшого значення в зв'язку з просуванням кукурудзи в більш північні райони виробництва. Створення скоростиглих гібридів, що мають високу продуктивність і гарантовано дозрівають в умовах короткого безморозного періода, дасть змогу розширити площі посіву кукурудзи на зерно.

Створення і освоєння в виробництві ранньостиглих і середньостиглих гібридів на силос буде сприяти підвищенню якості кормової кукурудзи, оскільки в цьому випадку збільшиться вихід сухої речовини і кількість кормових одиниць завдяки вмісту листостеблової маси початків в стадії молочно-воскової стиглості.

Створення скоростиглих гібридів має значення і для південних зон, оскільки співвідношення гібридів з різною тривалістю вегетаційного періода дасть змогу господарствам раціонально використовувати техніку і стабілізувати виробництво кукурудзи.

Селекція на холодостійкість. Як і попередній, даний напрямок набуває важливого значення при просуванні гібридів кукурудзи в північні райони. Холодостійкі гібриди повинні давати дружні сходи при ранніх строках посіву, забезпечувати високі темпи початкового росту, а також швидше відростання і менше зниження продуктивності рослин після дії заморозків.

Підвищеною холодостійкістю відрізняються гібриди Дніпровський 247 МВ, Одеський 90 МВ, Воронежський 38 ТВ, створені для північної зони кукурузосіяння.

Селекція на придатність до механізованого збирання. Слабкий розвиток кореневої системи і ламке стебло в кукурудзи обумовлюють вилягання рослин – кореневе і стеблове. Ураження їх стебловими і кореневими гнилями, пошкодження кукурудзяним метеликом, діабротикою також можуть бути причиною вилягання рослин, що утруднює збирання і призводить до втрат урожаю зерна.

Придатність до механізованого збирання поряд з стійкістю до вилягання визначають такі ознаки, як висота прикріплення початка (в багаточаткових гібридів – нижнього господарсько придатного) і довжина ніжки початка. Багато комерційних гібридів характеризуються низьким прикріпленням качанів (30 – 50 см), що призводить до втрат зерна при механізованому збиранні.

Важливе значення має положення початка на стеблі. Невелике провисання його запобігає проникненню дощової води, оскільки під обгортку вода не затікає, зерно в таких початках більш сухе порівняно з зерном вертикально розміщених початків. Однак сильний нахил початка з довгою ніжкою (МАЛ), коли її верхівка знаходиться над поверхнею ґрунту (30 см і нижче), може бути причиною враження пліснявою і пошкодження гризунами. Тому високе прикріплення початка повинно сполучатися з скороченою ніжкою, щоб після провисання верхівка початка знаходилася на висоті не менше 50 – 60 см від поверхні ґрунту. При цьому значно збільшиться кількість початків, придатних для машинного збирання.

Селекція на швидку втрату вологи в період дозрівання. Створення таких гібридів має велике значення для застосування енергозберігаючих технологій виробництва кукурудзи, оскільки дасть змогу проводити збирання з одночасним обмолотом качанів і знизити витрати на сушку зерна. Переважно кукурудзу з зерном підвищеної вологості (30 – 35%) збирають комбайнами. Зібрані початки необхідно почистити від обгорток, відсортувати і висушити. Використання ліній, зерно яких здатне швидко висихати в період дозрівання, дає можливість одержувати гібриди з вологістю зерна на 3 – 4% нижче порівняно з одночасно цвітіними, але що не мають такої здатності гібридами.

На основі швидковисихаючих ліній ПЗ46, П502 і МУ4 створений трьохлінійний гібрид Дніпровський 273АМВ, який має комплекс господарсько цінних ознак і понижену вологість зерна при дозріванні.

Селекція на якість зерна. Основний напрямок селекції кукурудзи в цьому відношенні – створення гібридів з покращеною якістю білка, збалансованого за амінокислотним складом.

Відомо, що кількість білка в зерні кукурудзи становить 10 – 13%. При цьому білок має головним чином малоцінну фракцію – зеїн з низьким вмістом незамінних амінокислот – лізину і триптофану.

Створення високобілкових (16 – 20%) форм кукурудзи з використанням донорів цієї ознаки показало, що вміст лізину знижується. Тому селекція кукурудзи на якість пов'язана з коректним використанням в селекції мутантних генів **o2** і **fl2**, які пригнічують синтез зеїну з одночасним підвищенням кількості глутелінів і інших фракцій білка, які багаті на лізин.

Створення шляхом насичуючих схрещувань високолізинових ліній з участю генів **o2** і **fl2** дало можливість одержати гібриди з вмістом білка 14 – 16% і рівнем лізину в білку 4,5 – 5,0% проти 2,0 – 2,5% у звичайної кукурудзи. Однак такі гібриди не знайшли широкого визнання в виробництві, оскільки формували на 10 – 15% урожай нижче звичайних гібридів. Причина цього – борошниста структура ендосперма лізинової кукурудзи, що впливає на зниження маси 1000 зерен і натури зерна. Підвищена вологість такого зерна обумовлювала зниження стійкості до хвороб і збільшення травмованості зерна.

Для підвищення врожайності високолізинової кукурудзи і покращення її за низкою показників використовують генетичні методи зміни структури ендосперма з допомогою генних комбінацій **o2fl2**, **o2su2**, **o2wx** і підбором модифікаторів. Знайдені гени-модифікатори, що змінюють морфологію ендосперма, але зберігають біохімічний ефект гена **o2**. Фенотипічна дія модифікаторів проявляється в формі мозаїчного ендосперма, коли роговидні ділянки розміщуються серед борошнистих краплинами. Роговидний ендосперм може бути представлений шарами різної потужності, інколи займаючи майже весь об'єм.

У зв'язку з тим що збільшення маси 1000 зерен за рахунок підвищення скловидності зерна може супроводжуватися деяким зниженням вмісту лізину, необхідно добирати форми з нормальним ендоспермом і оптимальним амінокислотним балансом.

Використання цих методів дало змогу створити оригінальні лінії, які мають модифікований ендосперм, підвищений вміст білка з покращеним співвідношенням амінокислот. На їх основі одержані низка високолізинових гібридів, які не поступаються за врожайністю звичайним гібридам, а інколи і перевищують їх. Один з таких гібридів – простий гібрид Геркулес ВЛ, який створено в Селекційно-генетичному інституті.

Прискорене освоєння в виробництві високолізинових гібридів забезпечить сталу кормову базу з повноцінним кормом, що не потребує високобілкових добавок.

Велике значення для покращення якості корму з кукурудзи має зниження вмісту лігніну. Лігнін – складний ароматичний полімер. Утворюючи тісні хімічні зв'язки з целлюлозою, геміцеллюлозою і іншими компонентами клітини, своєрідно інкрустують її стінки і знижують перетравність корму, пригнічуючи дію ферментів.

Селекційна робота на зменшення кількості лігніну проводиться з використанням мутацій коричневої жилки листа **bm**. Низьколігнінові аналоги ліній створюють насичуючими схрещуваннями. При цьому рівень зниження вмісту лігніну в листостебловій масі може варіювати від 2,5 до 23,9%. Найбільша стіпень його зменшення відмічається в лінії, створених при участі мутацій **bm3**.

