

Reflexo da aplicação de fungicidas usados no controle da giberela, na contaminação dos grãos por micotoxinas (DON)

Erlei Melo Reis, Sandra Maria Zoldan e Beatriz Coelho Germano

OR Melhoramento de Sementes Ltda

Passo Fundo – RS

1. Introdução.

A giberela do trigo é causada pelo fungo, que na forma perfeita (Ascomiceto) é denominado de *Gibberella zeae* e na imperfeita (Deuteromiceto) de *Fusarium graminearum*. A infecção das espiguetas inicia com a forma *Gibberella*, produzindo mais tarde, uma massa rosada-avermelhada da frutificação de *Fusarium*, nas bordas das espiguetas infectadas (Fig. 1).



Figura 1. Sintomas e sinais da giberela em espiguetas de trigo.

A giberela e a brusone são doenças de controle difícil e ainda não estão disponíveis, para o seu controle, cultivares que pelos seus mecanismos de resistência genética reduzam os seus danos a níveis sub-econômicos.

Mesmo que o controle por alguns fungicidas possa reduzir a intensidade da giberela e da contaminação dos grãos por micotoxinas, sua concentração restante ainda não é suficiente para atingir os níveis tolerados estabelecidos pela legislação.

2. Danos causados pela giberela em trigo

Dano é toda redução quali- e quantitativa da produção (Nutter et al., 2000). Os danos quantitativos podem chegar a 39,9% (Casa & Kuhnen Jr., 2011) e os qualitativos,

refletidos na qualidade do trigo, são de quantificação mais difícil, porém, podem resultar na não comercialização dos grãos ou de sua destruição.

Os danos qualitativos da giberela manifestam-se pela redução do peso dos grãos (Fig. 2) e pela contaminação por micotoxinas produzidas pelo fungo agente causal.



Figura 2. Comparação de grão de trigo saudáveis com grãos giberelados.

3. Micotoxinas

A palavra micotoxina é composta pela palavra grega *mykes*, significando *fungo*, e a latina *toxicum*, significando *veneno*. Essa palavra tem seu uso reservado para as substâncias tóxicas produzidas por fungos que colonizam espécies vegetais agrícolas. Uma espécie de fungo pode produzir diferentes micotoxinas e a mesma micotoxina pode ser produzida por várias espécies de fungos.

Definição – Micotoxinas são metabólitos secundários (substâncias produzidas pelo metabolismo do fungo que não são essenciais ao crescimento celular e manutenção das funções celulares básicas), de baixo peso molecular, produzidos naturalmente e que podem causar doenças e morte em animais e em seres humanos.

Histórico - O estudo das micotoxinas, micotoxicologia, teve início em 1960 à partir de um caso ocorrido em uma granja de perus na Inglaterra. O termo micotoxina foi adotado em 1962 quando aproximadamente 100 mil perus morreram por causa então desconhecida. A misteriosa doença X dos perus foi relacionada com a ingestão de farinha de amendoim contaminada com metabólitos secundários de *Aspergillus flavus*, a micotoxina aflatoxina. O amendoim contaminado foi produzido no Brasil e descarregado na Inglaterra em 1959.

As micotoxinas não são infecciosas nem contagiosas sendo tóxicas às plantas e animais.

4. Por que os fungos produzem micotoxinas?

Muitos fungos produzem essas substâncias e não se sabe em detalhe por que as sintetizam, mas podem em parte, serem usadas na guerra química na luta pela sua sobrevivência e assim obter alguma vantagem para sobreviverem no ambiente aumentando a competitividade e sucesso no ciclo de vida do fungo. Podem também estar relacionadas com o processo de patogênese.

As micotoxinas são necessárias ao crescimento e ao desenvolvimento dos fungos. Elas debilitam os hospedeiros e o patógeno pode usá-las como estratégia para melhorar o ambiente para sua posterior proliferação.

A produção de toxinas depende do ambiente, do órgão afetado da planta, de sua suscetibilidade, do metabolismo da planta e de seus mecanismos de defesa.

As micotoxinas são frequentemente produzidas quando o fungo está sob estresse, como por exemplo, quando a temperatura, a atividade da água ou a quantidade de oxigênio tornam-se menos favoráveis ao seu desenvolvimento.

