

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO PERICARPO DE SEMENTES DE MILHO ASSOCIADAS COMA TOLERÂNCIA À ALTA TEMPERATURA DE SECAGEM¹

SOLANGE CARVALHO BARRIOS ROVERI JOSÉ², ÉDILA VILELA DE RESENDE VON PINHO³, RENZO GARCIA VON PINHO⁴, MAGNO ANTÔNIO PATTO RAMALHO⁵, JOÃO LUIS DA SILVA FILHO⁶

RESUMO – Diferenças na tolerância das sementes de milho à alta temperatura de secagem têm sido relacionadas às características físicas do pericarpo. O objetivo desta pesquisa foi avaliar aspectos anatômicos do pericarpo de sementes de milho associados à tolerância das sementes a alta temperatura de secagem. Foram utilizadas sementes de híbridos simples e de seus híbridos simples recíprocos que apresentavam comportamento diferenciado quanto à tolerância aos danos por secagem. As sementes foram colhidas manualmente em espigas com teor de água em torno de 35% e secadas a 45°C até atingirem o conteúdo final de água de aproximadamente 8%. A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio do teste de germinação, teste de frio sem solo e envelhecimento acelerado. Seções de 20 mm foram feitas em micrótomo a -20 °C para a avaliação anatômica do pericarpo das sementes. Sementes de milho que apresentam estrutura do pericarpo mais densa, formada por células mais compactadas, são mais sensíveis à alta temperatura de secagem.

Termos para indexação: *Zea mays*, qualidade fisiológica, danos térmicos.

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF CORN SEED PERICARP ASSOCIATED WITH HIGH DRYING TEMPERATURE TOLERANCE

ABSTRACT – Differences in seed tolerance to high drying temperature have been related to the physical characteristics of the pericarp. The objective of this research was to evaluate physical aspects of the pericarp that could be associated with tolerance to high drying temperature. Seeds from simple hybrids and their reciprocal simple hybrids that present differentiated behavior for tolerance by drying damage, were used. The seeds were harvested by hand on corn cobs with water content near 35% and dried at 45°C to 8% water content. The physiological quality of the seeds was evaluated through the germination test, cold test without soil and accelerated aging. Twenty micron-thick sections were made with a freezing microtome at -20°C for pericarp physical assessment of the seeds. Corn seeds that present denser pericarp structure, formed by more compact cells, is more sensitive to high drying temperature.

Index terms: *Zea mays*, physiological quality, drying damage

INTRODUÇÃO

Dentre as operações de pós-colheita destaca-se a secagem artificial que tem maior relevância quando se trata de colheita de sementes de milho em espigas com elevado teor de água.

Apesar das vantagens que apresenta, a secagem artificial tem sido causa de danos nas sementes, com significativas reduções na sua qualidade fisiológica. A intensidade desses danos varia com as condições de secagem, com a qualidade e teores de água iniciais das sementes, aliados aos aspectos genéticos

¹ Submetido em 08/03/2004. Aceito para publicação em 28/09/2004. Parte da Tese de Doutorado em Fitotecnia, área de concentração Sementes - UFLA, pela primeira autora. Desenvolvido com recursos da CAPES.

² Eng. Agrônoma, Dra., Depto. Agricultura - Setor Sementes - Universidade Federal de Lavras - UFLA, Caixa Postal 37, CEP: 37200-000, Lavras-MG. E-mail: marsol@ufla.br (autor para correspondência);

^{3 e 4} Eng. Agrônomos., Drs., Professores do Departamento de Agricultura da UFLA. E-mail: edila@ufla.br e renzo@ufla.br;

⁵ Dr. Prof. do Departamento de Biologia; e-mail: magnoapr@ufla.br;

⁶ Pesquisador Embrapa/CNPq, Campina Grande; e-mail: joaoluis@cnpa.embrapa.br

(Chen & Burris, 1991).

