



Elizabeth de Oliveira

Desde que foi reconhecido o valor da resistência genética para o controle de doenças de plantas, no início do século passado, muitos melhoristas têm concentrado esforços na obtenção de cultivares resistentes. Recentemente, face às vantagens evidentes do uso de cultivares resistentes a doenças, que incluem eficácia do controle, redução em custos e, principalmente, redução no uso de produtos químicos, que podem direta, ou indiretamente, contribuir para a poluição ambiental, essa tecnologia tem sido, algumas vezes, referida como "tecnologia limpa".

De forma geral, a resistência das plantas a doenças, tem sido classificada em dois tipos distintos: "resistência vertical" (monogênica ou oligogênica ou qualitativa) e "resistência horizontal" (poligênica, ou quantitativa). Embora uma determinada variedade, linhagem ou cultivar, possa ser identificada por possuir um desses tipos de resistência, em relação a uma doença específica, na maioria das vezes, esses dois tipos de resistência ocorrem simultaneamente naquele genótipo, porém com predominância dos efeitos de um tipo, em relação ao outro.

Enquanto uma planta com resistência vertical, pode ser totalmente resistente a um patógeno, uma planta com resistência horizontal nunca é totalmente resistente, ou totalmente susceptível. A resistência vertical é direcionada contra determinadas raças do patógeno, e por isso, pode ser "quebrada", enquanto a resistência horizontal, embora incompleta, pode ser considerada mais durável. Assim, dependendo da raça do patógeno utilizada para infectar uma determinada variedade de planta com resistência vertical, ela será resistente a uma raça e susceptível a outra. No caso da resistência horizontal, diferentes variedades podem ter um certo, mas não o mesmo nível de resistência ao patógeno.

Por outro lado, a população de um patógeno também possui variabilidade genética, quanto aos mecanismos de patogenicidade, podendo, algumas variantes, vencer a resistência da variedade. Muitas vezes, uma determinada raça de um patógeno existe em baixa incidência na população do patógeno, podendo aumentar, em decorrência da pressão de seleção que pode ser exercida por uma determinada cultivar resistente a determinadas raças e não àquela raça específica.

O conhecimento de características da resistência de uma determinada espécie vegetal, a um determinado patógeno, bem como, sobre a variabilidade desse patógeno, é importante, não só para o desenvolvimento de cultivares resistentes, mas também para o estabelecimento de estratégias para o uso dessas cultivares, para controle da doença, de forma a preservar a resistência.

Entre as doenças do milho que necessitam mais estudos sobre características da resistência, destacam-se os enfezamentos causados por mollicutes. O Enfezamento Pálido (Figura 1) é causado por espiroplasma (*Spiroplasma kunkelii*), e o Enfezamento vermelho (Figura 2) é causado por um fitoplasma. Ambos patógenos são disseminados por um inseto-vetor, a cigarrinha *Dalbulus maidis* (Figura 3).

Na literatura internacional, há poucas informações disponíveis sobre o tipo de resistência do milho a cada um desses patógenos, sendo conhecido um relato com evidências de que a resistência ao espiroplasma é do tipo horizontal (Grogan et al., 1968), e nenhum relato sobre a resistência ao fitoplasma.

Em estudo sobre o controle genético da resistência do milho aos enfezamentos, sob condições de campo, cinco cultivares de milho, previamente selecionadas por possuírem diferentes níveis de resistência aos enfezamentos, foram cruzadas entre si, em esquema dialélico, obtendo-se as combinações híbridas e recíprocas, que foram cultivadas em Viçosa e em Sete Lagoas. Utilizando-se o teste de PCR (polimerase chain reaction) para detecção dos mollicutes em amostras coletadas ao acaso, em ambos os experimentos, foi comprovada a predominância de espiroplasma, em relação ao fitoplasma, considerando-se então os resultados obtidos, referentes ao Enfezamento Pálido. A avaliação da incidência de enfezamentos, nesses experimentos, foi feita através da determinação do percentual de plantas com sintomas (incidência), e através da atribuição de notas de 1 a 6, para determinação da severidade dos sintomas. A comparação entre os níveis de incidência permitiu melhor discriminação entre os níveis de resistência, em relação aos níveis de severidade. As combinações híbridas e recíprocas, entre os genitores resistentes, tornaram-se mais resistentes que os próprios genitores, indicando aumento na frequência de alelos favoráveis distintos, porém, de efeito aditivo. Analisando-se também os resultados dos outros cruzamentos, de forma geral, foi possível inferir que, os efeitos aditivos são predominantes na expressão da menor incidência dos sintomas de enfezamento. Pode-se considerar, portanto, que esses resultados, também confirmam a resistência do milho ao Enfezamento Pálido, sendo predominantemente de efeitos aditivos.