Ramirez et al (2004) discutem que na presença de concentração sub-letal de certos fungicidas, algumas linhagens do fungo respondem a esse estresse pelo aumento da produção de metabólitos secundários incluindo as micotoxinas.

A presença do fungo produtor das micotoxinas não indica necessariamente a presença das micotoxinas nos tecidos e órgãos colonizados. Desse modo, a demonstração da simples presença do fungo não necessariamente indica a contaminação pela micotoxina.

5. Grupos de micotoxinas.

As toxinas dos fungos do gênero *Fusarium* são produzidas por mais de 50 espécies, principalmente aquelas que atacam o trigo e o milho tais como fumonisinas, tricotecenos e zearalenona. Além dessas, outras micotoxinas também podem ser produzidas.

Entre os tricotecenos destacam-se a desoxinivalenol ou vomitoxina e a nivalenol (Fig. 3). DON é a abreviatura usada para desoxinivalenol.

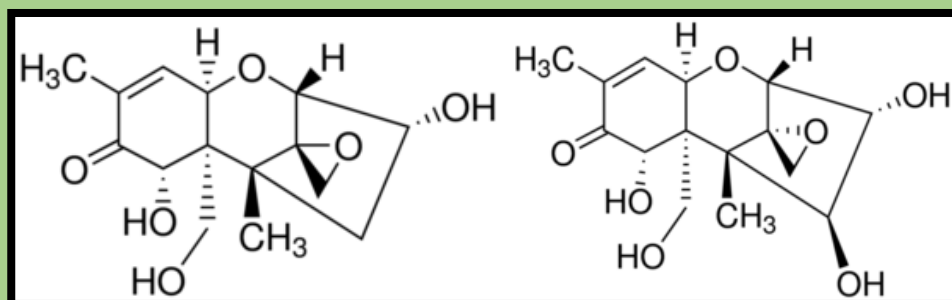


Figura 3. Fórmulas estruturais de desoxinivalenol (esquerda) e de nivalenol (direita).

O crescimento máximo de *F. graminearum* ocorre entre 24°C - 26°C, podendo crescer nos extremos de 5°C e 37°C. A temperatura ótima para a produção de desoxinivalenol e zearalenona por *F. graminearum* ocorre na temperatura de 24°C e de 25°C - 30°C, respectivamente para as duas micotoxinas.

O DON é hidrossolúvel e por isso pode ser translocado para outras partes da planta onde exerce seus efeitos fisiológicos. As toxinas DON e 3-ADON foram encontradas em tecidos com ausência do micélio de *F. culmorum*, distante das espiguetas onde o fungo foi inoculado. Portanto, essas toxinas podem ser translocadas pelo xilema e pelo floema para pontos distantes da presença do fungo.

6. Unidade para medir a concentração de micotoxinas

A quantidade de DON produzida por *F. graminearum* é positivamente correlacionada com a biomassa do fungo. Estudos conduzidos no campo tem demonstrado também uma relação linear positiva entre a intensidade da giberela e a concentração de DON nos grãos (Nicholson et al., 1999; Wegulo, 2000). O fator que mais influi na concentração de DON é a intensidade da giberela nas espigas de cereais de inverno.

A unidade utilizada na determinação da concentração de micotoxinas em produtos agrícolas é a ppm – parte por milhão, ou 1g em 1.000.000 de gramas, ou 1g em 1.000 kg; ou 1 grão de trigo em 36 kg de trigo.

7. Relação da produção de micotoxinas por *Fusarium graminearum* com os fungicidas aplicados no controle da giberela em trigo

O objetivo dessa revisão é mostrar o estado atual da arte dos efeitos de fungicidas no controle de *F. graminearum* e seu reflexo na concentração de DON nos grãos.

Enquanto não estiverem disponíveis cultivares de trigo com resistência genética suficiente para reduzirem os danos da giberela a níveis sub-econômicos, a principal opção de controle da doença é o controle químico.

Um grande número de fungicidas vem sendo testado visando ao controle da giberela e os mais eficientes tem sido os triazóis ou inibidores da biossíntese do ergosterol (IBE), componente básico da estrutura das membranas celulares dos fungos.