A remoção de água das sementes durante a secagem pode causar alterações químicas, físicas e biológicas, tornando críticas as condições de realização da secagem. Reduções na qualidade fisiológica das sementes são, em geral, acompanhadas pelo aumento na liberação de eletrólitos e açúcares pelas sementes embebidas em água, relacionado à perda de permeabilidade seletiva das membranas celulares (Vieira, 1994). Baker et al. (1991) reforçaram a hipótese de que a redução da germinação, com secagem a altas temperaturas, é devida aos danos na membrana celular ou à desorganização de componentes celulares.

Temperaturas elevadas de secagem ainda podem resultar em redução no número e tamanho do grão de amido em eixo embrionário de sementes de milho. Uma maior lixiviação de açúcares e hidrólitos ocorreu em sementes secadas a 50°C em relação às secadas a 35°C, podendo ser um indicativo do aumento da permeabilidade das membranas, em razão de maiores danos nos componentes das membranas celulares (Seyedin et al., 1984). Por outro lado, Herter & Burris (1989) sugeriram que o aumento da permeabilidade das membranas seria apenas um dos fatores responsáveis pelo dano térmico, podendo a integridade do pericarpo, por exemplo, afetar a condutividade elétrica dos exsudatos liberados pelas sementes de milho.

Durante o desenvolvimento da semente, juntamente com a formação do embrião e do endosperma ocorre o crescimento das paredes do ovário que revestirão a semente, constituindo no pericarpo. O pericarpo é, portanto, um tecido materno independente da fertilização. O pericarpo tem sido associado à velocidade de secagem de sementes de milho. Purdy & Crane (1967) constataram que as diferenças na taxa de secagem entre sementes híbridas de milho não foram relacionadas aos processos metabólicos dentro do grão, mas sim às características físicas do pericarpo. Foram observadas variações na espessura e estrutura do pericarpo da região dorsal a qual está localizada no lado oposto do embrião das sementes, demonstrando que materiais que apresentaram uma taxa de secagem lenta também possuem um pericarpo mais espesso e mais denso quando comparados com híbridos com taxa de secagem mais elevada. Maior permeabilidade do pericarpo foi associada com secagem mais rápida, sugerindo que diferenças na estrutura podem ser uma característica importante no processo de secagem. Porém, esses autores salientaram que uma permeabilidade menor não significa necessariamente que a taxa de perda de água em grãos maduros seja menor, pois outros fatores, tais como pressão osmótica

do endosperma, podem superar esta tendência.

Cardoso (2001), avaliando híbridos de milho doce, detectou alterações no desempenho, quando ocorreram mudanças na posição dos genitores maternos e paternos, evidenciando a importância do efeito recíproco para a espessura do pericarpo. As diferenças fenotípicas foram significativas e as sementes dos híbridos com menor espessura do pericarpo eram provenientes de genitores femininos que apresentavam esse fenótipo.

Pesquisar aspectos do pericarpo que poderiam estar influenciando no processo de secagem das sementes e conseqüentemente na sua qualidade, auxiliaria na seleção de genótipos tolerantes à alta temperatura de secagem, o que proporcionaria uma redução no tempo de secagem das sementes de milho.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar aspectos anatômicos do pericarpo das sementes de milho associados à tolerância à alta temperatura de secagem.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas sementes de híbridos simples e respectivos recíprocos provenientes de linhagens de milho cedidas pela empresa GeneSeeds – Recursos Genéticos em Milho Ltda. A colheita das espigas foi realizada quando as sementes atingiram aproximadamente 35% de teor de água. As espigas foram colhidas manualmente e em seguida submetidas à secagem artificial a 45°C até atingirem o conteúdo de água de aproximadamente 8%. Para a secagem das espigas foram utilizados secadores experimentais de pequena escala, construídos de acordo com Navratil & Burris (1982), e o fluxo de ar utilizado foi de 23,0 m³min⁻¹t⁻¹.

