

MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA A DOENÇAS

16

INTRODUÇÃO

O melhoramento para resistência a doenças é um dos principais objetivos do melhoramento. Isto porque o controle de doenças através do uso de variedades resistentes é o mais barato e de fácil utilização. Outras vantagens são a menor agressão ao meio ambiente (comparado com o uso de agrotóxicos), ao agricultor (que fica menos exposto aos agrotóxicos) e ao consumidor que pode consumir produtos sem agrotóxicos.

Um exemplo prático é o ataque da ferrugem asiática na soja, para a qual ainda não existem cultivares resistentes. A EMBRAPA estima que a redução de produção provocada por esta doença associada aos gastos com controle químico somaram 2 bilhões de reais, somente na safra 2003/2004 (<http://www.cnpso.embrapa.br>)

Em algumas espécies, o controle de importantes doenças só é feito através da utilização de variedades resistentes. Por exemplo temos: ferrugens e carvões em cereais e cana-de-açúcar; murchas vasculares em hortaliças; e viroses na maioria das culturas.

Segundo Michereff (2001), três etapas básicas devem ser

consideradas em qualquer programa de obtenção e utilização de variedades resistentes:

- 1) Identificar fontes de resistência, ou seja, identificar no germoplasma genótipos que possuam genes de resistência;
- 2) Incorporar estes genes em cultivares comerciais por meio dos métodos de melhoramento;
- 3) Após a obtenção de um cultivar resistente, traçar a melhor estratégia para que a resistência seja durável face à natureza dinâmica das populações patogênicas.

VARIABILIDADE DOS PATÓGENOS/RAÇAS FISIOLÓGICAS

Um dos problemas que os melhoristas têm que enfrentar é a variabilidade dos organismos fitopatogênicos (fungos, bactérias, vírus e nematóides).

O termo *raça fisiológica* vem sendo utilizado para descrever os patógenos da mesma espécie, morfologicamente semelhantes e com mesma virulência. Patógenos de distintas raças fisiológicas apresentam diferentes níveis de virulência.

As raças fisiológicas são identificadas ou diferenciadas pela reação que causam num grupo selecionado do hospedeiro cujos componentes são denominados variedades diferenciadoras (Bueno et al., 2001). Em geral existem apenas dois tipos de reação: resistência e susceptibilidade. O quadro 16.1 mostra a reação de várias cultivares de feijão a diferentes raças fisiológicas de antracnose (*Colletorichum lindemuthianum*).

É muito importante para o melhorista conhecer as raças fisiológicas das principais doenças na cultura que ele está trabalhando. O aparecimento ou introdução de novas raças de um patógeno pode “quebrar” a resistência de uma cultivar a determinada doença. O melhorista precisa então introduzir novos

genes de resistência para essa nova raça fisiológica.

FONTES DE RESISTÊNCIA

Podemos utilizar diferentes fontes de germoplasma como doadoras de genes de resistência. A melhor fonte são as variedades adaptadas com alto potencial produtivo ou variedades crioulas. Na falta de resistência no material comercial, o melhorista pode utilizar germoplasma selvagem obtido do centro de diversidade da espécie.

Quando genes de resistência não são encontrados no germoplasma da espécie, podemos tentar obter essa resistência em espécies aparentadas, através de cruzamento interespecífico.

No caso da resistência ser derivada de um ou pouco genes, ela pode ser introduzida em uma cultivar comercial através do método dos retrocruzamentos. No caso de cruzamento interespecífico, temos de fazer a introgressão do germoplasma exótico, através de sucessivos retrocruzamentos com a espécie na qual queremos introduzir a resistência.

Temos um bom exemplo de busca de genes de resistência através do cruzamento interespecífico em café. Híbrido de Timor e Icatu são híbridos interespecíficos utilizados para a transferência de genes de resistência à ferrugem-do-cafeeiro, da espécie *Coffea canephora* para *C.arabica*. Híbrido de Timor é resultante de hibridação natural entre estas duas espécies, enquanto Icatu foi obtido por polinização artificial. A cultivar IAPAR 59 originou-se do cruzamento entre *Coffea arabica*, Villa Sarchi 971/10 e o Híbrido de Timor 832/2 , realizado no CIFC - Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro, em Portugal.