За морфологічними ознаками низьколігнінові рослини мало відрізняються від звичайних, однак введення генів **bm** може призводити до зниження врожаю зеленої маси, стійкості до вилягання і хвороб, а також до запізнення цвітіння волотей. Слід відмітити, що ступінь зменшення кількості лігніну, а також погіршення деяких господарсько цінних ознак залежить як від генів **bm**, так і від генотипів покращуваних ліній.

Селекція на олійність. Створення гібридів з підвищеним вмістом олії – перспективний напрямок селекції кукурудзи для кормових, харчових і медичних цілей. Високоолійна кукурудза представляє великий інтерес як високоенергетичний корм для тварин. Кукурудзяна олія в 2,5 рази калорійніша від крохмалю. В зерні кукурудзи міститься 3 – 5% олії, причому 60 – 80% її припадає на зародки. Тому в цілях створення гібридів з підвищеним збором олії з гектара застосовують добір форм з більш крупними зародками. Селекції на крупний зародок приділяється увага ще й тому, що це пов'язано з підвищеною кількістю в ньому білка, лізину і триптофану. Дослідження показали, що в зародку кукурудзи міститься 23,3% білку, 6,1% лізину, 1,2% триптофану, а в ендоспермі – відповідно 9,5, 1,6 і 0,3%.

Селекція на крупний зародок повинна проводитися з використанням матеріалу, який відібрано за врожайністю і іншими цінними ознаками.

Селекція на посухостійкість і жаростійкість. Важливий напрямок в селекції кукурудзи – створення гібридів, що дають стабільно високі врожаї зерна в зонах недостатньої зволоженості. Високі температури, низька вологість і нестача вологи в ґрунті призводять до збільшення числа безпочаткових рослин, зниженню озерненості качана і маси 1000 зерен. Створення гібридів, які здатні менше реагувати на нестачу вологи, дасть змогу стабілізувати збори зерна і силосної маси кукурудзи в посушливих умовах, які характерні для південних районів України.

В селекції на посухостійкість дуже великого значення набуває створення короткостеблих і двопочаткових гібридів.

Селекція на стійкість до хвороб і шкідників. Одне з найбільш важливих напрямків селекції – створення і освоєння в виробництві гібридів кукурудзи з комплексною стійкістю до хвороб і шкідників.

Вирішення даної проблеми утруднюється тим, що в кукурудзі нараховується більше 40 різноманітних хвороб, значна чисельність яких викликається грибами, а також бактеріями і вірусами. Більшість збудників мають декілька фізіологічних рас.

Повсюдно поширена пухирчаста сажка, яка може вражати всі надземні частини рослини. Дуже небезпечною хворобою вважається пилова сажка: в цьому випадку качан перетворюється в масу спор.

Гриби і бактерії викликають стеблові і кореневі гнилі кукурудзи.

Значної шкоди завдає гельмінтоспоріоз. У зволжених районах на кукурудзі розповсюджений гельмінтоспоріоз північний, який може знижувати врожайність більше ніж на 60%. Гельмінтоспоріоз південний, який поширений в багатьох країнах з теплим і вологим кліматом, в Україні не зареєстрований.

Вражається кукурудза іржею, несправжньою борошистою россою, а також вірусними хворобами – смугастістю і крапчастістю листя.

Кукурудзу пошкоджують більше 25 шкідників, серед яких найбільш небезпечний кукурудзяний, або стебловий, метелик. Гусінь його ушкоджує листя, виїдає зерна, тканини стебла, стрижнів і ножок качанів, в результаті знижується врожайність, утруднюється механізоване збирання через облом і вилягання рослин. На частинах рослин, ушкоджених личинками, розвиваються збудники грибкових і бактеріальних хвороб.

Значної шкоди завдає кукурудзяна, або листова, тля, що спричиняє щуплість зерна.

Ушкоджують кукурудзу різноманітні види совок і інші шкідники.

Вихідний матеріал

Колекція кукурудзи ВІР і ГЦРРУ, в якому зоосереджено світове різноманіття даної культури, нараховує більше 13 тис. зразків.

Цінним вихідним матеріалом для селекції кукурудзи є місцеві і селекційні сорти різноманітного походження. Впровадження в сільськогосподарське виробництво гетерозисних гібридів витіснило місцеві сорти, що створило небезпеку втрати генетичного фонду цієї культури. Місцеві і інтродуковані форми кукурудзи містять багаточисельні мутації, і виділення їх з застосуванням самозапилення є джерелом поповнення колекції. В зв'язку з цим особливий інтерес представляють зразки з Грузії і Молдови, де зформувалися місцеві сорти, які є джерелом багатьох цінних ознак: гарної адаптації до місцевих ґрунтово-кліматичних умов, багатопочатковості, посухостійкості, холодостійкості, ранньостиглості і т.д.

Колекція містить значну кількість самозапильних ліній української і закордонної селекції, багато з яких широко використовуються при синтезі гетерозисних гібридів.

Джерелами для створення нових самозапильних ліній використовуються гібриди різних типів – міжсортів, сортолінійні, прості, трьохлінійні, подвійні, міжлінійні, багатолінійні, а також синтетики (гібридні популяції) і сорти. В останні роки як вихідний матеріал для одержання самозапильних ліній широко застосовують синтетики від різних циклів рекурентного (періодичного) добору.

Аналіз родовідної високоврожайних гібридів показав, що низка ліній з більшою частотою використовується при створенні цих гібридів. Наприклад, значне поширення в селекції отримали лінії: W64, Oh43, C103, F-619, A-632, T-22, B-73, B-14, F-2, F-7, Грушівська 380, Чернівецька 21, ДС9, ВІР 40, ВІР 44, ВІР38 і ін. У зв'язку з цим висловлюється небезпека відносно об'єднання генетичної основи кукурудзи. Дослідження показали, що селекція в помірній зої проводиться з використанням усього 2% зародкової плазми кукурудзи тропічного поясу, Це створює генетичну вразливість використовуваного матеріалу. Для розширення генетичного потенціалу кукурудзи великі перспективи має залучення екзотичних рас з Латинської Америки, які характеризуються низкою цінних ознак і особливостей, Екзотичні раси є джерелом зародкової плазми, генетично відмінної від широко використовуваних в селекції матеріалів.

Великий інтерес для селекції представляють раси Amargo (Аргентина) і Zapalote Chico (Мексіка), які мають стійкість до хвороб і шкідників, раси з Мексіки - Comiteco, Jala, що мають довгий качан (до 30 см), і Repitilla і Chalqueno з дуже довгим зерном (до 1,8 см), Cuzco I Cuzco Gigant з Перу з крупним зерном (маса 1000 зерен до 1 кг), раса Coroico (Болівія і Колумбія), які включають форми з складним алейроновим шаром, що визначає підвищений вміст білка в зерні, і ін. Виділені раси холодостійкі, ранньостиглі, посухостійкі.

Використання в селекції місцевих рас з країн американського континенту дасть змогу значно збагатити генетичний фонд кукурудзи. Разом з тим використання цих матеріалів пов'язане з труднощами адаптації екзотичних рас до умов довгого дня. Тому більшість зразків не визріває на території України. Крім того, порушується розвиток генеративних органів, що призводить до поганої озерненості і навіть безплідності початка.

