

VARIABILIDADE GENÉTICA DE PATÓGENOS E RESISTÊNCIA DE CULTIVARES

Carlos Roberto Casela (1)

1. INTRODUÇÃO

A resistência genética de plantas a doenças tem sido um dos principais pilares de sustentação da agricultura moderna. Essa estratégia é, ao mesmo tempo, o meio mais eficiente, econômico e seguro, do ponto de vista ambiental, de se controlar doenças de plantas. Atualmente, todos os alimentos consumidos pelo homem são provenientes, direta ou indiretamente, de cultivares protegidas de uma ou mais doenças através da resistência genética. Do ponto de vista do agricultor, a resistência genética é a medida de controle mais atraente, já que não requer nenhuma atividade extra durante o ciclo da cultura, é compatível com outras medidas de manejo, além de ser, muitas vezes, suficiente para o controle de determinada doença.

Um dos principais problemas enfrentados por melhoristas e fitopatologistas é a manutenção da durabilidade da resistência genética a doenças, que pode ser, muitas vezes, "quebrada" ou reduzida pelo desenvolvimento de novas raças na população de patógenos capazes de se adaptarem à resistência presente em cultivares comerciais.

A baixa durabilidade da resistência tem, em determinadas situações, prejudicado o desenvolvimento de cultivares com maior potencial de produtividade, visto que a maior parte dos esforços de um programa de melhoramento pode, eventualmente, ser direcionado para a substituição de cultivares cuja resistência já foi superada pelo patógeno. Entretanto, avanços obtidos no conhecimento sobre o comportamento de patógeno em comunidades de plantas têm aberto novas possibilidades para o manejo da própria resistência genética, permitindo o estabelecimento de sistemas hospedeiros - patógenos estáveis e com o mínimo de perdas na produtividade.

(1) Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, 35701-970 Sete Lagoas (MG).

Mecanismos como a mutação, recombinação sexual, parassexualidade, heterocariose, herança citoplasmática e a ação de transposons são importantes na geração de variabilidade em fungos fitopatogênicos e influenciam, evidentemente, no potencial de

adaptação desses organismos aos genes de resistência do hospedeiro e não serão objetos de

discussão neste trabalho. Qualquer que seja o mecanismo a gerar variabilidade na população do patógeno, sua expressão vai depender basicamente de sua capacidade de sobreviver. Mutantes, por exemplo, originam-se naturalmente na população de um patógeno em genótipos do hospedeiro suscetível a ele. Esses mutantes estão, portanto, escondidos e vão se expressar apenas quando entrarem em contato com um genótipo anteriormente resistente. Forças como a seleção, fluxo de genes e deriva genética são importantes mecanismos a direcionar a variabilidade genética existente na população de um patógeno.

2. VARIABILIDADE DE PATÓGENOS VERSUS DURABILIDADE DA RESISTÊNCIA

A resistência de plantas a patógenos pode ser detectada através de dois tipos de resposta do hospedeiro: a resistência ao estabelecimento do parasita ao restringir o sítio e o processo de infecção e a resistência à colonização e ao crescimento do parasita após a infecção. A resistência ao estabelecimento da infecção é designada por vários termos como hipersensibilidade, resistência específica, resistência não-uniforme, resistência vertical ou resistência de genes maiores. A resistência à colonização e ao crescimento subsequente à infecção é uma resposta do hospedeiro normalmente denominada de resistência de campo, resistência generalizada, resistência uniforme, resistência não-específica, resistência horizontal, resistência multigênica, resistência poligênica e resistência de genes menores. Essa forma de resistência é, algumas vezes, erroneamente referida como tolerância.

A resistência vertical ou específica é de alta eficiência contra algumas raças de um patógeno, e ineficiente contra outras raças. É reconhecido que esse tipo de resistência está normalmente associado à possibilidade de quebra pelo surgimento de novas raças e que o patógeno, normalmente, precisa de uma única alteração genética para vencer um único gene de resistência. Esse tipo de resistência atua reduzindo a quantidade de inóculo inicial disponível para o início de uma epidemia.

Após o estabelecimento dos sítios de infecção o patógeno vai colonizar seu hospedeiro, seguindo-se um período de reprodução, que representa a produção de inóculo para os ciclos subsequentes de infecção.

