

Quanto a eficácia do tratamento de sementes com fungicidas. - Ênfase em grandes culturas de grãos

Erlei Melo Reis¹, Andrea Camargo Reis¹, Mateus Zanatta¹

¹Instituto Agris, Instituto Agris, Rua Miguel Vargas, 291, CEP 99025-380, Passo Fundo, RS, Brasil

Autor Correspondente: Erlei Melo Reis (erleireis@upf.br)

Data de chegada: 09/11/2022. Data de aceite: 05/01/2023

10.1590/0100-5405/269402

“A semente é o material utilizado para a multiplicação de plantas”. “*Na natureza, os patógenos não se separam dos hospedeiros de quem dependem nutricionalmente. Todos os parasitas necrotróficos de órgãos aéreos estão presentes nas sementes. Por isso, em toda a lavoura originada de semente infectada ocorrerá manchas foliares, cancos e antracnose nos órgãos aéreos das plantas*” (11, 14).

Os patógenos coabitam com os hospedeiros através da associação semente - patógeno. Este fato tem levado a alguns técnicos a imaginar que o inóculo de fungos que causam manchas foliares, cancos e antracnoses é transportado pelo vento a longa distância (esporos secos ou molhados). Na realidade vem da semente, por ser tão eficiente o processo de transmissão.

A semente como fonte de inóculo, agentes de disseminação de fitopatógenos

As sementes são a principal fonte de inóculo primário de fungos necrotróficos de órgãos fotossintéticos. Provavelmente, em todos os patossistemas as sementes infectadas disseminaram os patógenos desde o centro de origem da espécie vegetal até o atual local de cultivo (19).

Cita-se como exemplo os patógenos necrotróficos da soja (centro de origem da soja Manchúria, Nordeste da China) até as áreas onde a leguminosa é cultivada (Quadro 1). Esse fato confirma a assertiva de que na natureza os fitopatógenos não se separam do hospedeiro e por isso, onde é cultivado, a doença (agente causal) está presente.

A semente introduz o patógeno na área cultivada e os restos culturais o mantém até a sua mineralização (2, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 18, 20, 22).

Incentiva-se, com esta carta, os pesquisadores e estudantes de pós-graduação envolvidos com a patologia de sementes, a elaborarem tabelas semelhantes a essa para as demais culturas não esquecendo das hortaliças e de plantas ornamentais. Certamente que estas informações permitem a avaliação da eficiência dos serviços quarentenários.

Objetivo do tratamento de sementes

Como estratégia visando o controle de doenças na fonte de inóculo, o principal ou único, é eliminar os patógenos veiculados à semente, ou romper a associação patógeno-semente, ou ainda evitar a transmissão.

Transmissão do patógeno semente-plântula

Processo pelo qual o micélio do fungo patogênico infectante da semente ao retomar seu crescimento, durante a germinação e emergência, coloniza o coleóptilo e a plúmula em gramíneas e chegando a superfície do solo. Em dicotiledôneas ocorre quando o fungo presente em lesões cotiledonares atinge à superfície do solo pelo processo de emergência da plântula. Em ambos os casos, uma vez na superfície do solo, esporula e pelos agentes de disseminação passiva atinge outros sítios de infecção (órgãos fotossintéticos). Por esse processo, cada local onde ocorre a transmissão, resulta em focos da doença na lavoura.

Se deve observar que no processo de transmissão não ocorre a separação do patógeno do hospedeiro estando sempre associados – é um processo de continuidade.

Na semente, ambos se encontram dormentes e na transmissão, tornam-se parasitas ativos.

Taxa de transmissão, eficiência em números

É a proporção de plântulas infectadas em relação a incidência do fungo patogênico na semente. O valor numérico da transmissão é menor do que a incidência na semente.