Роботу по використанню екзотичних рас, як вихідного матеріалу проводять в різних науково-дослідних установах, де серед великого набору зразків виділені форми з нейтральною фотоперіодичною реакцією. Ці форми включені в селекційну роботу.

Методи створення вихідного матеріалу для селекції

Значним кроком вперед став метод міжсорткової гібридизації, при використанні якого виключалося вплив інбридингу і враховувалися ознаки батьківських форм. Аналіз урожайності міжсорткових гібридів показав, що її збільшення порівняно з батьківськими сортами, як правило, незначне і рідко досягає 15 – 20%.

Найбільший ефект гетерозиса був встановлений при схрещуванні самозапилюючих ліній кукурудзи. Це відкриття поклало початок використанню метода міжлінійної гібридизації – основного напрямку селекції даної культури.

Селекція гібридної кукурудзи в останні десятиліття досягла значних успіхів. Кращі сучасні гібриди перевищують старі сорти по врожаю зерна на 100% і більше.

Для створення гетерозисних гібридів кукурудзи за вихідний матеріал використовують смозапилюючі лінії. Тому перший етап в селекції на гетерозис – одержання самозапилюючих ліній.

Існує низка методів, що застосовуються для цих цілей, серед них найбільш розповсюджений стандартний метод. Суть його полягає в проведенні самозапилення рослин протягом шести-семи поколінь, яке сполучається з доббором ліній за комплексом цінних ознак. Лінії $S_6 - S_7$ достатньо однорідні за морфологічними ознаками.

У перший рік роботи проводиться самозапилення в об'ємі, який визначається генетичними особливостями вихідного матеріалу. При закладанні ліній на міжлінійних гібридах піддають самозапиленню 20 – 50 рослин, а при використанні сортів, міжсорткових, сортолінійних гібридів, синтетиків – 100 - 200 рослин, щоб охопити можливо більше число біотипів популяції. В S_0 вибраковують небажані рослини і початки. На другий рік від кожного самозапиленого качана висівають 25 – 30 зерен на один рядок і проводять самозапилення кращих п'яти-восьми рослин. Після проведення роботи для подальшої роботи залишають три-п'ять кращих початків.

На третій рік від кожної сім'ї висівають насіння трьох-п'яти початків окремими рядками. Проводять браковку і на кращих рядках самозапилюють рослини з наступним доббором трьох-п'яти початків на цих ділянках.

У наступні роки (4, 5, 6 і 7-й) продовжують самозапилення кращих рослин і добір до того часу, поки не настане вирівняність за ознаками рослини і качана.

Паралельно з створенням ліній стандартним методом проводять оцінку їх комбінаційної здатності (КС) або тестування, тобто схрещування з тестером-аналізатором. При штучному запиленні ізолюють жіночі суцвіття до появи маточкових ниток. Попередньо верхівку листків обгортки зрізують, щоб забезпечити більш рівномірний вихід маточок.

Чоловічі суцвіття волоті ізолюють під час появи пиляків на центральній вісі. Як правило, через 2 дні спостерігається вихід маточкових ниток. Ізоляцію проводять не менше ніж за 24 год до запилення, щоб пилок, потрапивши на волоть з інших рослин, втратив життєздатність.

У день запилення, яке краще виконувати в ранніші години після спадання роси, збирають пилок з волоті. Якщо погода пасмурна і вологість повітря підвищена, то запилення можна проводити протягом усього дня. Для цього волоть з ізолятором нахиляють в бік і струшують декілька разів, щоб пилок потрапив на дно ізолятора, і потім знімають його з волоті. Ізолятор з пилом опускають на початок, з якого перед цим знімають ізолятор, запобігаючи потраплянню на приймочку пилку з інших рослин. Потім ізолятор, переміщений з волоті на початок, обережно струшують, розпилюючи пилок на приймочки маточок. Після запилення ізолятор закріплюють на стеблі.

Опрацьований і застосовується в селекційній практиці так званий *кишинівський* спосіб одержання самозапилюючих ліній, при якому волоть і початок поміщають під загальний ізолятор. Для цього волоть перед цвітінням згинають, щоб наблизити його до качана, і обидва суцвіття поміщають в ізолятор, який нагадує за формою рукав. У цьому випадку виключається необхідність переносу ізолятора з волоті на початок.

При використанні стандартного метода з вільнозапилюваних сортів у кукурудзяносіючих країнах були створені лінії, які зветься лініями першого циклу. Значне число таких ліній до

цього часу широко використовується в селекції і входять до складу комерційних гібридів.

У наступному краших результатів було досягнуто, коли за вихідний матеріал для започаткування ліній почали застосовувати прості або подвійні високогетерозисні міжлінійні гібриди. Створені таким чином лінії називають лініями другого циклу. Передумовою для використання цього метода є наявність високоврожайних гібридів, а також генетичні відмінності їх батьківських ліній за походженням.

Кумулятивна селекція як метод знайшов застосування для одержання покращених ліній. Самозапильні лінії, створені стандартним методом, випробовують на комбінаційну здатність після $S_3 - S_5$ і добирають кращі. Відібрані лінії схрещують між собою. Одержані від цих схрещувань гібридні рослини знову самозапильють протягом трьох-п'яти поколінь з використанням стандартного метода і схрещують з тестером для визначення комбінаційної здатності. Схрещування і самозапильнення кращих за комбінаційною здатністю ліній повторюють декілька разів, завдяки чому відбувається накопичення генів, які визначають високу врожайність. Таким чином можна одержати видатні лінії – батьківські форми високогетерозисних гібридів.

Метод насичуючих схрещувань використовують у селекційній роботі з метою покращення існуючих ліній за низкою ознак, наприклад вмісту білка, лізину, олій в зерні, стійкості до деяких шкочинних хвороб.

Найбільшу ефективність метод насичуючих схрещувань може дати, якщо ознака, за якою покращується лінія, спадкується моногенно. Лінію – донор цінної ознаки схрещують з лінією, яку необхідно покращити. Одержані рослини першого і наступних поколінь знову схрещують з покращуваною лінією, яка обирається як батьківська форма. Насичуючі схрещування проводять 5 – 6 років. При цьому після кожного насичуючого схрещування добирають рослини, подібні з рекурентною лінією і які мають цінні ознаки, за якими їх покращують.

Якщо ознака, за якою покращують лінію, спадкується рецесивно, то одночасно з насиченням виконують контрольне самозапильнення. Для наступної роботи відбирають лінії, які несуть в генотипі бажані гени. Після п'яти-шести насичень проводять самозапильнення для закріплення в лінії нових ознак.

При використанні цього метода створюють високолізинові аналоги, лінії з еректоїдним типом листя і ін. Метод насичуючих схрещувань можна застосовувати з метою підвищення продуктивності ліній, для цього достатньо провести два-три схрещування з наступним добором по продуктивності і фенотипічній подібності з покращуваною лінією. Добір надійного донора бажаної ознаки і визначення необхідного числа насичуючих схрещувань дає змогу створювати нові лінії, які, не поступаючись вихідній за комбінаційною здатністю і низкою інших цінних ознак, перевищуватиме її за покращуваною ознакою.