Dentro do grupo químico dos triazóis, tem se destacado pela eficiência de controle da giberela o metconazol, o protioconazol e o tebuconazol e a mistura de protioconazol + tebuconazol. Essa última mistura não está ainda disponível no mercado brasileiro. Por isso, os mais utilizados no Brasil são a mistura de protioconazol + trifloxistrobina e metconazol + piraclostrobina. Nas referências bibliográficas consultadas não se encontrou relato do efeito dessas duas estrobilurinas sobre a contaminação do trigo por DON.

Desses produtos os mais potentes no controle da giberela são o metconazol e o protioconazol e também na redução da concentração de DON nos grãos.

Com a seleção de fungicidas potentes e tecnologia apropriada de aplicação se busca melhorar a eficácia do controle e a redução da contaminação dos grãos.

Os relatos (ver referências), em sua maioria, tem demonstrado que a aplicação do fungicida do grupo das estrobilurinas, ou inibidores da quinona externa (IQe) na cadeia respiratória na membrana interna da mitocôndria, especialmente a azoxistrobina, em uso isolado ou em mistura com triazóis, tem resultado em baixo controle da giberela e no aumento da contaminação dos grãos por micotoxinas, especialmente a DON.

Além da azoxistrobina, a aplicação em trigo de difenoconazol, de carbendazim e de triflumizol, num número menor de citações, também podem aumentar a contaminação por DON.

Algumas exceções têm sido citadas por alguns autores, como por exemplo, Hýsek et al. (2005) relatando o aumento da contaminação de DON em cevada pelo uso do tebuconazol, comparada com a cevada não tratada.

Considerando o volume de trabalhos publicados mostrando que a azoxistrobina pode aumentar a contaminação por DON nos grãos de trigo, se deve evitar o seu uso em aplicações nas espigas de trigo. Na realidade, a mistura de azoxistrobina + ciproconazol disponível no mercado brasileiro, utilizada eficientemente no controle de doenças foliares do trigo, tem sido pouco utilizada no controle da giberela.

Em experimentos de campo tem sido testada a mistura de metconazol + tebuconazol no controle da giberela avaliando-se também seu efeito na contaminação por DON. Essa é uma mistura de tanque que pode substituir a mistura protioconazol + tebuconazol, não contendo estrobilurina na formulação dos componentes.

Azoxistrobina tem alta eficiência no controle de *Microdochium nivale* (agente causal da mancha aquosa, de ocorrência esporádica em trigo no sul do Brasil), mas baixa fungitoxicidade contra *Fusarium* spp.

Tem sido documentada a baixa eficiência da azoxistrobina em controlar *Fusarium* spp. e, sugerido que, os estresses ambientais, particularmente a disponibilidade de água e temperatura e a baixa dose desse fungicida podem estimular a produção de micotoxinas por *Fusarium* spp. *in vitro* e em grãos de trigo (Magan et al., 2002). O uso de meia dose da azoxistrobina pode aumentar ainda mais a contaminação por DON do que a dose recomendada.

Estes fatos sugerem que a avaliação do desempenho de fungicidas baseados na eficácia de controle deve ser acompanhada também da avaliação de seu efeito na produção de micotoxinas.

Referências – na lista abaixo o leitor pode encontrar os principais artigos científicos publicados sobre o efeito da contaminação de micotoxinas em grãos de cevada e trigo com os fungicidas aplicados no controle da doença.

Adenaert, K.; Callewaert, e.; Höfte, M.; Saeger, S.D.; Haesaert, G. Hydrogen peroxidase induced by the fungicide prothioconazole triggers deoxynivalenol (DON) production by *Fusarium graminearum*. BMC Microbiology, 10:112, 2010.

Amarasinghe, C.C.; Tamburic-Ilincic, L.; Gilbert, J.; Brûlé-Babel, A. L.; Fernando, W.G.D. Evaluation of different fungicides for control of *Fusarium* head blight in wheat inoculated with 3ADON and 14 ADON chemotypes of *Fusarium graminearum* in Canada. Canadian Journal of Plant Pathology, 2013, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/07/7060661.2013.773942>.

Baturo-Ciesniewska, A.; Lukanoswsky, A.; Kolenda, M. Effect of fungicide application on wheat head blight, occurrence of *Fusarium* spp. and mycotoxin production. Plant Breeding and seed science, 63:29-38, 2011.