Mecanismos de transmissão

Fungos necrotróficos em gramíneas

Em gramíneas, o micélio se desenvolve a partir de sementes infectadas quando inicia o processo de germinação. Seguem duas vias: (i) crescimento do micélio e colonização do coleóptilo até atingir a superfície do solo onde esporulam. Os esporos produzidos são removidos e transportados pelos agentes de disseminação como respingos de chuva (esporos molhados) e vento (esporos secos); (ii) O micélio crescendo na superfície do coleóptilo, ainda no interior do solo, atinge a plúmula em seu interior que ao emergir apresenta lesões. Nessas manchas, também esporulam, são removidos e disseminados às plantas vizinhas e novas folhas. A taxa de transmissão é menor para primeiras folhas (plúmulas) e maior para coleóptilos.

Através deste mecanismo, os patógenos, a partir da semente, deslocam-se do interior para a superfície do solo, onde ficam à mercê dos agentes de disseminação, originando ciclos secundários.

Fungos necrotróficos em dicotiledôneas

Em leguminosas, na germinação epígea (Ex. soja e feijão) nas quais o cotilédone atinge a superfície do solo, e mostra lesões,

Quadro 1. Histórico dos primeiros relatos da ocorrência de fungos patogênicos de órgãos aéreos da cultura da soja em alguns países

Nome comum da doença	Agente causal	País, ano e autor do registro			
		Centro de origem da soja	Estados Unidos (Maior fluxo de sementes)	Brasil	Argentina
Antracnose	<i>Colletotrichum truncatum</i>	Japão, 1917 -Takimoto, (Apud, Andrus & Moore (1935)	Andrus & Moore (1935)	Tochetto et al. (1961)	Bonacic et al., 1982
Cancro-caulivora	<i>Diaporthe phaseolorum var caulivora</i>	-	Morgan Jones (1954)	Costamilan et al (2008)	1999 (Pioli et al., 2001)
Cancro-meridionalis	<i>D. phaseolorum var meridionalis</i>	-	1973 - Backman et al (1985)	Yorinori et al (1989)	Pioli et al., 1999
Crestamento cercospora	<i>Cercospora kikchii</i>	Japão, 1921 - Susuki (Apud, Murakishi 1951)	1951 - Gardner (Apud, Murakishi , 1951)	1963 Gomes (1996)	Barreto et al., 1981
Olho-de-rã	<i>Cercospora sojina</i>	Japão, 1915 (Hara, Apud (Lehman, 1928)	1924 - Lehman (Lehman, 1928)	Yorinori (1971) Reis & Kimati (1973).	Ploper et al, 2000
Septoriose	<i>Septoria glycines</i>	Japão, 1914 – (Hemi, Apud, Wolf & Lehman (1922)	Wolf & Lehman (1922)	Luzzardi et al (1972)	Mitidieri, 1986
Seca-haste e da- vagem	<i>Phomopsis sojae</i>	-	Lehman (1920)	?	Barreto et al., 1981
Míldio	<i>Peronospora manshurica</i>	Japão, 1921 – Miura (Apud, Lehman 1923	Lehman (1923)	Vernetti e Ferreira, 1966/67 - (Vernetti & Ferreira, 1970)	Mitidieri, 1980

Fonte: Reis et al. (19).

nas quais os fungos esporulam, são liberados e disseminados. Na hipógea (Ex. ervilha), surgem sintomas nos cotilédones que permanecem no interior do solo, o micélio passa a crescer pelo epicótilo até atingir a superfície do solo onde esporula. Serve de exemplo da transmissão epigea a mancha olho-de-rã em soja, causada por *Cercospora sojina*.

Tomando por exemplo os fungos *C. sojina*, agente causal da mancha olho-de-rã da soja, e *P. manshurica*, os patógenos não deveria ter sido trazidos do Japão, mas sim apenas a semente (5, 6).

A incidência em sementes reflete a intensidade da doença que ocorreu em espigas/vagens na lavoura produtora de sementes. Todos os parasitas (fungos e bactérias necrotróficos) que atacam os órgãos aéreos das plantas, colonizam as infrutescências e finalmente a semente de onde vieram, constituindo um ciclo vicioso.