Метод гаплоїдії дає можливість прискореного одержання гомозиготних ліній за два роки. Робота по створенню таких ліній складається з двох етапів: 1) одержання і виділення гаплоїдів; 2) диплоїдизація гаплоїдів.

Гаплоїди одержують шляхом схрещування спеціально підібраних вихідних ліній, що мають підвищену схильність до гаплоїдного партеногенезу, а за джерела пилку – маркери Чейза (американський генетик, який вперше опрацював метод гаплоїдії для одержання самозапильених ліній кукурудзи), які несуть домінантні ознаки забарвлення корінців або рослини.

За маркер використовують Коричневий тестер (**aBPICR-gLg3**) і Пурпуровий тестер (**ABPICR-g**), які визначають у маркованого матеріалу пурпурове або синє забарвлення алейронового шару і пурпурове забарвлення корінців паростків. Маркер пурпурової плюмули (**APulPu2**) мають лише одну сигнальну ознаку – забарвлену в пурпуровий колір одну з частин зародка – бруньку (плюмулу). Найбільш ефективним маркером є сигналь пурпурового зародка (**ACR-njpr**). При запиленні ліній пилом цього маркера утворюються насінини з забарвленими насінинами, а гаплоїди виділяють по незабарвленому зародку і забарвленому алейроновому шару. В інших випадках гаплоїди можна визначити по відсутності забарвлення зародкових корінців у пророслих насінин. У наступному число хромосом у передбачуваних гаплоїдів контролюють цитологічно на зафіксованих кінчиках корінців.

Найбільші труднощі пов'язані з диплоїдизацією гаплоїдів одержанням від них

самозапилених нащадків. Спонтанне подвоєння хромосом відбувається надзвичайно рідко. Найбільш розповсюджений спосіб подвоєння хромосом - обробіток гаплоїдних рослин розчином колхіцину в концентрації 0,1 – 0,2%. Проводять дворазову ін'єкцію в зону вище точки росту з використанням медичного шприца. Рослини оброблюють у фазі двох-трьох або трьох-чотирьох листочків у теплиці або в полі. При цьому частина рослин гине, в інших не відбувається подвоєння хромосом і лише в деяких відновлюється диплоїдне число хромосом. Однак кількість рослин, які утворили насінини після самозапилення, ще менша, тому часто проявляється стерильність або волоть зовсім не утворюється.

Наступного року автодиплоїдні лінії включають в тестерні схрещування для визначення комбінаційної здатності.

Рекурентний (періодичний) добір передбачає використання повторних рекомбінацій, які одержують від схрещування відібраних кращих генотипів з метою підвищення концентрації бажаних генів в популяції. Створені таким чином покращені популяції різних циклів використовують перш за все як джерела нових покращених самозапильних ліній, а в окремих випадках і безпосередньо для вирощування.

У перший рік окремі рослини вихідної популяції (C_0), що відібрані за господарсько цінними ознаками, підлягають самозапиленню і одночасно схрещуються з тестером. При цьому частину пилку наносять на свій початок, а іншу використовують для запилення декількох рослин тестера. Випробовувана рослина може використовуватися за материнську, якщо вона має два качана: один використовують для самозапилення, другий – для тестерного схрещування.

Насіння ліній (S_1) висівають на третій рік для одержання синтетика двома способами: 1) складають суміш з однакової кількості насіння кращих ліній для вільного перезапилення; 2) кращі лінії висівають на окремих рядках і вручну проводять схрещування в усіх можливих напрямках за діалельною схемою.

Одержане тим чи іншим способом насіння змішують в однакових кількостях і висівають наступного року синтетик від першої рекомбінації (C_1), який використовується вихідним матеріалом для другого циклу добору. Цикл селекції може продовжуватися 4 роки, якщо в перший рік роботи рослини самозапилюють, а в наступному році проводять схрещування нащадків (S_1) з тестером. Для одержання насіння синтетика-рекомбінанта можна використовувати теплиці, в цьому випадку на один цикл селекцій необхідно всього два роки.

Рекурентний добір на загальну комбінаційну здатність (ЗКЗ) і специфічну комбінаційну здатність (СКЗ) схематично не має відмінностей. Різняться лише використовувані тестери. Наприклад, при доборі на ЗКЗ тестером використовується відносно стійка гетерогенна популяція з широкою генетичною основою, оскільки в основі добору на ЗКЗ проявляються адитивні генетичні ефекти. Найкращим тестером для оцінки СКЗ використовується константна самозапилена лінія (в окремих випадках простий гібрид), що пов'язано з неадитивними генетичними ефектами, які обумовлюють гетерозис, в тому числі і наддомінування.

При використанні рекурентного добору на ЗКЗ після двох-трьох циклів збільшується середня врожайність синтетика. Це збільшує вірогідність добору з синтетика продуктивних ліній порівняно з добром з вільнозапилюваних сортів.

Рекурентна селекція на ЗКЗ найбільш ефективна, якщо покращують популяцію для добору ліній, які будуть використані при створенні гетерозисних гібридів: простих – від схрещування кращої лінії з тестером, трьохлінійних – при використанні двох кращих самозапилених ліній в простому гібриді, який потім схрещують з тестером. Слід мати на увазі, що на результативність метода впливають умови і місце вирощування.

Метод рекурентного добору широко застосовують в селекції кукурудзи. Як приклад можна навести результати роботи по покращенню популяції сорту Шиндельмайзер (материнська форма сортолінійного гібрида Дніпровський 247 МВ), проведений на Синельниківській селекційно-дослідній станції. Один цикл рекурентного добору на СКЗ дав змогу створити нову популяцію сорта Шиндельмайзер, покращену за врожайністю і іншими ознаками. Одночасно метод виявив позитивну дію і на гібрид Дніпровський 247 МВ.

В залежності від ознаки, на який проводиться селекція, використовують рекурентний

добір по фенотипу. Він найбільш простий, оскільки не потребує тестування. Кращі генотипи виділяють за ознаками, величина яких може бути визначена в рік добору. Цей метод застосовують при селекції на стійкість до хвороб і шкідників, до вилягання і ламкості стебла, на висоту прикріплення качана, підвищення вмісту олії і інших речовин в зерні. Фенотипічний рекурентний добір проводять з метою створення двопчаткових ліній. При застосуванні метода рекурентного добору по фенотипу виділені рослини самозапилюють, а на наступний рік кращі нащадки S_1 схрещують між собою з метою одержання нових рекомбінацій. Насіння від таких схрещувань змішують і висівають на загальній ділянці (C_1). Популяція C_1 є джерелом для виділення ліній по бажаній ознаці. Такі цикли повторюються до тих пір, поки ознака не досягне максимального значення.

Реципроний рекурентний добір застосовують для збільшення генетичної різноманітності матеріалу, який використовується для отримання ліній. Для роботи підбирають дві різноманітні в генетичному відношенні популяції (два сорти, синтетика або простих гібрида). По кожній популяції закладають самозапилені лінії і схрещують їх з тестером. Для рослин групи А тестером використовується популяція В, і навпаки. При цьому пилок від кожної самозапиленої рослини наносять на приймочку маточки чотирьох-п'яти випадково відібраних рослин тестера.