De qualquer forma, a conservação de variabilidade genética em bancos de germoplasma é muito importante para garantir que genes de resistência presentes em variedades selvagens, crioulas ou espécies aparentadas não sejam perdidos. Além da conservação,

também é importante a caracterização das diferentes fontes de germoplasma para a resistência a diferentes doenças.

Com o avanço das técnicas de biologia molecular e transgenia, já é possível a utilização de genes de resistência de espécies não aparentadas ou mesmo de animais e microorganismos. Maiores informações sobre plantas transgênicas podem ser obtidas no capítulo 17.

RESISTÊNCIA VERTICAL E HORIZONTAL

A resistência pode ser classificada de acordo com sua efetividade contra raças do patógeno. Segundo Vanderplank (1963), existem resistências que são efetivas contra algumas raças do patógeno e resistências que são efetivas contra todas as raças. No primeiro caso, temos as resistências verticais, ao passo que no segundo caso temos as resistências horizontais.

A Figura 16.1 mostra a reação de duas variedades de batata (Maritta e Kennebec) à infecção por diversas raças fisiológicas de *Phytophthora infestans*. As duas variedades têm resistência vertical às raças (0), (2), (3), (4), (2,3), (3,4) e (2,3,4). Já a resistência às raças (1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,2,3), (1,2,4), (1,3,4) e (1,2,3,4) é horizontal, sendo que a variedade Kennebec é mais resistente.

O controle genético: na maioria dos casos, a resistência vertical é do tipo monogênica enquanto a resistência horizontal é do tipo poligênica.

Durabilidade: de forma geral a resistência vertical é de curta duração, pois os patógenos têm capacidade de quebrá-la, quando aparecem ou são introduzidas novas raças para as quais as cultivares não tem resistência. Já a resistência horizontal parece ser mais durável, pois ela se mantém mesmo com o aparecimento de novas raças do patógeno.

Efeitos na epidemia: a resistência vertical, por ser efetiva apenas contra algumas raças do patógeno, age no sentido de

reduzir a quantidade de inóculo inicial, fazendo com que o início da epidemia seja atrasado. Já a resistência horizontal, reduz a taxa de desenvolvimento da doença, sem afetar significativamente o inóculo inicial.

A resistência horizontal está presente em maior ou menor grau em todas as espécies de hospedeiros. Os genes que determinam este tipo de resistência não são específicos, mas sim genes que normalmente existem em plantas sadias, regulando os processos fisiológicos normais.

A resistência horizontal tende a ser perdida quando as culturas são melhoradas para resistência vertical, ou quando elas são melhoradas sobre proteção de agroquímicos. Consequentemente, a maioria das cultivares modernas tem uma resistência horizontal consideravelmente menor que as cultivares de 1900s.

TEORIA GENE-A-GENE DE FLOR DE FLOR INTERAÇÃO PATÓGENO-HOSPEDEIRO

H.H.Flor, estudando a ferrugem-do-linho nos Estados Unidos, foi o primeiro cientista a determinar uma interação entre planta e patógeno. Segundo a hipótese de Flor, *para cada gene que condiciona uma reação de resistência no hospedeiro existe um gene complementar no patógeno que condiciona a avirulência*. Essa interação ficou conhecida como teoria da interação gene a gene

De acordo com o conhecimento atual da interação gene a gene, o alelo de avirulência (V) codifica uma molécula elicitora que é reconhecido por um receptor específico (codificado pelo alelo R) na planta hospedeira. O reconhecimento da molécula elicitora inicia uma rota de transdução de sinais que ativam genes envolvidos na resposta de hipersensibilidade. Por outro lado, se o patógeno não possuir o gene de avirulência, este não será reconhecido pelo hospedeiro, resultando em interação compatível (susceptibilidade). A resistência só ocorre quando o

hospedeiro possui o gene de resistência (R) e o patógeno o gene de avirulência (V) correspondente. Qualquer outra situação resulta em susceptibilidade (Tabela ou Quadro 16.2).