Um caso atípico de transmissão - *Sclerotinia sclerotiorum* em soja

No caso do mofo-branco da soja não ocorre transmissão como conceituada. A semente infectada (micélio interno na semente) é morta pelo fungo desenvolvendo abundante micélio branco em sua superfície. Cada 'semente' produz em média até três escleródios dentro do solo. Esses germinam, a estipe atinge a superfície do solo, formam apotécios que liberam ativamente os ascósporos que pelos agentes de disseminação atingem as pétalas senescentes.

Fungos biotróficos em leguminosas - o caso do míldio da soja

Uma vez a semente tendo sido semeada, os oósporos em sua superfície germinam, colonizam os cotilédones e, sistemicamente, via xilema, manifestando-se no primeiro par de folhas unifoliadas. Nas folhas de plantas com infecção sistêmica, o fungo esporula abundantemente, tornando-se, assim, fonte de inóculo primário (5).

Uma análise de trabalhos publicados sobre os objetivos da aplicação de fungicidas em sementes

Embora se esteja em 2022, a eficácia do tratamento de sementes como medida de controle doenças ainda merece discussão quanto a sua eficácia.

A importância da patologia de sementes decorre da capacidade do pesquisador em quantificar o papel epidemiológico das sementes no desenvolvimento de doenças de plantas: incidência em sementes e transmissão para os órgãos aéreos do hospedeiro e sua relação com epidemias.

Numa breve consulta aos trabalhos publicados (revistas com comitê editorial) no Brasil sobre tratamento de sementes com fungicida, observa-se a abundância do uso de adjetivos relativos aos resultados obtidos, porém, não visando a erradicação. Embora sendo uma medida de controle de doenças, a maioria dos trabalhos envolvem a manutenção do vigor, da germinação e da emergência de plântulas, a compatibilidade com a inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*, a fitotoxicidade. Tem sido esquecido o maior objetivo.

Poucos tiveram por objetivo a eliminação da transmissão

patógeno-semente-órgãos aéreos o principal foco do tratamento com fungicidas. Em fitopatologia o tratamento de sementes com fungicidas deve visar a erradicação, caso contrário não faz sentido.

Outro ponto, em lavouras cultivadas em monocultura e plantio direto o tratamento de sementes não tem potencial para reduzir a intensidade na lavoura abaixo do nível de dano econômico. O potencial de inóculo dos restos culturais é maior do que o da semente.

A literatura relata como eficaz qualquer redução da incidência de fitopatógenos em sementes. O conceito de controle de doenças merece ser revisado!

Um exemplo da necessidade da erradicação

Considerando a eficácia da transmissão de *D. avenae* (agente causal da helmintosporiose da aveia) obtida por Reis & Soares (12) da semente para a plúmula e extremidades de coleótilo em uma amostra com incidência de 69,75 e transmissão de 32,5 a 48% e de Lângaro et al (4) de até 38,44% (com incidência de 58%) se infere de que a aplicação de fungicidas em sementes deve erradicar o patógeno presente e que essa eficácia seja reproduzível quando praticado pelos produtores de sementes.

Como evidência da necessidade de erradicação, apresenta-se um cálculo com os dados citados: em aveia são semeadas 200 – 300 sementes viáveis/m²; considerando-se uma incidência média em sementes comerciais de 60% e a transmissão para plúmulas de 35% resultam em 58 focos/m² na lavoura. Uma densidade de 200 sementes resulta em 116 focos/m², se 300/m², 174 focos/m². Na sequência, ocorre a esporulação do patógeno na extremidade dos coleótilos acima da linha do solo e em lesões em plúmulas. Em complemento, quanto a potencial de esporulação, Barba et al. (1) quantificaram 1.157 conídios de *B. sorokiniana*/coleótilo aos 40 dias após a semeadura. Estes esporos são disseminados pelo vento para novas folhas e plantas desencadeando o aumento da doença no tempo e no espaço. Quanto ao potencial de esporulação aos 40 dias após a emergência e considerando 116 (para 200 sementes/m²) focos x 1.157 totalizam 134.212 esporos/m². Com esses dados, calcule o impacto de controle de 90, 80 ou 90% e etc. para uma área de 1,0 hectare de aveia e conclua se é necessária a erradicação.