На другий рік роботи випробовують дві групи тестерних гібридів: тестер-популяцію $A \times S_0B$ і тестер-популяцію $B \times S_0A$. Наступного року насіння кращих самозапиленних ліній по кожній популяції, яка виділилася після випробування, висівають початкорядним способом і схрещують в усіх можливих комбінаціях. В результаті одержують нові популяції A_1 і B_1 , які використовують для проведення наступного цикла селекції. Лінії, що виділилися в кожному наступному циклі добору, поступово покращуються. В популяціях підвищується концентрація сприятливих алелів, які забезпечують прояв наддомінування при схрещуванні ліній, що відібрані з цих популяцій.

Метод реципронного рекурентного добору в більшості випадків виявився ефективним. Реципронна рекурентна селекція була успішно використана при розробці програми створення подвійного міжлінійного гібрида на основі найбільш гетерозисного міжсортового гібрида.

З метою подальшого покращення ліній розвивається напрямок по використанню індукованого мутагенезу. Опрацьовані методи мутагенної дії фізичним і хімічними чинниками. При використанні гамма-опромінення обробляють сухе насіння ліній, сортів і гібридів дозою 100 – 200 Гр, недозрілі волоти за 4 – 5 днів до висипання пилку – 12 – 15 Гр і пилку – 30 – 45 Гр.

З хімічних мутагенів широко використовують нітрозоетилсечовину (НЕС), нітрозометилсечовину (НМС), нітрозодиметилсечовину (НДМС), 1,4-біс-діазаацетилбутан (ДАБ) і ін.

В результаті використання експериментального мутагенеза одержані мутанти кукурудзи, які зачіпляють різноманітні ознаки: форми з високою продуктивністю, підвищеним вмістом білка, лізина і триптофана, скоростиглі, а також стійкі до хвороб і шкідників і т.д. Встановлено, що індукування мутацій при селекції на стійкість більш перспективно порівняно з методом насичуючих схрещувань, при якому можуть переноситися небажані ознаки від інших генотипів.

В селекційних установах з участю мутантних ліній створено низку експериментальних гібридів. В Інституті фізіології і генетики НАН України і на Черкаській дослідній станції вперше був створений і внесений в Реєстр гібрид Ювілейний 60, до складу якого входить лінія ЧК 218, що одержана методом хімічного мутагенеза.

Одним з джерел одержання різноманітного і цінного матеріалу для селекції є *міжродова гібридизація кукурудзи* з теосінте і трипсакумом. Гібриди від віддалених схрещувань з наступним насичуючим схрещуванням, смозапиленням і добором можуть використовуватися для генетичного покращення кукурудзи.

Найбільших успіхів досягнуто при схрещуванні кукурудзи з теосінте. З таких популяцій відібрані лінії, які перевищують вихідні форми за вмістом білка в зерні, врожайності, числу початків на рослині і обливленості.

Гібридизація з трипсакумом проводиться з метою передвчі кукурудзі деяких цінних

особливостей цієї рослини: холодостійкості, високого вмісту білка, кущистості і стійкості до хвороб. Вивчається також можливість надати кукурудзі здатності до регулярного апоміктичного розмноження, яка б дала змогу закріпити ефект гетерозису в ряду послідовних поколінь і здешевити виробництво насіння. Опрацьовані прийоми для подолання несхрещуваності цих культур. Так, при запиленні кукурудзи пишком тріпсакума попередньо підрізають стобчики, щоб пишкові трубки могли досягати зародкових мішків.

При схрещуванні кукурудзи з *T. dactyloides* ($2n = 36$) одержані стерильні 28-хромосомні гібриди. Після проведення насичуючих схрещувань і самозапилення у 20-хромосомних нащадків таких рослин проявилася деякі ознаки тріпсакума, що вказує на обмін ділянками хромосом. В результаті схрещування *T. dactyloides* ($2n = 72$) з диплоїдною кукурудзою ($2n = 20$) одержали 46-хромосомні гібриди, а з тетраплоїдною ($2n = 40$) – 56-хромосомні. При повній чоловічій стерильності ці гібриди мають достатню повну жіночу фертильність. Запилення F_1 таких гібридів пишком кукурудзи різної плоїдності дає різноманітних нащадків по числу хромосом, яке обумовлено також значним числом нередукованих яйцеклітин.

В результаті від міжродових схрещувань кукурудзи з тріпсакумом одержано низку продуктивних кукурудзоподібних фертильних гібридів, з яких виділені лінії з високою комбінаційною цінністю. Крім того, від *T. dactyloides* вдалося передати кукурудзі ген стійкості до іржі, а від *T. floridanum* – до північного гельмінтоспоріозу. Досліджується можливість передачі кукурудзі стійкості до пухирчастої сажки і стеблових гнилей.

Поліплоїдія. В світовій практиці тетраплоїдна кукурудза вперше була одержана в 1932 р., а в Україні роботи по створенню таких форм почали проводитися з кінця 50-х рр. з метою використання їх для закріплення гетерозиса. Відомо, що в тетраплоїдів ($4x$) у другому і наступних поколіннях виходить великий відсоток гетерозигот, це і забезпечує збереження ефекта гетерозиса. Однак за продуктивністю $4x$ -форми кукурудзи і їх гібриди поступаються вихідним формам на диплоїдному рівні. Основною причиною зниження продуктивності тетраплоїдної кукурудзи є погана озерненість качана як наслідок хромосомної незбалансованості. В мейозі, крім бівалентів, спостерігається тетраваленти і уніваленти з утворенням анеуплоїдних гамет. Поліплоїдія у кукурудзи використовується при проведенні міжродових схрещувань.

Для цілей селекції почали опрацьовуватися *методи культури ізольованих органів, тканин, клітин і протопластів*, а також способи мікроклонального розмноження для збереження цінних генотипів.

Встановлено, що при культивуванні андрогенетичних рослин кукурудзи з пиляків регенерація відбувається з недиференційованого каллуса або безпосередньо з мікроспор при утворенні ембріонів.

Показана можливість використання метода культури тканин для одержання форм кукурудзи, стійких до південного гельмінтоспоріозу раси Т, при вирощуванні культури клітин на селективному середовищі з Т-токсеном.

Поряд з продуктивністю, стійкістю до вилягання, хвороб і шкідників і інших ознак найбільш важливою характеристикою самозапилюючої лінії є комбінаційна цінність, яку визначають за здатністю давати при схрещуванні з іншими лініями високогетерозисних нащадків. Ця здатність зразків обумовлена генетично і може бути виражена загальною комбінаційною здатністю і специфічною комбінаційною здатністю.

Оцінку комбінаційної здатності ліній в процесі створення їх стандартним методом переважно розпочинають з $S_3 - S_4$. Дослідженнями доведено, що вивчення ліній на комбінаційну здатність у ранніх поколіннях інбридингу (S_1) дає можливість до $S_5 - S_6$ виявити перспективні гетерозисні комбінації. Використання цього прийому дає змогу значно прискорити селекційний процес. Результативність роботи в значній мірі залежить від вибору тестера. В зв'язку з тим, що тестери є батьківськими компонентами майбутніх гібридів, вони повинні мати високу комбінаційну здатність, високу продуктивність, стійкість до несприятливих умов зовнішнього середовища.