Tabela 16.2. Reações diferenciais compatível (+) e incompatível (-), possíveis entre plantas possuidoras de genes de resistência (R) e susceptibilidade (r), e raças do patógeno contendo um gene de avirulência (V) ou de virulência (v), de acordo com a interpretação fisiológica da hipótese gene-a-gene de Flor.

Gene do patógeno	Gene do hospedeiro	
	R	r
V	-	+
v	+	+

ESTRATÉGIAS PARA AUMENTO DE RESISTÊNCIA

As cultivares modernas de plantas autóгамas apresentam grande vulnerabilidade por serem homogêneas, já que são constituídas de uma única linha pura. A grande variabilidade dos patógenos faz com que a resistência vertical contida nessas cultivares tenha uma vida útil curta. A seguir, vamos mostrar algumas estratégias tem sido propostas para tentar prolongar sua vida útil.

Piramidação de genes

Nesta estratégia, vários genes de resistência vertical a um determinado patógeno serão incorporados no mesmo genótipo. Ela parte da premissa que é muito difícil o aparecimento de uma “super raça” do patógeno, contendo todos os genes de virulência

necessários para quebrar esta combinação de genes de resistência.

O processo de obtenção de variedades através da piramidação de genes geralmente é lenta. Os genes de resistência vertical são incorporados por retrocruzamento. O uso de piramidação de genes tem sido preconizado para controlar a ferrugem do feijoeiro.

Rotação de genes

O princípio deste método é o mesmo da rotação de culturas. Neste caso, as variedades que serão utilizadas na rotação possuem genes de resistência a diferentes raças fisiológicas do patógeno. A principal função desta estratégia é diminuir a pressão de seleção sobre o patógeno.

Um lado negativo desta estratégia é que os agricultores não gostam de trocar de variedade.

Multilinhas

Multilinhas são uma mistura de linhagens (ou linhas puras) isogênicas, isto é, que diferem entre si por possuírem diferentes genes de resistência vertical a determinado patógeno. As multilinhas têm sido utilizadas no controle de doenças de plantas autógamas tais como trigo e aveia.

As multilinhas são obtidas através do método dos retrocruzamentos, sendo que cada linha recebe genes de resistência a uma ou algumas raças predominantes do patógeno.

Ação das multilinhas: nas multilinhas as plantas resistentes à determinada raça se constituem em uma barreira para a dispersão de esporos das plantas suscetíveis. Apesar das plantas suscetíveis serem infectadas, há uma diminuição na concentração e dispersão dos esporos. Isto atrasa o ataque e faz com que os prejuízos com a doença sejam diminuídos.

Apesar da resistência vertical, a ação das multilinhas se

assemelha à da resistência horizontal. A grande vantagem do uso das multilinhas é sua estabilidade.

USO DA BIOTECNOLOGIA

A biotecnologia pode ser utilizada para obtenção de variedades com maior resistência a doenças. Podemos utilizar a biotecnologia para entendermos melhor o processo de infecção, para introdução de transgenes e para auxiliar na seleção de materiais resistentes com o uso de marcadores moleculares.

Entendimento do processo de infecção

Através da utilização das técnicas de biologia molecular tem sido possível identificar e clonar os genes envolvidos no processo de infecção, tanto do patógeno como o de plantas. Com estas informações, será possível entender os genes envolvidos no processo de doença e no processo de defesa da planta. O conhecimento destes mecanismos são muito importantes para que os melhoristas possam desenvolver estratégias de melhoramento mais eficientes de controle de doenças em plantas.

Uso de marcadores moleculares

Uso de transgenia

A transformação genética de plantas pode ser utilizada para a introdução de transgenes visando a obtenção de variedades resistentes.