As sementes, retidas na peneira 16 de crivo circular, foram tratadas com os fungicidas Tecto 600® (60g do produto comercial/100 kg de sementes) e Captan® (150g do produto comercial/100 kg de sementes), e permaneceram em câmara fria e seca regulada a ± 15°C e umidade relativa de 50% até as instalações dos testes para as avaliações da qualidade fisiológica das sementes.

O teste de germinação foi conduzido com cinquenta sementes para cada repetição, que foram semeadas entre papel toalha tipo Germitest umedecido com água destilada na proporção de 2,5 mL:1g de papel. As sementes permaneceram no germinador regulado para 25°C e as avaliações foram efetuadas aos sete dias após a instalação do teste, segundo recomendações das Regras para Análise de Sementes (Brasil,

1992). Os resultados foram expressos em porcentagem média das quatro repetições.

O teste frio sem solo foi realizado com cinquenta sementes por repetição, que foram distribuídas em papel toalha umedecido com água destilada numa proporção de três vezes o seu peso seco, perfazendo um total de duzentas sementes por tratamento. Os rolos foram confeccionados como no teste de germinação e após semeadura foram colocados no interior de sacos plásticos e mantidos em câmara regulada a 10°C durante sete dias. Decorrido este prazo, os rolos foram transferidos para o germinador regulado para 25°C e as plântulas normais que apresentavam parte aérea com 2,5 cm, duas raízes seminais e a raiz principal foram computadas aos 4 e 7 dias (Dias & Barros, 1995).

Para o teste de envelhecimento acelerado utilizou-se do método de mini câmaras do tipo “gerbox”, onde as sementes foram distribuídas sobre uma tela suspensa no interior de cada caixa contendo 40 mL de água. As sementes permaneceram durante 96 horas, numa temperatura de 41°C, e em seguida foi efetuado o teste de germinação (Marcos Filho, 1994). Foram consideradas plântulas normais aquelas que apresentavam 2,5 cm de parte aérea, pelo menos duas raízes seminais e a raiz principal.

Para a avaliação física do pericarpo foram realizados cortes longitudinais nas sementes das linhagens e dos híbridos, rente ao embrião, em micrótomo modelo Microm HM 505 E. Seções de 20mm de espessura foram realizadas sob a temperatura de -20°C, e o corante utilizado para a confecção das lâminas foi o lacto azul algodão. Por meio de um microscópio estereoscópio modelo Nikon Fx-35A, adaptado com uma câmara fotográfica, foram obtidas as imagens dos pericarpos das sementes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 encontram-se os valores de germinação e vigor das sementes híbridas após secagem artificial a 45°C. Observa-se que os valores de germinação no teste frio foram mais baixos que os observados no teste de germinação, indicando uma maior sensibilidade do teste frio em detectar danos por secagem. Esses resultados concordam com os observados por Madden & Burris (1995), os quais verificaram maior redução na viabilidade das sementes de milho híbrido secadas a 45°C, quando submetidas ao teste frio. Os danos provocados pelo envelhecimento acelerado também refletiu de forma mais acentuada sobre a taxa de crescimento da

radícula e coleótilo quando comparados à porcentagem de germinação (Bingham, Harris & McDonald, 1993, citados por Camargo, 2001).

Verifica-se também, na Tabela 1, diferenças acentuadas nos valores de germinação e vigor entre os híbridos e recíprocos. Estas diferenças indicam efeito materno para a característica em questão. Ibrahim & Quick (2001) verificaram que o efeito materno concorreu com 67% da variação recíproca para o controle genético para tolerância térmica em trigo. Em sementes de milho, diferenças na expressão fenotípica entre híbridos e recíprocos foram observadas para a tolerância a alta temperatura de secagem, evidenciando a importância da escolha do genitor feminino quando da obtenção de híbridos (Roveri José, 2003). Outras características como o peso seco do embrião e endosperma, taxa de crescimento do grão, proteína e óleo no embrião e síntese de zeína também apresentaram efeito recíproco significativo (Bagnara & Daynard, 1983; Miller & Brimhall, 1951; Chaudhuri & Messing, 1994, citados por Kollipara et al., 2002).