Recentemente, foi conduzido um experimento em casa de vegetação, em que 30 linhagens endogâmicas de milho (S6 e S8) foram submetidas ou não à inoculação, isoladamente, com espiroplasma ou com fitoplasma. As plantas foram conduzidas até o florescimento, quando foram cortadas para determinação da produção de matéria seca, após avaliação da incidência de sintomas dessas doenças. A presença dos mollicutes, nas plantas que apresentaram sintomas, e a ausência naquelas sem sintomas, foi confirmada através de teste de PCR (polimerase chain reaction) específicos para a detecção desses patógenos. De forma geral, os resultados sugerem que a resistência ao espiroplasma é do tipo horizontal, e a resistência ao fitoplasma é do tipo vertical, havendo ainda necessidade de mais estudos para confirmação, particularmente com referência ao fitoplasma. Nesse experimento, após calculada a média de produção de matéria seca das plantas sadias, determinou-se o percentual de redução na matéria seca, causado pela doença, em cada planta infectada, em relação a essa média, para cada linhagem. Obtidas as médias de redução causadas pela infecção por espiroplasma, e pela infecção por fitoplasma, para cada linhagem, fez-se uma distribuição de frequência relativa das linhagens, dentro de classes representadas pelos níveis de redução em matéria seca, sendo: 0 – 20%; 20,1 – 40%; 40,1 – 60%; 60,1 – 80%; 80,1 – 100%. Verificou-se que a maioria das linhagens infectadas por espiroplasma apresentaram níveis de redução em matéria seca, superiores a 50%. Por outro lado, a maioria das linhagens submetidas à inoculação com fitoplasma

apresentou resistência completa a esse patógeno. As linhagens consideradas com maior nível de resistência ao Enfezamento Pálido, apresentaram cerca de 80% das plantas com sintomas da doença e, em média, menos de 10% em redução da matéria seca, em relação às plantas saudas. As linhagens consideradas resistentes ao fitoplasma, apresentaram, em geral, 100% das plantas sem sintomas, e 0% de redução em matéria seca, em relação às plantas saudas.

Quatro linhagens consideradas resistentes ao espiroplasma, e quatro susceptíveis, selecionadas nesse experimento, foram submetidas ou não à inoculação com três isolados de espiroplasma, provenientes de plantas de milho cultivadas nos municípios de Uberlândia (MG), Dourados (MS) e Sete Lagoas (MG), cultivadas em vasos, sob condições de viveiro telado, protegido contra insetos. Aos 70 dias, após a semeadura, as plantas foram avaliadas quanto à incidência e severidade de sintomas do Enfezamento Pálido, e cortadas para determinação do peso seco e cálculo do percentual de redução causada pela inoculação, em relação às testemunhas saudas. A análise estatística mostrou significância para diferenças entre as linhagens, com relação ao percentual de redução na produção de matéria seca, e para a interação com os isolados. A comparação estatística entre os dois grupos, susceptíveis e resistentes, confirmou essa diferença em comportamento. A comparação entre as médias de percentual de redução causada pela inoculação, considerando-se linhagens e isolados, evidenciou maior estabilidade de comportamento daquelas do grupo resistente. As linhagens susceptíveis mostraram maior ou menor nível de resistência dependendo do isolado em questão. Foi detectada maior incidência de plantas com sintomas de Enfezamento Pálido entre as linhagens susceptíveis, em relação às resistentes.

A redução no crescimento de híbridos de milho, causada pelo Enfezamento Pálido é menor que a redução causada pela doença em linhagens utilizadas para a produção desses híbridos, o que evidencia efeito benéfico do vigor híbrido na resistência. Esse efeito foi verificado em experimento em que quatro isolados de espiroplasma foram inoculados, ou não, em quatro linhagens e em quatro híbridos de milho. As diferenças entre efeitos de redução em crescimento, causadas pelos diferentes isolados, embora não significativas, quando submetidas à análise estatística de variância, foi da ordem de 10%.

