

VARIEDADES HÍBRIDAS: OBTENÇÃO E PREDIÇÃO

15

INTRODUÇÃO

Variedade híbrida é a progênie de um cruzamento entre dois genitores geneticamente diferentes. Esses genitores podem ser variedades de polinização aberta, linhagens endogâmicas ou clones. Por causa da diferença genética entre os genitores, o híbrido apresentará muitos loci em heterozigose, podendo com isso apresentar heterose.

O milho, por ser uma planta monóica e possuir grande interesse econômico, tem sido a espécie mais utilizada para a produção de híbridos. Nesta espécie os híbridos são obtidos a partir de linhagens endogâmicas. Como as linhas parentais são homozigotas, as plantas híbridas F1 serão idênticas no genótipo e uniformes.

Shull (1909), um pesquisador americano, foi o primeiro a apresentar um esquema básico para produção de sementes de milho híbrido. Shull propôs para produção de híbridos a obtenção de linhas autofecundadas e o cruzamento entre si (híbrido simples). Entretanto, a popularização das variedades híbridas só aconteceu

uma década depois quando Jones (1918) sugeriu que para produção comercial fosse utilizado o híbrido duplo, através do cruzamento de dois híbridos simples. No Brasil o primeiro híbrido duplo de milho foi produzido por Krug (IAC) em 1939.

Antes da introdução do milho híbrido as variedades utilizadas eram variedades de polinização aberta. Podemos observar na Figura 1 os dados referentes ao aumento de produtividade de milho nos EUA com o uso de variedades híbridas.

Neste capítulo vamos apresentar e discutir a metodologia para produção de híbridos em milho. A produção de híbridos segue a seguinte seqüência:

1. Obtenção de linhagens endogâmicas;
2. Teste de capacidade de combinação das linhagens;
3. Avaliação das combinações híbridas para produtividade e outros caracteres;
4. Produção de grandes quantidades de semente híbrida para distribuição para os agricultores.

OBTENÇÃO DE LINHAGENS

Em milho, a produção de linhagens endogâmicas consiste na autofecundação de plantas selecionadas por vários ciclos, visando obter genótipos homozigotos. Como visto no capítulo anterior, o processo de autofecundação levará à fixação do genótipo (endogamia). As linhagens obtidas por autofecundação tem pouco vigor (depressão endogâmica). Durante os ciclos de autofecundação são feitas seleções para caracteres de interesse agrônômico.

As plantas que serão autofecundadas para a produção de linhagens endogâmicas são, em geral, obtidas a partir de populações melhoradas por seleção recorrente. Os métodos mais utilizados para a obtenção de linhagens são: Método Padrão, Método da Cova Única e Método Genealógico.

A progênie de uma planta autofecundada é chamada de S1, a progênie autofecundada desta é chamada de S2 e assim por diante.

Método Padrão

Este método de obtenção de linhagens é muito parecido com o método genealógico de condução de populações segregantes, estudado no melhoramento de autógamias. A seleção é realizada entre e dentro das progênies à medida que as gerações avançam. A seguir são descritos as várias etapas do método:

1º ano – Autofecundação de centenas de plantas selecionadas das populações.

2º ano – Planta-se em linha 20 a 30 plantas de cada progênie autofecundada. Selecionam-se 5 plantas de cada progênie para fazer nova autofecundação. Faz-se seleção entre progênies, eliminando-se as que apresentam defeitos graves em função da autofecundação. Após a colheita faz-se seleção das espigas descartando as que apresentam problemas..

3º ano – semeia-se uma linha para cada planta autofecundada, praticando-se seleção e autofecundação nos moldes anteriores.

O processo é repetido até que as plantas atinjam alto grau de homozigose o que ocorre entre 5 a 8 ciclos de autofecundação.

Método da Cova Única

É um método que pode ser comparado com o SSD ou SHD, utilizados no melhoramento de plantas autógamias. Neste método, cada progênie é representada por uma única cova com três plantas, em vez de uma linha com várias plantas. A principal vantagem deste método é a redução de área, permitindo trabalhar com número maior de progênies, e aumentando a possibilidade de seleção entre

progênes

Método Genealógico

Consiste na obtenção de novas linhagens partindo-se de um F2 resultante do cruzamento entre duas linhagens que se combinem bem. O esquema de autofecundação é semelhante ao do Método Padrão.

MELHORAMENTO DE LINHAGENS

O melhoramento de linhagens é feito quando se tem uma linhagem de alto valor genético apresentando, porém, algum defeito grave.

Retrocruzamento

O retrocruzamento tem por objetivo consertar um defeito de uma linhagem com boas características agrônômicas. O progenitor recorrente será a linhagem que queremos consertar e o progenitor não-recorrente deverá possuir a característica que queremos consertar. O retrocruzamento visa a transferência de um ou poucos genes (características qualitativas). Mais informações sobre o Método de Retrocruzamentos pode ser obtido no Capítulo 2.