Nesse sentido, Reis & Casa (14) têm chamado a atenção de que o maior desafio dos pesquisadores continua a ser o desenvolvimento de métodos de erradicação de fungos patogênicos infectantes em sementes.

O tratamento de sementes com a finalidade de evitar a introdução do fungo na área cultivada deve atingir a erradicação. Em lavouras de monocultura e plantio direto, com a manutenção dos restos culturais (inóculo) sobre o solo o tratamento de sementes não faz sentido. Porém, em lavouras com rotação de culturas (ausência dos restos culturais da soja) é justificável o tratamento com produto erradicante independentemente do número de sementes usados no teste de laboratório se 400 sementes ou 5 kg?

Considerações finais

Existe uma coincidência: os fungos agentes causais de manchas foliares, cancro e antracnoses são exatamente os mesmos e os principais isolados de sementes.

A semente é a principal fonte de inóculo de fungos

necrotróficos a ela associados em lavouras onde se pratica a rotação de culturas. Se a lavoura produtora de semente tem doença, a semente colhida também será infectada pelo patógeno que a causou!

Por exemplo, os patógenos que atacam os órgãos aéreos da soja (Quadro 1) (folhas, hastes e vagens) foram primeiramente relatados no Japão e Coréia (Próximos ao centro de origem) após nos Estados Unidos e finalmente no Brasil. O transporte de material genético da soja (sementes) disseminou os patógenos da cultura em todas as áreas aonde a soja hoje é cultivada. Alguns patógenos foram relatados pela primeira vez, em casa-de-vegetação de institutos de pesquisa (24) ou em campo experimental (8).

Embora se esteja em 2022, não foi encontrado na literatura consultada tabelas de culturas agrícolas, fungos patogênicos e fungicidas que quando aplicados à semente, resulte na sua erradicação.

Também para que se entenda a importância desse tema, pergunta-se:

Como exemplo, os serviços quarentenários nos países para onde a soja (semente) foi levada (Quadro 1), foram e tem sido eficiente em detectar e evitar a entrada dos patógenos da cultura em continentes e países?

Programas destinados à produção e manutenção de sementes indenidas tem sido implementados como ferramenta útil ao manejo integrado de doenças? (16).

A pesquisa em patologia de sementes tem focado na erradicação dos patógenos associados à semente?

Finalmente, qual a eficácia do tratamento de sementes feito em cereais de inverno, soja, milho feijão, hortaliças e plantas ornamentais? A eficácia obtida reduz a intensidade da doença na área cultivada?