Blandino, M.; Minelli, L.; Reyneri, A. Strategies for chemical control of *Fusarium* head blight: effect on yield, alveographyc parameters and deoxynivalenol contamination in winter wheat grain. European Journal of Agronomy, 25:193-2001, 2006.

Blandino M., Reyneri, A., 2009. Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON contamination. European Journal of Agronomy, 30:275-282.

Beyer, M.; Klix, M.B.; Klink, H.; Verreet, J-A. Quantifying the effects of previous crop, tillage, cultivar and triazole fungicides on the deoxynivalenol content of wheat grain – a review. *Journal of Plant Diseases and Protection* 113: 241–246, 2006.

Boyacioglu, D.; Hettiarachchy, N.S.; Stack, R.W. Effects of three systemic fungicides on deoxynivalenol (vomitoxin) production by *Fusarium graminearum* in wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 72:93–10, 1992.

Bruins, M.B.M.; Karsai, I.; Schepers, J.; Snijders, C.H.A. Phytotoxicity of deoxynivalenol to wheat tissue with regard to *in vitro* selection for *Fusarium* head blight resistance. *Plant Science*, 94, 195–206, 1993.

Casa, R.T.; Kühnem, Junior, P.R. Danos causados nos hospedeiros. In: Reis E. M. (Org.) Seminário sobre giberela em cereais de inverno. Passo Fundo, Berthier, Passo Fundo. p.73-86, 2011.

Champeil, A.; Dore, T.; Fourbet, J.F. *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science*, 166:1389-1415, 2004.

D’Mello, J.P.F.; MacDonald, A.M.C.; Postel, D.; Dijkman, W.T.P.; Dujardin, A.; Placenta, C. Pesticide use and mycotoxin production in *Fusarium* and *Aspergillus* phytophogens. *European Journal of Plant Pathology*, 104:741-751, 1998.

Dijksterhuis, J. Why do fungi produce mycotoxins? Food mycology a multifaceted approach to fungi and food. CRC Press, Pages 121–133, 2007. Print ISBN: 978-0-8493-9818-6 eBook ISBN: 978-1-4200-2098-4 DOI: 10.1201/9781420020984.

Duncan, D.R.; Weston, G.E.; Turner, J.A.; Jennings, P.; Nicholson, P. Differential control of head blights pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxins contamination of grain. *European Journal of Plant Pathology*, 105:421-431, 2001

Ebilmeier, P.; Gleissentall, L. Risk evaluation of deoxynivalenol levels in Bavarian wheat from surveys data. *Journal of Plant Disease and Protection*, 114:69-75, 2007.

Edward, S.G.; Pirgozliev, S.R.; Hare, M.C.; Jenkinson, P. Quantification of trichotecene-producing *Fusarium* head blight of wheat winter wheat. *Applied Environmental Microbiology*, 67:1575-1580, 2001.

Ellner, F.M. Results of long-term field studies into the effect of strobilurin containing fungicides on the production of mycotoxins in several wheat varieties. *Mycotoxin Research*, 21:112-115, 2005.

Ellner, F.M.; Schröder, R. Effects of fungicides containing strobilurin on mycotoxin production in wheat. *6th European Fusarium Seminar & Third Workshop of Agriculturally Important Toxigenic Fungi*. Berlin, Germany: Parey Buchverlag, 101–102, 2000.

Gareis, M.; Ceynowa, J. Influence of the fungicide Matador (tebuconazole-triadimenol) on mycotoxin production by *Fusarium culmorum*. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 198, 244–8, 1994.

Haidukowsky, M.; Pascale, M.; Perrone, G.; Pancaldi, D.; Campagna, C.; Visconti, A. Effect of fungicides on the development of *Fusarium* head blight, yield and deoxynivalenol accumulation in wheat inoculated under field conditions with *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. *Journal of Science Food and Agriculture*, 85:191-198, 2005.

Homdork, S.; Fehrmann, H.; Beck, R. Effects of field application of tebuconazole on yield components and the mycotoxin content of *Fusarium*-infected wheat grain. *Journal of Phytopathology*, 148:1-6, 2000.