Методика і техніка селекційного процесу

Типи гібридів. При перекомбінації самозапилених ліній кукурудзи одержують різні типи гібридів. У схрещування включають інколи і сорти. Якщо позначити лінії літерами А, В, С і

т.д., а сорти – S, то формули гібридів записують наступним чином:

Тип гібрида	Формула
Простий міжлінійний	$A \times B$
Трьохлінійний	$(A \times B) \times C$
Подвійний міжлінійний	$(A \times B) \times (C \times D)$
Сортолінійний	$S \times A$ або $S \times (A \times B)$
Лінійносортовий	$(A \times B) \times S$
Складний чотирьохлінійний	$[(A \times B) \times C] \times D$
Складний п'ятилінійний	$[(A \times B) \times C] \times (D \times E)$
Складний шестилінійний	$[(A \times B) \times C] \times [(D \times E) \times F]$
Складний семилінійний	$\{[(A \times B) \times C] \times G\} \times [(D \times E) \times F]$
Складний лінійносортовий	$[(A \times B) \times S] [[(D \times E) \times F]$
<i>При використанні в гібридизації сестринських ліній (A_1, B_1 і т.д.) одержують модифіковані гібриди:</i>	
Простий модифікований	$(A \times A_1) \times B$ або $(A \times A_1) \times (B \times B_1)$
Трьохлінійний модифікований	$(A \times B) \times (C \times C_1)$

При правильному підборі батьківських форм усі типи гібридів можуть бути однаковими за продуктивністю.

Найбільш просто створювати прості міжлінійні гібриди. Рослини їх відрізняються вирівняністю, дружнім дозріванням, і більш високою якістю продукції. Але з низькою і нестійкою врожайністю вихідних самозапиленних ліній насінництво і виробництво простих гібридів на товарне зерно рентабельні лише в сприятливих агрокліматичних зонах або при зрошенні.

Щоб підвищити врожайність батьківських форм і адаптивність гібридної кукурудзи, проводять ускладнення гібридів. Шляхом попередніх сестринських схрещувань одержані прості модифіковані гібриди: Молдавський 215 ТВ – по типу $(A \times A_1) \times B$, ОдМо 310 – $(A \times A_1) \times (B \times B_1)$ і ін. Такі гібриди за фенотипом подібні з звичайними простими, за структурою насінництва – з трьохлінійними або подвійними. Врожайність сестринських гібридів на 30 – 50% вище вихідних самозапиленних ліній.

У менш сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах, у яких насінництво простих гібридів ненадійне і нерентабельне, вигідніше вирощувати трьохлінійні (Дніпровський 273 АМВ, Дніпровський 310 МВ і ін.), лінійносортові (Колективний 244 МВ, Колективний 220ТВ) і подвійні міжлінійні (Дніпровський 505 МВ, Краснодарський 440 МВ) гібриди. Насінева продуктивність у них походить від високоврожайних материнських простих гібридів, що перевищують по продуктивності вихідні самозапиленні лінії в 2 – 3 рази. Однак при великих об'ємах насінництва на основі низьковрожайних ліній, особливо скоростиглої групи, важко одержати насіння батьківських простих гібридів, що стримує виробництво насіння першого покоління.

Для підвищення ефективності насінництва кукурудзи у Селекційно-генетичному інституті опрацьований метод створення складних гібридів. Він полягає в тому, що за материнську форму використовується не простий, а трьохлінійний гібрид, а в окремих випадках, зокрема при селекції ранньостиглих гібридів, - чотирьохлінійний або лінійносортовий. Такі материнські гібриди характеризуються високою врожайністю і адаптивністю. При цьому збільшується рентабельність насінництва не лише в останньому його ланцюгу, тобто при одержанні товарних гібридів, але і батьківських форм. В результаті стрімко збільшується коефіцієнт розмноження насіння батьківських форм, економічність і надійність виробництва насіння в усіх ланках насінництва.

Велике значення для розповсюдження гібридної кукурудзи мало відкриття цитоплазматичної чоловічої стерильності (ЦЧС). Застосування ЦЧС виключає ручну кастрацію материнських рядків на ділянках гібридизації і підвищує ефективність насінництва кукурудзи.

В селекції кукурудзи найбільш широко використовують наступні типи ЦЧС: Т – техаський тип, М(S) – молдавський тип і С-тип. Проводиться робота по вивченню і впровадженню інших типів ЦЧС.

У зв'язку з епіфітотією *H. maydis* південного гельмінтоспоріозу раси Т в районах з теплим і вологим кліматом (США, країни Європи і т.д.) техаський тип стерильності в цих регіонах не застосовується. Проводиться робота по використанню інших типів ЦЧС, зокрема С-типу. В Україні рекомендується використовувати переважно М(S) – і С-типи стерильності, які стійкі до раси Т південного гельмінтоспоріозу.

ЦЧС проявляється в тому випадку, коли в цитоплазмі присутній чинник стерильності (S), а в ядрі знаходяться рецесивні алелі генів відновлення.

Фертильність відновлюється при наявності домінантних генів **Rf**. Для ЦЧС типу Т відомі гени відновлення **Rf 1** і **Rf2**, для типу М – **Rf3** і для типу С – **Rf4**, **Rf5** і **Rf6**. Найбільш доцільно використовувати різні типи ЦЧС.

Переведення гібридів кукурудзи на стерильну основу припускає наявність системи джерело ЦЧС – закріплювач стерильності – відновлювач фертильності. Для цього необхідно нові лінії, що використовуються як батьківські форми в перспективних гібридах, оцінити по реакції на цитоплазматичну чоловічу стерильність. Оцінку проводять шляхом схрещування вивчаємої лінії з джерелом стерильності, який стає тестером.

На маточки качана тестера наносять суміш пилку з 5 – 10 рослин вивчаємої лінії. В наступному році нащадки від таких схрещувань висівають на ділянках і проводять підрахунки міри фертильності. При цьому лінії можуть характеризуватися як закріплювачі стерильності – за повною стерильністю нащадків і лінії-напіввідновлювача – їхні нащадки складаються з фертильних і стерильних рослин. Для наступної роботи добирають дві групи ліній.

Створюють стерильні аналоги материнських форм і аналоги відновлювачі фертильності методом насичуючих схрещувань. Необхідно мати на увазі, що підбирати джерела стерильності або фертильності необхідно з урахуванням їх вегетаційного періоду і інших ознак, а також походження, щоб уникнути генетичної спорідненості з іншою формою даного гібрида.

Схема створення стерильного аналога лінії А

- 1-й рік - джерело ЦЧС (МС) x А
- 2-й рік - (МС x А) x А
- 3-й рік - (МС x А²) x А
- 4-й рік - (МС x А³) x А
- 5-й рік - (МС x А⁴) x А
- 6-й рік - (МС x А⁵) x А

Одержаний стерильний аналог лінії А розмножують на ізольованій ділянці шляхом посіву чергуючимися рядками з фертильною лінією А.