REFERÊNCIAS

1. Barba J.T.; Reis E.M.; Forcelini C.A. Efeito da temperatura e fungicidas na transmissão de *Bipolaris sorokiniana* da semente para as plântulas de cevada. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.27, n.5, p.500-507, 2002.
2. Carmona M.; Barreto D.E.; Reis E.M. Detection, transmission and control of *Drechslera teres* in barley seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.27, n.2, p.761-76, 1999.
3. Goulart, A.C.P.; Paiva, F.A. Transmissão de *Pyricularia oryzae* através de sementes de trigo (*Triticum aestivum*). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.15, p.359-362, 1990.
4. Lângaro, N. C., Reis, E.M & Floss, E.L. Detection of *Drechslera avenae* in oat seeds. **Fitopatologia Brasileira** 26:745-748. 2001
5. Lehman, S.G. A new downy mildew on soybeans. **Journal of the Elisha Mitchell Science Society**, New York, v.39, p.164-169, 1924.
6. Lehman, S.G. Frog-eye leaf spot of soybean caused by *Cercospora diazu* Miura. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.36, p.811-833, 1928.
7. Lehman, S.G. Frog-eye (*Cercospora diazu* Miura) on stems, pods, and seeds of soybean, and the relation of these infections to recurrence of the disease. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v.48, p.131-147, 1934.
8. Luzardi, G.C.; Kuhn, G.B.; Wetzel, D.B.; Gastal, M.F.; Raupp, A.A. Mancha castanha da soja: uma nova doença no Brasil. IPEAS, Pelotas, Indicação de pesquisa, v.38, p.1, 1972.
9. Maude, R.B. **Seedborne diseases and the control principles and practice**. Oxon: CAB International, Wallingford, 1996.
10. Menten, J.O.M.; Moraes, M.H.D. *Pyricularia* sp. em sementes de trigo: métodos de detecção, localização e transmissão do patógeno. In: Congresso Brasileiro de Sementes, 5., 1987, Gramado. **Resumos**. Brasília, DF: ABRA-TES, 1987. p.179.

11. Prestes, A.M. Transmissão de *Septoria nodorum* Berk. das sementes para os órgãos aéreos do trigo. In: Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, 14, Londrina, 1986. **Resultados de pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA- CNPT, 1986. p.209-210. (EMBRAPA-CNPT Documentos, 8).
12. Reis, E.M. & Soares, R.M. Levantamento, transmissão e controle de fungos patogênicos associados a sementes de aveia. In: Resultados, 15a Reunião da Comissão Sul Brasileira de Pesquisa de Aveia, Guarapuava, PR. 1995. pp. 257-259.
13. Reis, E.M.; Casa, R. C.; Silva, M.S. Efeito do tratamento de sementes de cevada, no controle e no desenvolvimento da mancha-em-rede, causada por *Drechslera teres*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.20, p.561-565, 1995.
14. Reis, E.M.; Casa, RT. **Patologia de cereais de inverno**. Passo Fundo: Aldeia Norte Editora, 1998. 88p.
15. Reis, E.M.; Forcelini, C.A. Transmissão de *Bipolaris sorokiniana* de sementes para órgãos aéreos do trigo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v.18, p.76-81, 1993.
16. Reis, E.M.; Casa, R.T.; Segalin, M.; Deuner, E.; Carmona, M. Estratégias para a produção de material de propagação vegetal livre de patógenos. **Informativo Abrates**, Brasília, DF, v.19, n.3, p.29-36, 2009.
17. Reis, E.M.; Baruffi, D.; Remor, L.; Zanatta, M. Decomposition of corn and soybean residues under field conditions and their role as inoculum source. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.37, n.1, p.65-67, 2011.
18. Reis, E.M.; Danelli, A.; Casa, R.T. Fungicidas, seed dresser adjuvants and storage time in the control of *Drechslera teres* in barley seeds. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.38, n.3, p.187-191, 2012.
19. Reis, E.M.; Casa, R.T.; Reis, A.C. **Doenças da soja**. 2.ed. Passo Fundo: Berthier, 2022. 432p.
20. Schilder, A.M.C.; Bergstrom, G.C. Seed transmission of *Pyrenophora tritici-repentis*, causal fungus of tan spot of wheat. **European Journal of Plant Pathology**, London. v.101, n.1, p.81-91, 1995.
21. Smith, B.D. **The emergence of agriculture**. New York: Scientific American Library, 1995. 231p.
22. Stevenson, I.L. Timing and nature of seed infection of barley by *Cochliobolus sativus*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Oxfordshire, v.3, p.76-85, 1981.
23. Telles Neto, F. **Transmissão e controle de *Fusarium graminearum* em sementes e danos causados pela giberela em trigo**. 2004. 113p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
24. Vernetti, F.J.; Ferreira, L.P. Uma nova doença da soja no Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.5, p.19-26, 1970.