TABELA 1. Valores médios do teste de germinação (TG), teste de frio (TF) e envelhecimento acelerado (EA) de sementes de híbridos simples e respectivos recíprocos de milho submetidas a secagem artificial.

Híbridos	TG (%)	TF (%)	EA (%)
3/8	1	1	1
8/3	90	82	76
2/7	33	11	5
7/2	86	68	51
1/7	40	23	5
7/1	92	78	50
1/11	0	0	0
11/1	60	41	50

Cal & Obendorf (1972) argumentaram que o efeito materno pode explicar a sensibilidade dos híbridos recíprocos aos danos por embebição ao frio e que a herança citoplasmática da mitocôndria pode explicar a relação entre o híbrido e o parental feminino em resposta ao frio, pois somente a linhagem materna pode fornecer mitocôndria e outras organelas num cruzamento.

As imagens dos pericarpos de sementes dos híbridos, recíprocos e linhagens parentais se encontram ilustradas nas Figuras de 1 a 6.

À direita da Figura 1 encontra-se a estrutura do pericarpo da semente do híbrido 11/1 e à esquerda, a do seu recíproco, 1/11. Observa-se que a espessura do pericarpo não variou

muito entre eles; no entanto, a estrutura do pericarpo do híbrido 1/11 é bem mais homogênea, apresentando células mais compactadas do que a de seu recíproco. Isso pode ter dificultado a perda de água das sementes, afetando negativamente a qualidade fisiológica das sementes do híbrido 1/11. A espessura e permeabilidade do pericarpo têm sido associados com a velocidade de secagem de sementes de milho, em função das diferenças existentes na absorção e perda de água pelas mesmas (Purdy & Crane, 1967). Esses autores verificaram que o pericarpo das sementes que apresentaram taxa de secagem mais lenta era mais espesso e denso, e uma maior permeabilidade dos mesmos foi associada com a secagem mais rápida.

Essa variação na estrutura do pericarpo das sementes entre híbridos e recíprocos pode ser detectada nos demais cruzamentos, como o 1/7, 2/7 e 3/8 (Figuras 2, 3, e 4), os quais também apresentaram maior susceptibilidade aos danos por alta temperatura de secagem. Comparados aos pericarpos das sementes híbridas de seus recíprocos, observa-se uma estrutura bastante diferenciada desses. As células que constituem seus pericarpos estão bem mais compactadas, fechadas, pouco vacuoladas, dificultando a perda de água pelas sementes. Tracy & Galinat (1987) observaram que a espessura e densidade das paredes das células no pericarpo podem afetar o grau de compactação, sendo variável entre os fenótipos de milho estudados.