В зв'язку з тим, що в переважній більшості ліній кукурудзи є рецесивні алелі генів відновлювачів, створення стерильних аналогів не викликає великих утруднень.

Селекція ліній аналогів – відновлювачів фертильності більш складна, це пояснюється тим, що серед селекційних ліній лише невелика частка (5 – 10%) мають здатність відновлювати фертильність. Крім того, при схрещуванні відновлювача фертильності з декількома стерильними формами, що мають один тип ЦЧС, гібридні нащадки можуть виявляти різну ступінь відновлення фертильності.

При створенні аналогів відновлювачів використовують широко відомі цінні лінії і проводять пошук нових серед створюваних різними методами ліній.

Існує декілька схем створення ліній – аналогів відновлювачів. В залежності від типу гібрида, типа стерильності і наявності ліній, різних за ознакою фертильність-стерильність, використовується та чи інша схема роботи.

Схема створення аналога відновлювача лінії А на фертильній основі

- 1-й рік - джерело фертильності В x А
- 2-й рік - (В x А) x А

3-й рік - $(B \times A^2) \times A$

На третій рік роботи рослини гібрида $(B \times A^2) \times A$ перевіряють на здатність відновлювати фертильність у схрещуванні з стерильним аналізатором. Для подальших насичень використовують лише ті рослини, які дають найбільший вихід фертильних форм. Одержані на 7 – 8-й рік лінії самозапильюють у сполученні з добром.

Ця схема роботи тривала в часі, оскільки необхідна перевірка на відновлюючу здатність.

Схема створення аналога відновлювача лінії А на стерильній основі

1-й рік - Джерело ЦЧС (МС) х відновлювач фертильності В

2-й рік - $(МС \times B) \times A$

3-й рік - $[(МС \times B) \times A] \times A$

4-й рік - $[(МС \times B) \times A^2] \times A$

5-й рік - $[(МС \times B) \times A^3] \times A$

На шостий і сьомий роки проводять самозапилення, добір і наступне розмноження відновлювача. Опрацьований варіант даної схеми, коли використовується готова лінія-відновлювач на стерильній цитоплазмі. В цьому випадку можна одночасно створювати не лише аналог-відновлювач лінії А, але і її стерильний аналог.

Превага цієї схеми полягає в тому, що не треба проводити перевірки на відновлювану здатність. В той же час дослідження показали, що використання стерильної цитоплазми може в наступному призводити до втрати відновлюваної здатності у створюваних аналогів. У зв'язку з цим був опрацьований комбінований метод створення аналогів відновлювачів фертильності, який передбачає сполучення генів відновлювачів фертильності з нормальною цитоплазмою. При цьому методі на початковому етапі використовують схему створення відновлювачів на стерильній основі, а після п'ятого-шостого насичуючого схрещування компонентами міняють місцями – за материнську форму беруть вихідну лінію, а запилювачем - відновлювач фертильності на стерильній основі. На заключному етапі роботи проводять самозапилення і аналізуючі схрещування для добору форм, які гомозиготні за генами відновлення.

Опрацьовані схеми створення аналогів-відновлювачів універсального типу, які здатні одночасно відновлювати фертильність цитоплазми Т і М. У селекціонерів є низка ліній з такими особливостями.

Створені великі колекції стерильних аналогів і аналогів відновлювачів фертильності для кращих самозапильних ліній.

Оцінка селекційного матеріалу. Протягом вегетаційного періоду і після збирання проводять спостереження, підрахунки і оцінки за комплексом ознак. У польових умовах оцінюють стан сходів, загальну кількість рослин і пасинків для підрахунку куцистості, висоту рослини і висоту прикріплення початка (у багатопочаткових форм – нижнього господарско придатного), а також число листків на головному стеблі. В зв'язку з тим, що при рості і розвитку нижні листки всихають, методика підрахунку листків включає підрізання п'ятого і десятого листа по мірі формування їх у часі. При цьому у ранньостиглих форм, які мають невелику кількість листків, достатньо помітити лише п'ятий лист. Загальний підрахунок листків проводять після викидання волоті. Враховують число міжвузолів на одну рослину і число безплідних рослин.

Перед збиранням визначають кількість полеглих рослин, ламкість стебла при перестойі на пні і інтервал між побурінням обгортки початка і повним усиханням усієї рослини.

При проведенні фенологічних спостережень відмічають дати: посіву; сходів (початок – повні); поява волотей (початок – повна); дату коли з піхви листків на 2 – 3 см з'явився волоть; цвітіння волотей (початок – повне) в момент появи пиляків на центральній вісі волоті; цвітіння качанів (початок повне) при появі маточкових ниток на початку; дозріванні (стигlostі) качана: молочній – при натисканні на зерно з'являється біла рідина; молочно-восковій – консистенція кашоподібна, загускаюча; восковій – при натисканні нігтем на зерні залишається слід; повній

– при появі темного шару в місці прикріплення зернівки до стрижня початка, а також характерній твердості зерна в середній частині початка.

Визначення фази дозрівання зерна кукурудзи утруднено через усихання і пожовтіння листків обгортки під впливом посухи і високої температури. Тому в світовій практиці тривалість вегетативного періоду оцінюють за таким показником, як число днів від появи 50% сходів до цвітіння початків у 50% рослин. Поряд з урахуванням суми ефективних температур і вологості зерна цей показник досить надійний для класифікації кукурудзи за групами стиглості.

Оцінку селекційного матеріалу на стійкість до хвороб і шкідників найбільш ефективно проводять на інфекційному фоні, оскільки при цьому можна одержати найбільш об'єктивну інформацію. Способи створення інфекційного фону залежать від біологічних особливостей збудників хвороб і шкідників, фази розвитку рослин і т.д.

Для оцінки стійкості до пухирчастої сажки в зв'язку з наявністю механічного і фізіологічного імунітету створюють роздільний інфекційний фон. У першому випадку рослини заражують шляхом оприскування водною суспензією спор двічі: за тиждень до викидання і в фазі масового викидання маточкових ниток, а в другому – на сьомий день з початку появи ниток початка шляхом ін'єкції під обгортку початка.

При оцінці селекційних матеріалів на стійкість до пилової сажки інфекцію наносять у ґрунт на глибину посіву насіння, а ступінь ураження враховують у фазі повної стиглості.

Стійкість кукурудзи до корневих і стеблових гнилей, які викликаються грибами, визначають за однією методикою без поділу на збудників, оскільки вони мають загальні біологічні особливості і дають однакові симптоми враження. Інокулюм наносять в ґрунт з насінням, а підрахунки проводять у фазі воскової стиглості.

Стійкість до фузаріозу, сірої гнилі, діплодіозу і нігроспоріозу качанів після зараження оцінюють за трьохбальною шкалою в залежності від ступеня враження початків.

Інфекційний фон для оцінки стійкості до гельмінтоспоріозу створюють шляхом розкидання в міжряддях у фазі п'яти-шести листків кукурудзи сильно заражених цим збудником листків культури. Враженість оцінюють за п'ятибальною шкалою тричі: через 5 днів після почви хвороби, в період викидання волотей і в кінці молочної стиглості.