Hope, R. J.; Colleate, A.; Baxter, E.S.; Magan, A. Interactions between environmental stress and fungicide effect growth and mycotoxin production by *Fusarium culmorum* isolates from wheat grain. In: BCPC Conference – Pests and diseases 2000, 13-16 Nov., Brighton Conference, 2000:13-16.

Hýsek, J.; Vánová, M.; Hajslova, J. Brozová, J.; Sycrhová, E.; Radová-Stpecká, Z.; Síp, V.; Sýroková,; Chrpová, J.; Tvaruzek, L. Variation in the production of trichotecene mycotoxin deoxynivalenol (DON) in spring barley varieties after treatment with

fungicides azoxystrobin and tebuconazole. *Plant Protection Science*, 41:58-62, 2005.

Ioos, R.; Belhadj, A.; Menex, M.; Faure, A. The effects of fungicides on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* and their associated trichotecene mycotoxins in French naturally infected cereal grains. *Crop Protection*, 24:894-902. 2005.

Langseth, W.; Stabbetorp, H. The effect of lodging and time of harvest on deoxynivalenol contamination in barley and oats. *Journal of Phytopathology*, 144:241–246, 1996.

Logrieco, A.; Bailey, J.A.; Corazza, L.; Cooke, B.M. *Mycotoxins in plant disease*. Reprinted from *European Journal of Plant Pathology*, Volume 108 , Issue 7, 698 p., 2002. ISBN 978-94-010-3939-0 ISBN 978-94-010-0001-7 (eBook)
DOI 10.1007/978-94-010-0001-7

Magan, M.; Hope, R.; Colleate, A. Baxter, E.S. Relationship between growth and mycotoxin production by *Fusarium graminearum*, biocides and environment. *European Journal of Plant Pathology*, 108:685-690, 2002.

Matthies, A.; Walker, F.; Buchenauer, H. Interference of selected fungicides, plant growth retardants as well as piperonyl butoxide and 1-aminobenzotriazole in trichothecene production of *Fusarium graminearum* (strain 4528) *in vitro*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 106, 198–212, 1999.

Menniti, A.M.; Pascaldi, D.; Maccaferi, M.; Casalini, L. Effect of fungicide on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol content in durum wheat grain. *European Journal of Plant Pathology*, 109:109-115, 2003.

Mesterházy, Á.; Bartók, T. Control of *Fusarium* head blight of wheat by fungicides and its effect on the toxin contamination of grains. *Pflanzench.-Nach. Bayer*, 49:181-198, 1996.

Mesterházy, Á.; Bartók, T. Effects of chemical control of FHB and toxin contamination of wheat. *Cereal Research Communications*, 25:781-783, 1997.

Mesterházy, Á.; Tóth, B.; Varga, M.; Bartók, T.; Szabó-Hevér, Á.; Farády, L.; Lehoczki-Krsjak, S. Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol. *Toxins* 2011, 3:1453-1483; doi:10.3390/toxins3111453

Matthies, A.; Buchenaur, H. Effect of tebuconazole (Folicur) and prochloraz (Sportak) treatments on *Fusarium* head scab development, yield and deoxynivalenol (DON) content in grain wheat following artificial inoculation with *Fusarium culmorum*. *Journal of Plant Disease Protection*, 198:198-212, 2000.

Menniti, A.M.; Pancaldi, D.; Maccaferri, M.; Casalini, L. Effect of fungicide on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol content in durum wheat grain. *European Journal of Plant Pathology*, 109:109-115, 2003.

Nakajima, T. Progress and outlook for the control of nivalenol and deoxynivalenol contamination due to *Fusarium* head blight in wheat. *Mycotoxins*, 57:129-134 2004.

Nakajima, T. Chemical and cultural control for FHB and mycotoxin contamination in Japan. *JIRCAS. Working Report*, 37:50-53. 2004.

Nicholson, P.; Turner, J.A.; Jenkinson, P.; Jennings, P.; Stonehouse, J.; Nuttall, M.; Dring, D. Weston, G.; Thomsett, M. Maximizing control with fungicides of *Fusarium* ear blight (FEB) in order to reduce toxin contamination of wheat. Home-Grown Cereals Authority (HGCA). Project Report No. 297, 1999.