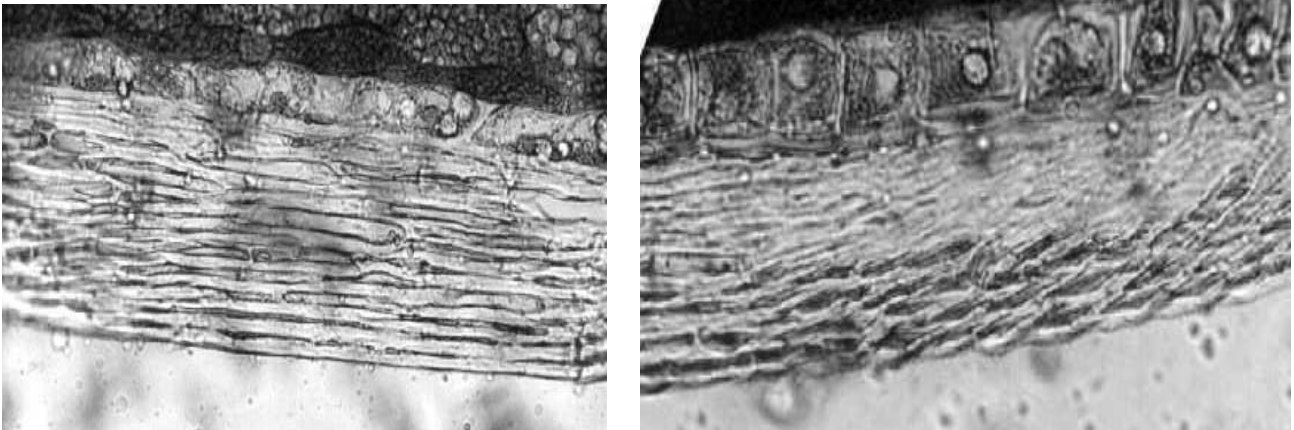


FIGURA 1. Pericarpo da semente do híbrido 1/11 (à esquerda) e de seu recíproco 11/1 (à direita) Magnitude 10x.

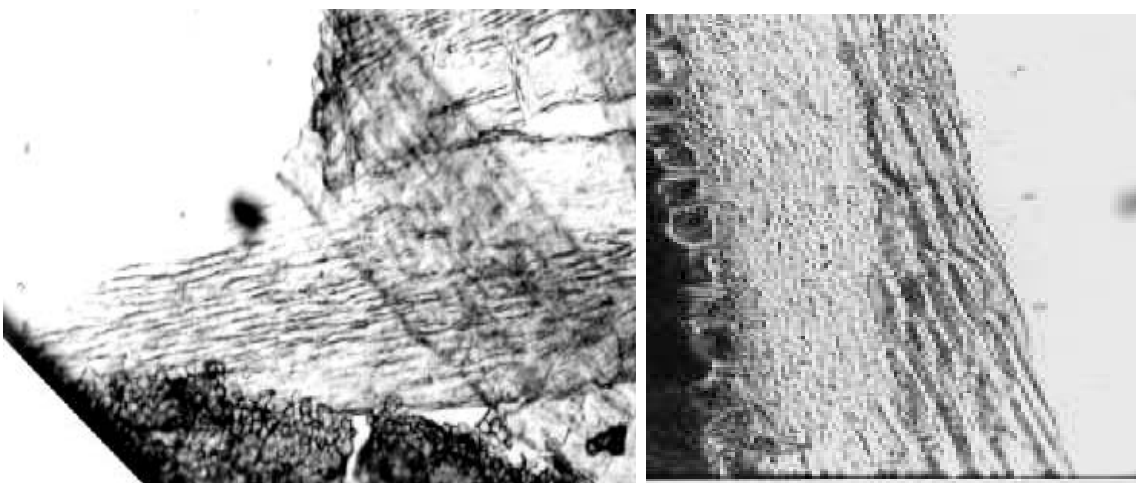


FIGURA 2. Pericarpo da semente do híbrido 1/7 (à esquerda) e de seu recíproco 7/1 (à direita). Magnitude 10x.