Diversos mecanismos de resistência podem atuar após o estabelecimento dos sítios de infecção e todos, em geral, restringem a extensão com que o patógeno pode colonizar o tecido hospedeiro e a produção de inóculo pelo patógeno para os ciclos de infecção subsequentes dentro de um mesmo ciclo da cultura. Essa forma de resistência está, normalmente, associada à idéia de estabilidade, devido, segundo alguns autores, à sua natureza poligênica uma vez que, teoricamente, diferentes mudanças genéticas são necessárias para o patógeno vencer essa resistência. A perda desse tipo de resistência ocorreria de forma gradual e, raramente, seria total.

Há a tendência de se associar apenas a resistência horizontal à idéia de resistência durável, o que não é necessariamente verdadeiro uma vez que a resistência vertical pode ser também durável. A resistência durável é definida como aquela que permanece efetiva enquanto uma cultivar resistente for amplamente cultivada em um ou mais ambientes favoráveis à doença. Essa característica de durabilidade é reconhecida de forma retrospectiva. Uma vez identificada, essa forma de resistência deve ser tratada como um recurso de alto valor, tanto para utilização em programas de melhoramento, quanto para investigações futuras sobre as causas da sua durabilidade.

A durabilidade pode ser influenciada por vários fatores: a durabilidade inerente à própria resistência, a variabilidade do patógeno, os ciclos do patógeno e do hospedeiro, a área de plantio atingida pelas cultivares resistentes e suscetíveis e a influência de fatores epidemiológicos sobre a população do patógeno.

3. VARIABILIDADE DE PATÓGENOS VERSUS RESISTÊNCIA A DOENÇAS NA CULTURA DO MILHO

No caso específico da cultura do milho, o uso de cultivares resistentes é hoje imperativo, como forma de se garantir a estabilidade da produção. Historicamente, a ênfase nos programas de melhoramento de milho no Brasil foi, até há pouco tempo, direcionada para o desenvolvimento de cultivares com alto potencial produtivo e com tolerância e/ou adaptabilidade a fatores abióticos adversos. Verificou-se, a partir do início da década de 1990, um aumento na severidade e na incidência de doenças na cultura.

Vários fatores estiveram e ainda estão, de certa forma associados a esse aumento, tais como o cultivo intensivo de milho em áreas irrigadas (principalmente sob pivot central), o plantio sucessivo em uma mesma área sem o uso de rotação com culturas não suscetíveis, como se verifica em áreas onde se utiliza o plantio direto, o baixo grau de resistência das cultivares comerciais e, finalmente, o próprio aumento da área de plantio com a cultura tanto em época normal quanto em plantio de safrinha. Esta situação indica, claramente, que no presente e no futuro próximo os programas de melhoramento deverão dar prioridade ao desenvolvimento de cultivares superiores, do ponto de vista de resistência genética a doenças.

Populações de plantas hospedeiras, normalmente, determinam alterações na população de patógenos pela pressão de seleção exercida pelos seus genes de resistência, sobre os genes de virulência correspondentes no patógeno. Após o lançamento de uma nova cultivar resistente, o aumento de sua área de plantio determina a seleção de raças do patógeno adaptadas a essa resistência. Por outro lado, genes de virulência desnecessários podem determinar, através da seleção estabilizadora, uma desvantagem seletiva ao patógeno na ausência dos genes correspondentes de resistência no hospedeiro. No caso de patógenos necrotróficos, cuja importância é crescente com a intensificação do uso das técnicas de plantio direto, dependendo da força dos genes de resistência, quanto maior o número de genes de virulência no patógeno, menor será, teoricamente, sua capacidade de sobrevivência em restos culturais. Esse é um aspecto que deverá merecer maior atenção nos próximos anos.

4. COMENTÁRIOS FINAIS

A utilização de resistência horizontal no manejo de doenças na cultura do milho, já vem sendo utilizada de forma mais intensa, sendo a seleção de materiais geneticamente resistentes realizada sem um conhecimento adequado sobre a população do patógeno e sobre o seu controle genético. Alguns autores consideram que a maior estabilidade dessa forma de resistência está na sua natureza poligênica, uma vez que, para se adquirir a capacidade de vencer essa resistência, uma raça teria que vencer a resistência condicionada por diversos genes.

Trabalhos sobre a genética da resistência a algumas doenças em milho, contudo, têm indicado um controle exercido por poucos genes

com a predominância de ação gênica aditiva. Dois aspectos devem ser considerados na utilização desta forma de resistência, de forma intensiva no manejo de doenças em milho: o primeiro é a necessidade de se avaliar a possibilidade de serem selecionadas, a médio ou a longo prazo, raças adaptadas a essa resistência, ou seja, mais agressivas a cultivares com esse tipo de resistência e o segundo, sua estabilidade em relação a diferentes populações do patógeno, ou seja, a possibilidade de que pelo menos parte desta resistência seja do tipo vertical incompleta.