Melhoramento Convergente

Este método se baseia em duas séries independentes de retrocruzamentos entre duas linhagens autofecundadas. Na primeira, a linhagem A serve como genitor doador e a linhagem B será o genitor recorrente. Na segunda série, a linhagem B serve como doador e a linhagem A será o genitor recorrente.

Seleção gamética

Neste caso, a unidade de melhoramento é o gameta. O método começa com o cruzamento de uma linhagem elite com uma amostra ao acaso de pólen de uma variedade de polinização aberta. A seguir, as plantas F1 (que diferem na complementação gamética da variedade) são autofecundadas e cruzadas com um testador comum (genitor feminino). O cruzamento da linha elite com o testador (top cross) serve como controle. Qualquer top cross mostrando melhor performance que o controle terá recebido um gameta superior da variedade (Figura 2).

TESTE DE CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO

A habilidade de uma linhagem autofecundada em transmitir uma performance desejada para uma progênie híbrida é chamada de capacidade de combinação. Paralelamente ao processo de autofecundação, as linhagens devem ser testadas quanto à sua capacidade de combinação.

Existem dois tipos de capacidade de combinação: a **Capacidade Geral de Combinação (CGC)** e a **Capacidade Específica de Combinação (CEC)**.

A **CGC** mede o comportamento médio de uma linhagem, ou seja, o valor médio dos híbridos do cruzamento desta linhagem com diversas outras. A **CEC** mede o comportamento de uma linhagem quando cruzada com outra linhagem.

Para testar a capacidade de combinação, as linhagens devem ser cruzadas com testadores. Para **CGC** são utilizados testadores de base genética ampla, tais como cultivares de polinização aberta. Para **CEC** são utilizados testadores de base genética estreita (híbrido simples ou linhagem pura).

A **CGC** é geralmente avaliada quando as linhagens estão em S2 ou S3, e tem como finalidade eliminar precocemente as

linhagens que apresentam comportamento médio desfavorável. Este teste também é chamado de **TOP CROSS** e deve ser avaliado com repetições em diferentes locais com uso de delineamentos experimentais apropriados.

A CEC é realizada quando as linhagens já apresentam com alto grau de homozigose, por volta de S5, através do cruzamento entre linhagens não aparentadas. Quando estes testes são feitos no formato de dialélicos, é possível fazer a predição dos híbridos duplos ou triplos. A CEC fornece o resultado dos híbridos simples.

GRUPOS HETERÓTICOS

Os grupos heteróticos são grupos de linhas puras com composição genética similar. Grupos heteróticos são desenvolvidos pela identificação de linhagens que parecem dar contribuições similares com cruzamentos com diferentes linhagens. Linhagens relacionadas por ancestrais comuns geralmente caem dentro de um mesmo grupo heterótico.

Em outras palavras linhagens que apresentam elevada heterose em cruzamentos e/ou elevada capacidade específica de combinação são alocados em grupos heteróticos distintos, enquanto que aqueles materiais que não apresentam estes resultados são alocados no mesmo grupo heterótico. Esse conceito tem implicações muito importantes nos programas de melhoramento, uma vez que os cruzamentos de linhagens podem ser dirigidos e não feitos de forma aleatória. Assim, linhagens obtidas de materiais alocados em um determinado grupo heterótico são avaliadas em cruzamentos com materiais alocados em outros grupos heteróticos, uma vez que já se sabe a priori que esses cruzamentos deverão apresentar performances superiores que aqueles realizados dentro dos grupos heteróticos. Dessa forma, os cruzamentos são dirigidos para

explorar de forma eficiente a heterose e/ou a capacidade específica de combinação entre os materiais de grupos heteróticos distintos.

TIPOS DE HÍBRIDOS DE LINHAGENS

Os híbridos obtidos a partir do cruzamento de linhagens podem ser divididos em: Simples, Simples Modificado, Triplo, Triplo Modificado, Duplo e Outros (Figura 3).

O **híbrido simples** é obtido pelo cruzamento de duas linhagens. No geral é mais produtivo que os demais e apresenta uniformidade de ciclo, altura de plantas e altura de espigas. A semente tem custo mais elevado, pois é produzida em uma linhagem.

Para produção do **híbrido simples modificado**, utiliza-se como parental feminino um híbrido entre duas linhagens aparentadas ($A \times A'$), cruzando-se este híbrido com a linhagem B. Este cruzamento ($A \times A'$) visa recuperar um pouco o vigor da planta onde vai ser produzida a semente, sem grandes perdas de uniformidade dos demais caracteres.

O híbrido triplo é o resultado do cruzamento de um híbrido simples ($A \times B$) com uma terceira linhagem (C). É uma alternativa ao híbrido simples, pois a produção de semente é realizada em um material vigoroso e produtivo que é o híbrido simples. Por isso a linha polinizadora deve produzir pólen suficiente para garantir a adequada fertilização das espigas do híbrido simples.

O **híbrido triplo modificado** é obtido quando a linhagem utilizada como macho apresenta pouca produção de pólen, pode ser realizado um cruzamento entre ela e uma linhagem aparentada para recuperar um pouco o vigor. O cruzamento seria $(A \times B) \times (C \times C')$.