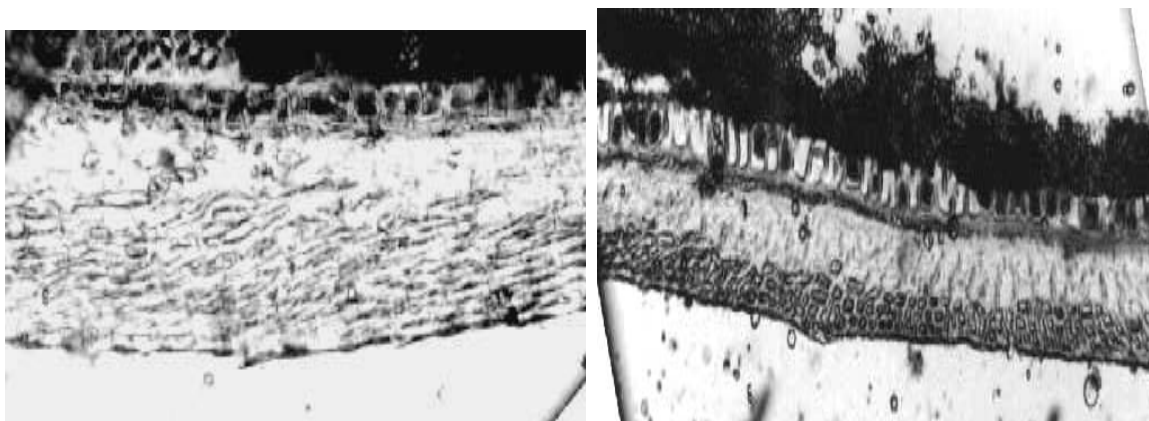


FIGURA 3. Pericarp da semente do híbrido 2/7 (à esquerda) e de seu recíproco 7/2 (à direita). Magnitude 4x.

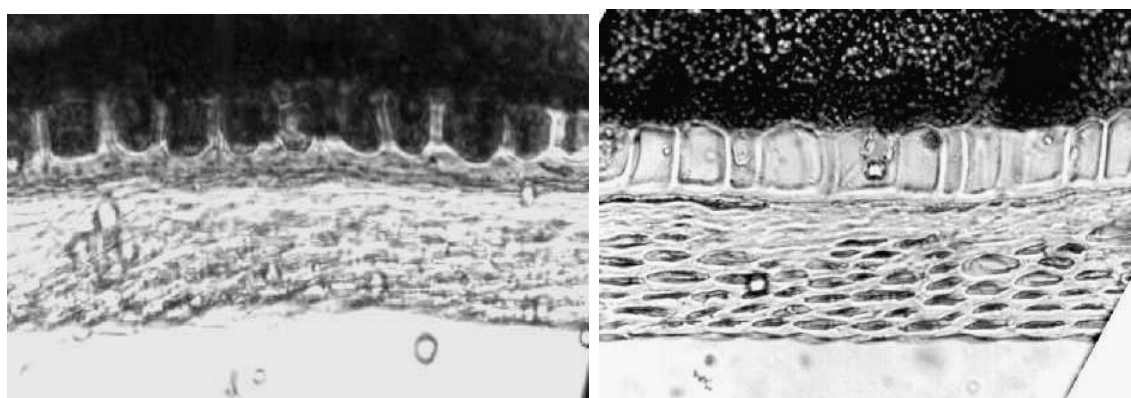


FIGURA 4. Pericarp da semente do híbrido 3/8 (à esquerda) e de seu recíproco 8/3 (à direita). Magnitude 10x.

De acordo com Navratil & Burris (1984), sementes de linhagens de milho que apresentaram taxa de secagem elevada, foram mais tolerantes aos danos por secagem, devido à exposição das mesmas, com conteúdo de água elevado à altas temperaturas, por períodos mais curtos. Na presente pesquisa, a estrutura mais compactada das células do pericarp das sementes dos híbridos 1/7, 2/7, 3/8 e 1/11 pode ter dificultado a dissipação da água das sementes, contribuindo para uma baixa qualidade fisiológica dessas sementes após secagem a alta temperatura.