De forma geral, os resultados já obtidos nesses experimentos, podem contribuir para o estabelecimento de métodos efetivos para a seleção de materiais de milho com resistência a essas doenças, envolvendo, em determinada etapa, a inoculação, sob condições controladas. Até o momento, a seleção para a resistência aos enfezamentos, tem sido realizada de forma relativamente empírica, em campo, dependente da ocorrência errática dessas doenças, sem discriminação entre seus agentes causais e, muitas vezes, com limitações para a realização do diagnóstico.

Atualmente, a medida de controle mais eficiente, recomendável para o controle dos enfezamentos, é a diversificação e uso de cultivares resistentes. Essa medida, além de minimizar possíveis perdas, que possam ser causadas pelos enfezamentos, particularmente quando ocorrem em surtos epidêmicos, também contribui para evitar a adaptação de variantes do agente causal, naturalmente existentes na população, que podem se adaptar, ao longo do tempo, quebrando a resistência, quando uma única cultivar permanece exercendo pressão de seleção nessa população.

O controle dos enfezamentos através do controle do vetor, pode não ser efetivo, dependendo da quantidade e da continuidade do fluxo de entrada de cigarrinhas infectivas na lavoura. Em experimentos sob condições controladas, foi demonstrado que os inseticidas tiamethoxan e imidacloprid, matam cerca de 70% das cigarrinhas *D. maidis*, até 30 dias após a sementeira de sementes tratadas com esses produtos. Porém, quando se utilizaram cigarrinhas infectivas nesses experimentos, embora as cigarrinhas sejam controladas pelos inseticidas, 100% das plantas tornaram-se infectadas pelos mollicutes, que são transmitidos para a planta, no momento em que a cigarrinhaingere a seiva com o inseticida, e não são sensíveis a esses produtos. Por isso, embora o uso desses inseticidas possa, em princípio, reduzir a quantidade de inóculo presente na área, em função da morte das cigarrinhas infectivas, a efetividade do controle dos enfezamentos, pode não ser satisfatória, em função do fluxo de entrada de outras cigarrinhas infectivas.

Por outro lado, o escape dessas doenças, em função da época de plantio, pode ser dependente do acúmulo de inóculo nas imediações do local de plantio, em função das variações em datas de plantio de outras lavouras, que podem servir de fonte de inóculo. As cigarrinhas sempre migram das lavouras doentes, particularmente no momento da colheita, para as lavouras recém-estabelecidas, com plântulas saudáveis.

Referências Bibliográficas

CASTANHEIRA, A.L.M.; SOUZA, I.R.P.; PAIVA, E.; OLIVEIRA, C.M.; MAGALHÃES, P.C.; OLIVEIRA, E. Crescimento de linhagens e híbridos de milho infectados com isolados de espiroplasma. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO, Cuiabá, 2004.

GROGAN, C.O.; ROZENKRANZ, E.E. Genetic of host reaction to corn stunt virus. **Crop Science**, Madison, v.8. p.251-254, 1968.

OLIVEIRA, C. M.; CRUZ, I.; LOPES, J. R. S. Controle do vetor *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) (DeLong & Wolcott, 1923) e dos enfezamentos causados por mollicutes através do tratamento inseticida de sementes de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 19., 2002, Manaus. **Resumos**. Manaus: FUA, 2002. p.135.

OLIVEIRA, E.; GAMA, E.E.G.; OLIVEIRA, A.C. Desenvolvimento de linhagens de milho infectadas por diferentes isolados geográficos de *Spiroplasma kunkelii* Whitcomb. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA. Gramado, 2004.

OLIVEIRA, E.; OLIVEIRA, C.M. (Ed). **Doenças em milho: mollicutes, vírus, vetores, mancha por *Phaeosphaeria***. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 394 p. No Prelo

SILVA, R.G.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, E. Controle genético da resistência aos enfezamentos do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, n.8, p.921-928, 2003.

SILVA, R.G.; GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V.; OLIVEIRA, E. Identificação dos níveis e fontes de resistência aos enfezamentos do milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.3, p.18-29, 2002.



Figura 1 - Enfezamento Pálido



Figura 2 - Enfezamento Vermelho



Figura 3 - Ciperídeo Debolito vermelho



XXV Congresso Nacional de Milho e Sorgo - 29/08 a 02/09 de 2004 - Cuiabá - Mato C