Підрахунок ураженості іржею проводять за шкалою Т.Д. Страхова: перший раз при появі ознак ураження, а другий – через 7 – 8 днів.

Стійкість до стеблових метелика найбільш ефективно оцінювати з використанням метода штучного зараження рослин яйцями або личинками шкідника, яких спеціально вирощують для цього.

Оцінку на стійкість до тлі і шведської мухи проводять на природньому фоні за п'ятибальною шкалою

Стійкість рослин кукурудзи до перестою на пні оцінюють, підраховуючи полегли рослини і обчислюючи їх відносний вміст до загальної кількості рослин на ділянці. При вирощуванні кукурудзи на зерно проводять лабораторний аналіз проби початка. Розмір проби може варіювати в залежності від того, в якому ланцюгу селекційного процесу проводиться оцінка. Визначають консистенцію і забарвлення зерна, форму, довжину, діаметр верхньої і нижньої частин (відступаючи на $\frac{1}{4}$ довжини початка від верхівки до основи), число рядів зерен і число зерен в ряду, ширину борозенок між рядами, спрямованість рядів (прямі, зкривлені, збивчасті), масу початка. Після обмолоту початків враховують забарвлення квіткових плівок, масу зерна і 1000 зерен, вихід зерна з початка в відсотках. Після визначення вологості зерна врожай перераховують на 14%-ну вологість.

У гібридів, які вирощуються на силос, враховують урожай зеленої маси і вихід сухої речовини.

Перед збиранням відбирають проби, зважують і визначають урожай зеленої маси, в тому числі листостеблової і качанів (без обгортки і ніжок). Потім складають середню пробу, подрібнюють і відбирають зразок для визначення вмісту сухих речовин. По врожаю зеленої маси і вмісту сухої речовини в відсотках визначають збір сухої речовини з 1 га. Найбільшого значення в селекції кукурудзи на якість зерна набули такі показники, як вміст загального азота (сирого протеїну) і лізина, а на якість зеленої маси – вміст загального азота і лігніна.

При оцінці посухостійкості враховують цілий комплекс ознак і особливостей рослин: стійкість до зів'янення, число безплідних рослин, озерненість початка, масу 1000 зерен, розрив між строками цвітіння чоловічих і жіночих суцвіть, ступінь зниження врожаю гібридів у посушливі роки порівняно з сприятливими.

Оцінку зразків кукурудзи на холодостійкість проводять прямими методами (лабораторний і польовий) і непрямими. Польовий метод передбачає посів насіння в ранні строки, при цьому польова схожість відтворює стійкість до понижених температур і ґрунтових мікроорганізмів. Ступінь холодостійкості встановлюють також за швидкістю появи сходів і розвитку в початковий період, за стійкістю до весняних заморозків.

У лабораторних умовах насіння кукурудзи пророщують при температурі 6 – 10⁰С.

До непрямих показників холодостійкості відносяться підвищений вміст цукру в соку рослин, більш висока здатність пластидного апарату до крохмалюутворення проникливість і в'язкість цитоплазми і ін.

Секлекційна робота з кукурудзою включає систему розсадників і порівняльних сортовипробувань, в яких вивчають вихідний матеріал, одержують лінії, оцінюють їх комбінаційну здатність, створюють і випробовують гібриди. Селекційні посіви кукурудзи розміщують на одному полі без просторової ізоляції, тому після проведення всіх оцінок і підрахунків насіння вибраковують, а на наступний рік висівають кращі зразки з резервів.

Колекційний розсадник. Сортозразки, що вивчаються, висівають на одно-двохрядкових ділянках площею 5 – 10 м², стандарт розміщують через 10 зразків. Основне призначення колекційного розсадника - збір, розмноження і наступне використання насіння в селекційній роботі.

В процесі вивчення вихідного матеріалу проводять фенологічні спостереження і дають польову характеристику рослинам, що дає змогу відібрати для подальшої роботи кращі сортозразки, які відповідають завданням селекції.

Для підтримання і розмноження зразків кукурудзи застосовують штучне запилення. Ізолюють початки на 10 – 15 рослинах і запилюють їх сумішкою пилку, що зібрана з 10 – 15 рослин цього ж зразка.

Селекційний розсадник. В залежності від кількості насіння і цілей використання зразків їх висівають на ділянках від 5 до 20 м² без повторень, стандарт розміщують через 20 – 30 зразків.

У даному розсаднику створюють нові самозапилені лінії різноманітними способами, вивчають їх комбінаційну здатність, реакцію на цитоплазматичну чоловічу стерильність, створюють стерильні аналоги і аналоги – відновлювачі фертильності. З цією метою проводять штучне схрещування спеціально підібраних батьківських компонентів. Розмножують сортипопуляції і константні самозапилені лінії. Спостереження і підрахунки ті ж самі, що і в колекційному розсаднику.

Розсадник порівняльного випробування. Тут проходять первинну перевірку гібриди, які одержані в результаті проведення топкросів і діалельних схрещувань, а також на ділянках гібридизації. В зв'язку з тим що в процесі селекційної роботи виходить значна кількість нових експериментальних гібридів, випробування їх за загальноприйнятою методикою утруднено з технічних і економічних причин. Тому гібриди висівають на однорядкових ділянках площею 10 м² без повторень, стандарт розміщують через 10 – 20 зразків. Застосовують візуальну оцінку продуктивності. Спостереження і підрахунки ті ж самі, що і в попередніх розсадниках.

Контрольний розсадник. У цьому розсаднику вивчають гібриди, які виділилися за комплексом ознак в розсаднику порівняльного випробування. Зразки висівають на одно-двохрядкових ділянках з обліковою площею 5 – 10 м², повторність двох-трьохразова з рендомізованим розміщенням варіантів у повтореннях, стандарт розміщують через 10 зразків. Використовують також парний метод, коли стандарт висівають через два зразка.

Фенологічні спостереження проводять за скороченою схемою. Враховують урожайність гібридів, добираючи пробу масою 3 кг для наступного визначення виходу зерна і перерахунку врожаю на стандартну вологість.

Попереднє сортовипробування. Кращі гібриди з контрольного розсадника вивчають 1 – 2 роки в попередньому випробуванні. Ділянки двох – трьохрядкові з обліковою площею 10

– 20 м² повторність трьох – чотирьохразова з рендомізованим розміщенням варіантів у повтореннях, стандарт висівають через 5 – 6 зразків. Спостереження і підрахунки ті ж, що і в контрольному розсаднику. Врожайні дані обробляють методом дисперсійного аналізу.

Конкурсне випробування. Тут продовжують вивчення гібридів, які виділені в попередньому випробуванні. Ділянки чотирьохрядкові з обліковою площею 20 – 40 м² повторність чотирьох – шестиразова, розміщення стандарту через 10 зразків. Спостереження і підрахунки проводять за повною схемою. Вивчення зразків триває протягом 2 – 3 років. В результаті виділяють перспективні гібриди, які включають в екологічне і виробниче випробування. Одночасно починають роботу по переводу гібрида на стерильну основу, розмноженню батьківських форм і одержанню насіння, необхідного для передачі гібрида на Державну експертизу.