Sabe-se que as diferentes partes das sementes de milho diferem na sua origem, sendo $2n$, o número cromossômico do pericarp, igual ao do parental feminino (Groszmann & Sprague, 1948). No cruzamento 1/11, por exemplo, vê-se que a espessura do pericarp é menor que a da linhagem 11, seu parental feminino. No entanto, quando se compara a estrutura do pericarp, percebe-se grande semelhança do híbrido com seu parental feminino. O mesmo pode ser

observado para o pericarp das sementes híbridas 11/1 e 7/1 (Figuras 1 e 2). Maior semelhança se verifica para o pericarp da linhagem 1 (Figura 5, à esquerda), parental feminino para ambos, que apresenta um pericarp menos homogêneo, constituído por células menos densas e compactadas na sua periferia. Na Figura 5, à direita, e Figura 6 estão representadas as estruturas do pericarp das linhagens 11 e 7, parentais masculinos dos híbridos 11/1 e 7/1, respectivamente.

Haddad (1931), citado por Tracy & Galinat (1987), demonstrou que o pericarp de sementes de linhagens de milho e de seus híbridos apresentaram, na maturidade, o mesmo número de camadas de células, mas diferiram na espessura. Em sementes de milho doce, Cardoso (2001) verificou que os híbridos que apresentavam menor espessura do pericarp eram provenientes de genitores femininos que apresentavam tal fenótipo.

Considerando que a constituição do embrião não depende da linhagem utilizada como genitor, pode-se inferir que a maior

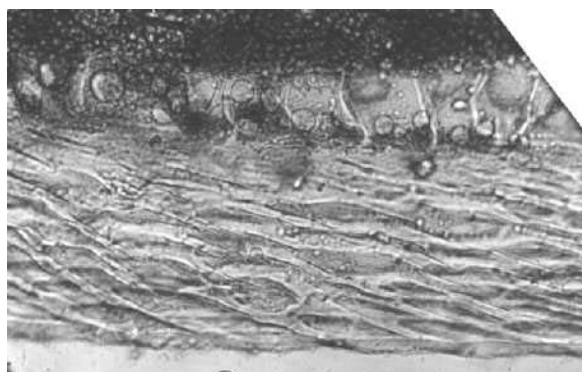
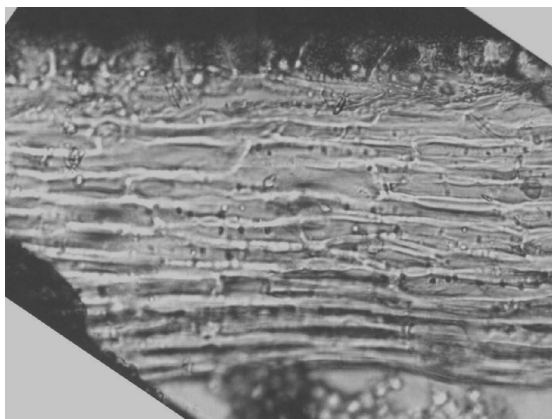


FIGURA 5. Pericarpo da semente de milho da linhagem 1 (à esquerda) e da linhagem 11 (à direita). Manitude 10x.

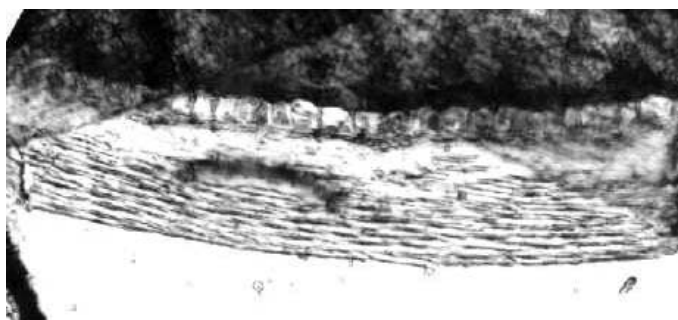


FIGURA 6. Pericarpo da semente de milho da linhagem 7 Magnitude 4x.

tolerância ao calor depende do pericarpo da semente, que é um tecido materno, ou do endosperma, cuja constituição dos genitores é diferente. O embrião também poderia sofrer a influência materna devido a constituição do citoplasma que independe do pólen. Pela análise física foi possível observar algumas diferenças na estrutura do pericarpo das sementes que podem influenciar na tolerância das sementes de determinados genótipos a alta temperatura de secagem. Embora não tenha sido determinada nesta pesquisa a taxa de perda de água das sementes, uma estrutura menos densa do pericarpo, formado por células menos compactadas, parece ter refletido positivamente sobre a qualidade fisiológica das sementes para os diferentes híbridos.