Mos, M.O.; Frank, J.M. Influence of fungicide tridemorph on T-2 toxin production by *Fusarium sporotrichoides*. *Transactional British Mycological Society*, 84:585-590, 1985.

Nutter, F.W., Teng, P.S. & Royer, M.H. Terms and concepts for yield, crop loss, and disease thresholds. *Plant Disease*, 77: 211-215, 2000.

Paul, P.A.; Lipps, P.E.; Hershman, D.E.; McMullen, M. L.V. Draper, M.A.; Madden, M.A.; Maden, L.V. A quantitative review of tebuconazole effect on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol content in wheat. *Phytopathology*, 97:211-220, 2007.

Paul, P.A.; Lipps, P.E. Hershman, F.D.E.; McMulle, M. P.; Draper, M.A.; MADDEN, L.V. Efficacy of trizole-based fungicides for *Fusarium* head blight and deoxynivalenol control in wheat. A multivariate meta-analysis. *Phytopathology*, 98:999-1011, 2008.

Pirgozliev, S. R.; Edwards, S.G.; Hare, M.C.; Jenkinson, P. Effect of dose rate of azoxystrobin and metconazole on the development of *Fusarium* head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in wheat grain. *European Journal of Plant Pathology*, 108:469-478, 2003.

Pirgozliev, S.R.; Ray, R.V.; Edwards, S.G.; Hare, M.C.; Jenkinson, P. Effect of timing of fungicide application on the development of *Fusarium* Head Blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in winter wheat grain. *Cereal Research Communication*, 36:289-299, 2008.

Placinta, C.M. Macdonald, A.M.C.; DiMelo, J.P.F.; Harling, R. The influence of carbendazim on mycotoxin production in *Fusarium sporotrichoides*. In: Proceedings of The Brighton Crop Protection Conference. British Crop Protection Council, Farham, UK., 415-416, 1996.

Ramirez, M.L. Chulze, S.; Magan, N. Impact of environmental factors and fungicides on growth and deoxynivalenol production by *Fusarium graminearum* isolates from Argentinian wheat. *Crop Protection*, 23:117-125, 2004.

Shimada, T.; Otani, M. Effects of *Fusarium* mycotoxins on the growth of shoots and roots at germination in some Japanese wheat cultivars. *Cereal Research. Communication*, 18, 229-232, 1990.

Simpson, D.R.; Weston, G.E.; Turner, J.A.; Jennings, P.; Nicholson, P. Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxins of grain. *European Journal of Plant Pathology*, 107:421-431, 2001.

Snijders, C.H.A. *Fusarium* head blight and mycotoxin contamination of wheat, a review. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 96:187-198, 1990.

Vanova, M.; Hajslova, J.; Havlova, P.; Matusinsky, P.; Lancova, K.; Spitzerova, D. Effect of spring barley protection on the production of *Fusarium* spp. mycotoxin in grain and malt using fungicides in field trials. *Plant Soil Environment*, 50:447-455, 2004.

Wagacha, J.M.; Muthomi, J.W. *Fusarium culmorum*: Infection process, mechanisms of mycotoxins production and their role in pathogenesis in wheat. *Crop Protection*, 26:877-885, 2007.

Wegulo, S.N. Factors influencing deoxynivalenol accumulation in small grain cereals. *Toxins*, 4:1157-1180, 2012 doi:10.3390/toxins4111157 (ISSN 2072-6651).

Wegulo, S.N; Bokus, W.W. Nopsa, J.H.; De Wolf, E.D. Eskridge, K.M.; Peiris, K.H.S.; Dowell, F.E. Effects of integrating cultivar resistance and fungicide application on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol in winter wheat. *Plant Disease*, 95:554-560, 2011.

Yoshida, M.; Nakajima, T., Arai, M.; Suzuki, F.; Tomimura, K. effect of timing of fungicide application on *Fusarium* head blight and mycotoxin accumulation in closed-flowering barley. *Plant Disease*, 92: 1164-1170, 2008.

Zhang, Y.J.; Yu, J.J.; Zhang, Y.N.; Cheng, C.J. Wang, J.X.; Holomon, D.W.; Pan, P.S.; Zhou, M.G. Effect of carbendazim resistance on trichotecene production aggressiveness of *Fusarium graminearum*, *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 22:1143-1150, 2009.