É possível manejar doenças na cultura do milho por meio da resistência vertical? Essa questão merece uma maior atenção do que aquela que tem recebido até o momento. É preciso considerar a possibilidade de que o plantio de cultivares com níveis mais elevados de resistência quantitativa resulte em uma adaptação do patógeno, como já referido anteriormente.

Outro ponto importante é o fato de o plantio de milho no Brasil ser realizado de forma quase contínua, o que tende a favorecer o aumento do potencial de inóculo de raças já existentes e a rápida disseminação de novas raças com maior agressividade, podendo, em médio prazo, fazer com que os níveis de resistência horizontal sejam insuficientes para o controle da doença. Há necessidade de que esses aspectos sejam mais bem avaliados por parte da pesquisa, para que a utilização dessa forma de resistência seja feita em bases mais científicas.

Se considerarmos o controle total exercido sobre o desenvolvimento da doença, essa seria a forma de resistência mais adequada para fazer frente ao alto potencial de inóculo existente nas condições brasileiras, para a maioria dos patógenos de milho.

Esse tipo de resistência, como já se sabe, pode exercer alta pressão de seleção sobre a população do patógeno resultando no surgimento e disseminação de raças de alta virulência, cujas conseqüências são bem conhecidas, principalmente em seus aspectos econômicos.

Não seria diferente com a cultura do milho se a resistência vertical fosse utilizada da mesma forma como em outros patossistemas. Há que se considerar, sobretudo, os efeitos dos genes de resistência vertical sobre a evolução do patógeno.

É importante que a utilização da resistência genética, como estratégia para o manejo de doenças na cultura do milho, seja feita de forma coordenada e fundamentada em conhecimentos sobre as populações dos patógenos a serem manejados.

REFERÊNCIAS

- APPLE, J. L. **The theory of plant disease management**. In: Horsefall, J.G.; Diamond, E. (Ed). **Plant pathology**: an advanced treatise. New York: Academic Press, 1977. p. 79-101.
- BARRET, J.A.; WOLFE, M.S. Multilines and super races: a reply. **Phytopathology** v. 68, p. 1535-1537, 1978.
- BAILEY, B. A., SCHUH, W., FREDERIKSEN, R. A., BOCKHOLT, A. J. & SMITH, J. D. Identification of slow rusting resistance to *Puccinia polysora* in maize inbreds and single crosses. **Plant Disease**, v. 71, p. 518-521, 1987.
- BORLAUG, N.E.; GIBLER, J.W. The use of flexible composite wheat varieties to control the constant changing stem rust pathogen. **Agronomy Abstract**, v. 81, 1953.
- CASELA, C.R.; FERREIRA, A.S.; ZELLER, K.A.; LEVY, M. Pathotype variation in the sorghum anthracnose fungus: a phylogenetic perspective for resistance breeding. In: Leslie, J. F.; Frederiksen, R.A. (Eds.). **Disease Analysis through Genetics and Biotechnology**: Interdisciplinary Bridges to Improved Sorghum and Millet Crops. Ames: Iowa State University Press, 1995. p. 257-276.
- CRILL, P. An assessment of stabilizing selection in crop variety development. **Annual Review of Phytopathology**, v. 15, p. 165-202, 1977.
- FREDERIKSEN, R. A. Disease Management in Maize. In: CASELA, C.R.; RENFRO, B.L.; KRATTIGER, A. F. (Eds). **Diagnosing Maize Diseases in Latin America**. New York: ISAAA. p. 46-52. (ISAAA Briefs No. 9)
- JENKINS, M. T.; ROBERT, W. R.; FINDLEY, W. R. Recurrent selection as a method for concentration genes for resistance to *Helminthosporium turcicum* leaf blight in corn. **Agronomy Journal**, v. 46, p. 89-94, 1954.
- KNOTT, D. R. Using race-specific resistance to manage the evolution of plant pathogens. **Journal of Environmental Quality**, v. 1, n. 3, p. 227-231, 1972.
- LEONARD, K. J. Stability of equilibria in a gene-for-gene coevolution model of host-parasite interactions. **Phytopathology**, v. 84, p. 70-77, 1994.
- VANDERPLANK, J. E. **Disease Resistance in Plants**. Orlando: Academic Press, 1984. 194 p.