CONCLUSÃO

Sementes de milho que apresentam estrutura do pericarpo mais densa, formada por células mais compactadas, são mais sensíveis à alta temperatura de secagem.

REFERÊNCIAS

- BAKER, K. D.; PAULSEN, M. R.; VAN-ZWEDEN, J. Hybrid and drying rate effects on seed corn viability. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 34, n. 2, p. 499-506, 1991.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365 p.
- CAL, J. P.; OBENDORF, R. L. Imbibitional chilling injury in *Zea mays* L. altered by initial kernel moisture and maternal parent. **Crop Science**, Madison, v. 12, n. 3, p. 369-373, 1972.
- CAMARGO, R. **Aspectos bioquímicos da deterioração de sementes**. Lavras: UFLA, 2001. 52 p. Monografia.
- CARDOSO, E. T. **Genética de caracteres agrônomicos e de qualidade em milho doce**. 2001. 68f. Tese (Doutorado em Plantas de Lavoura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- CHEN, Y.; BURRIS, J. S. Desiccation tolerance in maturing maize seed: membrane phospholipid composition and thermal properties. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 3, p. 766-770, 1991.
- DIAS, M. C. L.; BARROS, A. S. R. **Avaliação da qualidade de sementes de milho**. Londrina: IAPAR, 1995. 41 p. Circular, 88.
- GROZMANN, A.; SPRAGUE, G. F. Comparative growth rates in a reciprocal maize cross: 1. The kernel and its component parts. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 40, n. 1, p. 88-98, 1948.
- HERTER, U.; BURRIS, J. S. Evaluating drying injury on corn seed with a conductivity test. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 17, n. 1, p. 625-638, 1989.
- IBRAHIM, A. M. H.; QUICK, J. S. Genetic control of high temperature tolerance in wheat as measured by membrane thermal stability. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 5, p. 1405-1407, 2001.
- KOLLIPARA, K. P.; SAAB, I. N.; WYCH, R. D.; LAUER, M. J.; SINGLETARY, G. W. Expression profiling of reciprocal maize

hybrids divergent for cold germination and desiccation to tolerance. **Plant Physiology**, Rockville, v. 129, n. 3, p. 974-992, 2002.

MADDEN, R. F.; BURRIS, J. S. Respiration and mitochondrial characteristics of imbibing maize embryos damaged by high temperatures during desiccation. **Crop Science**, Madison, v. 35, n. 6, p. 1661-1667, 1995.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

NAVRATIL, R. J.; BURRIS, J. S. Small-scale dryer designer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 74, n.1, p. 159-161, 1982.

NAVRATIL, R. J.; BURRIS, J. S. The effect of drying temperature on corn seed quality. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 3, p. 487-496, 1984.

PURDY, J. L.; CRANE, P. L. Influence of pericarp on differential

drying rate in "mature" corn. (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 7, n. 4, p. 379-381, 1967.

ROVERI JOSÉ, S. C. B. **Tolerância a alta temperatura de secagem de sementes de milho**. 2003. 149 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

SEYEDIN, N.; BURRIS, J. S.; FLYNN, T. E. Physiological studies on the effects of drying temperatures on corn seed quality. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 64, n. 3, p. 497-504, 1984.

TRACY, W. F.; GALINAT, W. C. Thickness and cell layer number of the pericarp of sweet corn and some of its relatives. **Horticultural Science**, Alexandria, v. 22, n. 4, p. 645-647, 1987.

VIEIRA, R. D. Teste de condutividade elétrica. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (Coord.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 103-132.