O **híbrido duplo** é resultante do cruzamento de quatro

linhagens (A x B) x (C x D). Em geral, é o menos produtivo, maior desuniformidade e melhor estabilidade, quando comparado com híbridos simples e triplos. A obtenção do híbrido duplo é mais trabalhosa e demorada, exigindo mais campos isolados e maior número de anos para a produção de sementes. Entretanto, ainda é muito utilizada pois a semente é produzida com material vigoroso e produtivo, o mesmo ocorrendo com o polinizador, pois ambos são híbridos simples.

Outros Tipos de Híbridos

PREDIÇÃO DE HÍBRIDOS

A etapa final da produção de milho híbrido envolve a escolha das linhagens que apresentarão a melhor combinação específica quando cruzadas (isto é, maior heterose e conseqüentemente maior produtividade). No caso dos híbridos simples, essa informação pode ser obtida pelos testes de capacidade de combinação específica, quando as linhagens são cruzadas entre si.

No caso de híbridos duplos é inviável testar todas as combinações, por causa do grande número de híbridos duplos distintos. Com apenas 20 linhagens, é possível obter 14.535 híbridos duplos distintos, um número inviável para a avaliação prática (Quadro 15.1).

Jenkins (1934) desenvolveu métodos para a predição de híbridos duplos a partir de médias observadas em híbridos simples. Jenkins avaliou quatro métodos diferentes, sendo que o Método B foi o mais eficiente para a predição de híbridos duplos. No Método B de Jenkins, o comportamento do híbrido duplo é estimado pelo comportamento médio dos quatro híbridos simples não parentais.

Quadro 15.1 – Número de linhagens parentais e sua correspondência com o número possível de diversos tipos de híbridos

| N de linhagens | Tipos de híbridos | | |
|----------------|-------------------|-----------------|----------------------|
| | Híbrido simples | Híbrido triplo | Híbrido duplo |
| 4 | 6 | 12 | 3 |
| 5 | 10 | 30 | 15 |
| 10 | 45 | 360 | 630 |
| 20 | 190 | 3.420 | 14.535 |
| 100 | 4.950 | 485.100 | 11.763.675 |
| | | | |
| N | $n(n-1)/2$ | $n(n-1)(n-2)/2$ | $n(n-1)(n-2)(n-3)/8$ |

A seguir é apresentado um dialélico (Quadro 15.2) entre quatro linhagens (L1, L2, L3 e L4) onde foram obtidos os resultados dos híbridos simples correspondentes (H 1.2, H 1.3, H 1.4, H 2.3, H 2.4 e H 3.4).

Quadro 15.2 - Dialélico com quatro linhagens endogâmicas

| Linhagens | L1 | L2 | L3 | L4 |
|-----------|------|-------|-------|-------|
| L1 | XXX | H 1.2 | H 1.3 | H 1.4 |
| L2 | ---- | XXX | H 2.3 | H 2.4 |
| L3 | ---- | ---- | XXX | H 3.4 |
| L4 | ---- | ---- | ---- | XXX |

A produtividade esperada dos híbridos duplos de acordo com o Método B de Jenkins será:

$$H\ 1.2 \times H\ 3.4 = \frac{1}{4} (H\ 1.3 + H\ 1.4 + H\ 2.3 + H\ 2.4)$$

$$H\ 1.3 \times H\ 2.4 = \frac{1}{4} (H\ 1.2 + H\ 1.4 + H\ 3.2 + H\ 3.4)$$

$$H\ 1.4 \times H\ 2.3 = \frac{1}{4} (H\ 1.2 + H\ 1.3 + H\ 4.2 + H\ 4.3)$$

PRODUÇÃO DE SEMENTE HÍBRIDA

Após testar os diferentes híbridos, é necessário produzir grandes quantidades de sementes híbridas para serem distribuídas aos agricultores. Um dos cuidados importantes é manter os campos de produção de semente híbrida isolados, para evitar a contaminação de pólen.

As linhagens que serão utilizadas para a produção de híbridos podem ser mantidas por autofecundação ou por polinização livre em campos isolados.

Nos campos de cruzamento, fileiras de linhagens masculinas e fileiras de linhagens femininas são intercaladas. Para a produção de híbrido simples, tem se como padrão intercalar uma linha masculina (baixo vigor) para duas linhas femininas. Para a produção de híbridos duplos, o padrão é utilizar duas fileiras masculinas para seis fileiras femininas. Vale lembrar que se deve plantar as fileiras femininas e masculinas para coincidência de maturação.

Os pendões (parte masculina) das fileiras femininas devem ser eliminados ainda imaturos. Esse processo pode ser feito manualmente ou mecanicamente. As fileiras masculinas são eliminadas antes da colheita das fileiras femininas.

A macho esterilidade pode ser usada para facilitar a produção de híbridos de milho. Neste caso, não haverá necessidade de despendoar as fileiras femininas, o que reduz o custo de produção.